



PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE)
COMMISSION DE L'URSS POUR LE PNUE

L'écologie, la gestion et l'efficacité des paturages

Le recueil des matériaux d'études des courses internationaux

Volume I



PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT (PNUE)
COMMISSION DE L'URSS POUR LE PNUE

To dear Dr. Gwynne
Som redactor and author

B. Vinogradov.

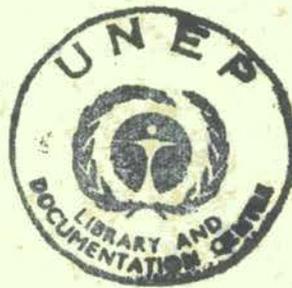
31.01.85



L'ÉCOLOGIE, LA GESTION
ET L'EFFICACITÉ DES PÂTURAGES

LE RECUEIL DES MATÉRIAUX D'ÉTUDES
DES COURS INTERNATIONAUX

Volume I



CENTRE DES PROJETS INTERNATIONAUX DU GKNT

MOSCOU 1984

Ter
38
v.1

Choix des textes:

B.V. VINOGRADOV, Docteur en géographie
Institut de la morphologie évolutionnaire et de l'écologie des
animaux de l'Académie des Sciences de l'URSS

L.Ya. KOUROTCHKINA, Docteur en biologie
Institut botanique de l'Académie des Sciences de la RSS
de Kazaquie

© Publié par le projet PNUE/URSS
«Programme de publications et de soutien informatitique»
Moscou, 1984

URSS, 107053, Moscou, B-53, Boîte postale 438

L'ÉCOLOGIE, LA GESTION
ET L'EFFICACITÉ DES PÂTURAGES

LE RECUEIL DES MATÉRIAUX D'ÉTUDES
DES COURS INTERNATIONAUX

Volume I

Rédacteur en chef, académicien de l'Académie
des Sciences de la RSS de Turkménie
NETCHAYEVA N.T.

MOSCOU 1984

TABLE DE MATIERES

Pages	Pages		
Introduction	5	V.S. Zaletaev. Influence active des animaux sauvages sur les pâturages	100
I. ASPECTS GLOBAUX DE L'ETUDE ECOLOGIQUE ET L'EXPLOITATION DES PATURAGES		III. APPROVISIONNEMENT AGROMETEOROLOGIQUE DES PATURAGES	
<i>L.E. Rodine.</i> Productivité primaire des pâturages de la terre aride et méthodes de sa détermination	8	<i>I.G. Greenhoff.</i> Variations saisonnières et annuelles de la végétation de pâturage en fonction des conditions agrométéorologiques	104
<i>N.S. Orlovsky.</i> Evaluation météorologique des climats des pâturages de déserts d'Asie Centrale	16	<i>A.P. Fédosséiev, I.G. Greenhoff, M. Nourberdyev.</i> Effet édificateur des plantations phytoaméliorantes sur les pâturages	113
<i>B.V. Vinogradov.</i> Indication de distance et la cartographie des pâturages	23	<i>A.P. Fédosséiev.</i> Méthodes de prévision du rendement des pâturages	116
<i>N.T. Nétchayéva.</i> Indices de dégradation des pâturages	32	<i>S.A. Bedarev.</i> Précision de dépendances en corrélation entre l'évolution de la végétation de pâturage et les conditions hydroclimatiques	125
II. ECOSYSTEMES DES PATURAGES ARIDES: CARACTERISTIQUES ET INTERACTION DES COMPOSANTS		IV. GESTION DES PATURAGES ET LEURS EXPLOITATIONS	
<i>B.A. Bykov.</i> Végétation des écosystèmes des déserts, leurs structures et principales tendances d'évolution	41	<i>V.N. Nikolaev.</i> Monitoring des pâturages désertiques	132
<i>N. T. Nétchayéva.</i> Formes vitales des plantes, examinées en rapport avec la productivité de la végétation des déserts en Asie Centrale	51	<i>N.T. Nétchayéva.</i> Principes de rotation et de gestion des pâturages	139
<i>V.N. Nikolaev.</i> Typologie et méthodes d'exploration des pâturages désertiques	61	<i>A.G. Arkhipov, V.I. Terekhov.</i> Organisation des territoires de pâture en République du Kazakhstan	148
<i>Zh.Ou. Akhanov.</i> Formation du régime hydraulique et de salinité du sol sur les aires de pâturage de la zone aride	72	<i>V.I. Terekhov.</i> Méthodes de la cartographie des pâturages au profit des exploitations d'élevage	155
<i>V.N. Antropov, A.A. Kavokine.</i> Evaluation des pâturages à l'aide de l'analyse d'information	75	<i>L.Ya. Kourotchkina.</i> Principes écologiques de la bonne exploitation des pâturages	170
<i>S.P. Chapiro.</i> Approvisionnement en eau des terres réservées aux pâturages	85		
<i>B.D. Abatourov.</i> Les animaux-phytophages comme facteur de la productivité biologique des pâturages	91		

INTRODUCTION

Les terres arides et semi-arides occupent au moins 35 % de la terre ferme. A l'heure actuelle, le territoire des déserts constitue 31,4 millions de km². En général, ce sont des pâturages qui fournissent chaque année jusqu'à 784 millions de tonnes de pâture (calculé pour une productivité moyenne de 0,25 tonne de la masse sèche par hectare). L'homme utilise avec succès l'environnement pour assouvir ses besoins. La production primaire des associations végétales naturelles de la zone aride est utilisée depuis l'aube de l'histoire — à partir du moment où est né l'élevage du bétail. Pourtant, l'élevage extensif dans le désert est soumis à l'action des lois naturelles de l'environnement, surtout des sécheresses qui entraînent une réduction importante de la production des pâturages ce qui provoque la mort du bétail et, par conséquent, la mort des nomades. La tragédie du Sahel témoigne que les problèmes des cataclysmes sur les pâturages, essentiellement des sécheresses, restent dans l'ordre du jour.

En outre, les changements de l'environnement dus à l'activité de l'Homme dans le désert entraînent les conséquences imprévisibles qui sont contraires à ses intérêts. L'accroissement de la quantité de bétail et, par conséquent, l'intensification de l'utilisation des pâturages provoquent une vive inquiétude des peuples des pays arides, surtout à cause du risque de désertification.

En 1972, l'Assemblée Générale de l'ONU a admis en unanimité «la nécessité et l'efficacité des mesures visant la protection et l'amélioration de l'environnement pour les générations actuelles et futures». Fût adopté le Programme de l'ONU sur l'environnement (PNUE) dans le but d'assurer l'étude des systèmes écologiques naturels et artificiels «afin d'approfondir nos connaissances nécessaires pour la réalisation des mesures complexes et rationnelles visant à protéger les ressources de la biosphère».

En 1974, l'Assemblée Générale de l'ONU a voté une résolution (n° 3 337) appelant d'organiser une coopération internationale dans la lutte contre la désertification, et la conférence de l'ONU sur les problèmes de désertification à Nairobi (Kenya, 1977) a adopté un Plan d'actions. Le Plan d'actions vise des buts lointains qui permettront de perfectionner l'activité de l'homme pour la protection des ter-

res désertiques et semi-désertiques à l'utilisation polyvalente, y compris l'exploitation des pâturages de plus en plus intense. Afin d'obtenir ceci, il faut tout d'abord faire circuler le plus largement possible les connaissances et réaliser un échange de vues concernant les mesures de lutte pour éviter les dangers qui menacent les terres fourragères naturelles en cas de surpâturage, sécheresses, perturbations de l'écoulement des rivières, urbanisation, construction des différents ouvrages linéaires dans le désert. Donc, il n'y a rien d'étonnant que l'Union Soviétique a pris une initiative de faire inclure dans les programmes du PNUE les stages de la lutte contre la désertification pour les spécialistes des pays en voie de développement.

Durant le Symposium international de l'écologie et de la productivité des pâturages (Alma-Ata, 1979) il a été décidé d'organiser en URSS les stages «Ecologie, administration et productivité des pâturages». Les participants du séminaire: MM. G. Carrar, D. Sarnicenti (représentants du PNUE), G. Erain (FAO), M. Maldag, El-Haj Cenais (UNESCO), A. Lindblum (IFIAS); les savants éminents étrangers G. Hallswarth (Australie), D. Darab (Hongrie), H.G. Fox (USA), V. Lusigi (Kenya); membre-correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS V.A. Kovda, membre-correspondant de l'Académie des Sciences de l'URSS A.G. Babaev, académicien de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie N.T. Nétchayéva (URSS) et les autres ont adopté un projet du programme des cours de stage proposé par une commission dirigée par N.T. Nétchayéva et composée de V.M. Borovsky, B.V. Vinogradov, L. Ya. Kourotchkina, H.G. Fox et V. Lusigi.

Les stages se sont tenus en URSS en 1980 dans les villes d'Alma-Ata et de Tchimkent (RSS de Kazakhstan), d'Achkhabad (RSS de Turkménie) et de Samarkand (RSS d'Ouzbékistan). Les travaux pratiques et de campagne ont eu lieu aux bases de l'Institut des déserts de la RSS de Turkménie, dans le désert Kara-Koum et les pied-monts de Kopet-Dag, aux pâturages de la région de Nouration de la RSS d'Ouzbékistan et à la station de recherche «Boukhtoulen» de l'Institut des moutons karakouls de Kazakhie.

Les stages «Ecologie, administration et productivité des pâturages» où les conférences ont été lues par une cinquantaine de spécialistes qui s'occupent de différents problèmes de l'utilisation des pâturages dans la zone aride ont démontré qu'en URSS (dans les républiques de l'Asie Centrale et le Kazakhstan) est accumulée une expérience importante sur l'amélioration et l'exploitation des pâturages arides, l'analyse scientifique de leur structure, la productivité, l'aménagement des terres, la typologie, la cartographie. Fût élaborée une technologie régionale de l'administration des pâturages qui se base sur le réglage et le contrôle de la régénération, de la phénologie et de la productivité des fourrages, de la fenaison, etc. Les fourrages verts des pâturages sont utilisés en combinaison avec les aliments concentrés. Il faut souligner le fait qu'en URSS on tient compte des possibilités écologiques de l'exploitation des terres fourragères, et la crise socio-économique à l'exploitation des pâturages est impossible.

Les connaissances humaines de la nature ont dépassé depuis longtemps l'étape descriptif dans l'étude des ressources. Les succès de l'écologie dans l'évaluation des relations entre le biote et l'environnement (c'est-à-dire dans le domaine du fonctionnement des systèmes écologiques, leur stabilité et l'autorégulation) permettent de recommander une technologie d'exploitation rationnelle des pâturages à la base d'une étude complexe des composantes naturelles, de l'élaboration des procédés d'utilisation et d'amélioration des pâturages, de la typologie des objets et des processus en partant du monitoring des pâturages.

Le programme des stages tient compte du fait que le problème essentiel de l'aménagement des pâturages des zones aride et semi-aride du globe est de trouver un système rationnel d'utilisation des pâturages qui permet d'éviter la désertification. Ce système comprend tout d'abord la suppression de l'économie extensive, l'écologisation des procédés d'utilisation des pâturages et la préservation de leur productivité. Outre cela, dans les conditions de l'action anthropogène de plus en plus forte et de la dégradation des pâturages, on doit trouver de nouvelles possibilités de conservation et d'élévation du potentiel naturel des terres fourragères.

Il est très important que parmi une multitude de facteurs agissant sur les pâturages (ceux climatiques, édaphiques, hydrologiques, géomorphologiques et zoogènes), les facteurs anthropogènes et la désertification anthropogène sont réglables, c'est-à-dire l'homme les tient entre ses mains.

Ceci souligne le fait des changements anthropogènes indésirables et appelle à l'utilisation rationnelle des ressources de l'environnement à la base des nouvelles données scientifiques et des pronostics argumentés de l'état des ressources naturelles. Toujours, il faut avoir des pronostics préalables de la dynamique des systèmes écologiques, surtout dans les conditions des sécheresses périodiques dans le désert et de l'intensification de l'élevage afin de prendre au préalable

les mesures de conservation de la stabilité structurale et fonctionnelle du pâturage et d'utiliser au maximum ses ressources pédologiques et biologiques. C'est pourquoi, l'administration des pâturages à la base des connaissances écologiques devient un problème de portée mondiale.

Les pronostics de la dynamique des systèmes écologiques et, ensuite, la planification d'une utilisation correcte des pâturages doivent se baser sur une bonne compréhension des particularités concrètes des terres (lois de leur écologie) et sur les études de campagne méthodiques. La présentation des méthodes classiques de l'étude et de l'utilisation des pâturages a été le but essentiel du programme des stages.

Les problèmes à étudier, en tout premier lieu, ont été les suivants:

1. **Structure et fonctionnement des systèmes écologiques des pâturages désertiques.** Les associations de pâturage se trouvent en interaction étroite avec l'environnement: climat, sol, animaux-phytophages, micro-organismes, et font partie du système écologique en tant que composante déterminante parce qu'ils influencent la production primaire. Leur formation et l'activité sont dues à l'action des facteurs intérieurs et extérieurs, y compris à l'action de l'homme et de son bétail. Tout ceci agit sur la dynamique des systèmes écologiques même dans les conditions de la stabilité relative des pâturages existant depuis longtemps. L'étude et l'établissement des pronostics de la dynamique à l'action des différents facteurs de l'environnement constituent un problème primordial de l'administration des pâturages exigeant une évaluation des changements structuraux dans les associations. A la base des particularités structuro-fonctionnelles et écologiques des pâturages est établie leur typologie et est réalisée la cartographie.

2. **Administration des pâturages et leur utilisation.** Un système correct et rationnel de l'utilisation des pâturages est basé tout d'abord sur l'étude scientifique et la cartographie des terres fourragères et un monitoring permanent, sous lequel on entend un contrôle opérationnel des changements de la structure et de la productivité d'un pâturage, d'une région, d'une zone de pâturage. Outre cela, le système d'administration des pâturages comprend l'aménagement des territoires lorsqu'on emploie certaines méthodes de cartographie, y compris celle à distance.

A l'heure actuelle, on considère que le meilleur procédé de l'utilisation des pâturages est la rotation des pâturages liée au système de parcs et de rationnement qui permet de contrôler l'accroissement et la consommation du fourrage vert en tenant compte des connaissances écologiques sur le fonctionnement des systèmes écologiques.

Récemment, l'administration des pâturages dans plusieurs pays fait apparaître, outre les problèmes écologiques, ceux socio-économiques. A noter, qu'on n'a pas encore établi des critères précis de l'estimation des préjudices écologiques en choisissant tel ou tel régime d'utilisation économiquement avantageuse.

3. Méthodes d'étude de la productivité et de la dynamique des systèmes écologiques. Outre les méthodes traditionnelles de prise en compte de la phytomasse fourragère à l'utilisation des pâturages, on prête une attention de plus en plus particulière aux méthodes de détermination des facteurs limitant la productivité, des rapports entre les phytomasses superficielle et souterraine qui influencent, semble-t-il, l'association des espèces des plantes et les pronostics de la récolte en fonction des données météorologiques. Ici, il faut prêter une attention particulière à l'expérience de l'évaluation à distance de la productivité des terres fourragères afin de réaliser un contrôle opérationnel en cas de rotation des pâturages.

Des problèmes compliqués des successions de pâturages sont pratiquement au stade de l'étude. Les lois de la dynamique compte tenu de la multitude de facteurs agissants sont d'une grande complexité et ont des traits régionaux. Pourtant, leur décodage est très important tant pour l'administration locale des pâturages que pour la lutte globale contre la désertification. La désertification anthropogène en cas de surpâturage dans le désert ce sont les foyers des terres impraticables, les pâturages dégradés, les barkhans. La localisation des indicateurs de dégradation de la végétation est un but primordial de l'étude des pâturages. A cet effet, on peut établir les échelles écologiques de la dégression des pâturages dans les différentes régions du désert, les types écologiques des pâturages et des formations végétatives. Les problèmes généraux de la dynamique des systèmes écologiques (en leur communauté des composants) sont encore en étude et peu employés dans la pratique de l'exploitation des pâturages. C'est pourquoi, il est à recommander d'établir les modèles structuro-fonctionnels des systèmes écologiques pour les types prédéterminés (et divisés par régions) des pâturages élémentaires.

4. Amélioration des pâturages. Dans les conditions naturelles, l'amélioration des terres fourragères équivaut à une saturation limite de toutes les niches écologiques par des plantes fourragères utiles, le plus souvent de l'assortiment naturel (aborigènes de la région donnée), ou au remplacement des espèces peu productives par celles meilleures. En général, on vise une amélioration décisive qui suppose l'emploi de l'agronomie respectueuse, la destruction de la couche superficielle naturelle, le labourage du sol et le semis des espèces fourragères. L'amélioration superficielle (par semis supplémentaire sur végétation naturelle à une destruction partielle du sol) n'est pas aussi sûre que ça, parce qu'elle ne supprime pas des obstacles phytocénologiques et écologiques à l'utilisation par des nouvelles plantes des ressources naturelles limitées (de l'humidité avant tout).

La création des pâturages et des champs à foin artificiels avec irrigation est plus connue et se base sur les mélanges des herbes graminées et légumineuses de l'assortiment local et mondial. Sont très intéressants les procédés d'irrigation de liman utilisés dans les zones des rivières de désert qui permettent de créer les prés pour la production du foin dont les récoltes sont importantes et stables.

Les plantes phyto-améliorantes sont choisies compte tenu de leur nutritivité, productivité, écologie et, surtout, de leurs capacités phytocénologiques parce qu'en cas d'une amélioration réalisée en une fois, les espèces optimales sont celles qui dominent et peuvent créer les associations productives autorégénérantes. A l'amélioration des pâturages, on planifie la structure d'une association polydominante proche de type naturel et correspondant à la situation écologique du terrain à améliorer.

Tels sont les aspects principaux des problèmes étant objet des discussions aux cours de stage internationaux «Ecologie, administration et productivité des pâturages».

Ce livre est un recueil de conférences lues aux stages en 1980 par des spécialistes sur les problèmes des pâturages: pédologues, écologistes, géobotanistes, géographes, agrométéorologues, zoologistes, aménageurs des terrains. C'est un ouvrage didactique pour les naturalistes formés qui connaissent les cours principaux des sciences ci-énumérées.

Cet ouvrage n'est pas exhaustif et représente le premier recueil traitant un problème important des pâturages.

On a conservé des approches originales (parfois discutables) des auteurs concernant certains problèmes (monitoring des pâturages, type du pâturage; parcelle, écobioforme, etc.) qui peuvent susciter un intérêt scientifique ou trouver des disciples. L'énoncé de nouvelles idées scientifiques et l'exposé de nouvelles méthodes de l'utilisation des pâturages dans ce recueil dépassent, semble-t-il, les buts de l'ouvrage didactique et rendent la publication plus intéressante pour les spécialistes qui s'occupent de l'étude de la nature et de la désertification.

Entre les crochets, on indique le numéro de référence de la bibliographie placée après chaque conférence.

Les stages internationaux «Ecologie, administration et productivité des pâturages» ont démontré que l'expérience des spécialistes soviétiques et l'échange d'opinions sur les problèmes des pâturages dans les pays arides sont d'utilité réciproque et ouvrent de nouvelles perspectives de la coopération internationale dans le domaine de problèmes concernant la désertification et l'utilisation raisonnable de l'environnement par l'humanité.

**I. ASPECTS GLOBAUX
DE L'ETUDE ECOLOGIQUE ET
L'EXPLOITATION DES PATURAGES**

**PRODUCTIVITE PRIMAIRE DES PATURAGES
DE LA TERRE ARIDE ET METHODES DE SA
DETERMINATION**

par *L.E. Rodine*. Docteur en science biologique,
chef du laboratoire de l'Institut
botanique Komarov de l'Académie
des Sciences de l'URSS
(Léningrad)

Les spécialistes de l'UNESCO et de la FAO estiment que les territoires arides de la Terre occupent à peu près 23 % de la terre ferme (entre les latitudes 15 et 35° dans les deux hémisphères, mais dans l'hémisphère nord ils atteignent 55° N). Ce sont des territoires très secs où les précipitations sont inférieures à 200 ou 250 mm par an. Les précipitations sont irrégulières et l'évaporation les dépasse largement. Ces territoires arides énormes sont différents du point de vue géologique et climatique et présentent une diversité stupéfiante de la végétation et de la productivité de cette dernière.

Mc Ginnies [14] réunit les territoires arides de la Terre en 5 provinces:

1. **Province Afro-Euro-Asiatique boréale** qui comporte le plus grand désert du monde (Sahara: 9 millions de km²) et d'autres déserts au climat chaud à partir de la péninsule Arabique et de la côte du golfe Persique jusqu'au Pakistan et à l'Inde. Ce sont les territoires arides de la côte de la Méditerranée, de l'Iran, de l'URSS, de la Chine et de la Mongolie où l'hiver est froid et l'été est chaud ou très chaud, les déserts arabiques bien connus (Rub-al-Khâli et d'autres), les déserts tourano-iraniens (Dasht-e-Kavir, Dasht-e-Lut, Dasht-e-Margo, Kara-Koum, Kyzyl-Koum, Betpak-Dala), les déserts de l'Asie Centrale (Takla-Makan, Gobi), le désert de Thar (Râjputâna) à l'Inde. Au sud-est du Sahara se trouve un secteur particulier Samali-Tchalbi qui longe la mer d'Arabie par la partie sud de la péninsule Arabique jusqu'au Pakistan. Les montagnes, la basse pression et la circulation par moussons y assurent des précipitations peu fréquentes.

2. **Province aride Sud-Africaine**. Les précipitations y sont très rares, mais partiellement compensées par l'humidité des brumes. Ici, se trouvent les déserts de Kalahari et de Namib.

3. **Province aride Australienne** au climat chaud dans la partie boréale du territoire et au climat doux dans celle australe.

4. **Province aride Nord-Américaine** qui a une certaine ressemblance avec la province Afro-Euro-Asiatique boréale: les plaines sont identiques à celles de l'Iran et du Turkestan. Cependant, la côte du golfe de Californie peut être comparée avec le Sahara à cause d'une irrégularité des précipitations. Ici, se trouvent les déserts du Grand Bassin, Mohave, Sonora, Chihuahua.

5. **Province aride Sud-Américaine** qui longe en bande étroite l'Océan Pacifique. Elle se continue dans la partie sud du continent près des Andes. Ici, se trouvent les déserts des Monts de Patagonie et Atacama de Pérou.

Les particularités régionales de la végétation de tous ces déserts sont dues à une flore spécifique, à l'histoire géologique, aux variations du climat, aux propriétés des sols, au type et à la durée de l'utilisation agricole (dégres de l'action anthropogène et, ces dernières années, de l'action technogène); ainsi qu'aux autres facteurs. Pourtant, on peut dégager certains traits communs de la végétation qui créent les paysages naturels. Tout d'abord, on peut parler de la végétation clairsemée, de la faible hauteur des plantes dominantes, de la prédominance des buissons, du faible feuillage et sclérophylle, d'une nette période végétative en fonction des saisons avec 1 ou 2 phases de repos (en hiver et en été). Tout cela entraîne une très faible productivité biologique et économique et la possibilité de ne l'utiliser que pour certaines espèces du bétail peu frugal. Par conséquent, l'utilisation de la végétation des pâturages était toujours saisonnière ce qui a donné naissance au système traditionnel de l'élevage nomade qui dominait jusqu'aux jours récents dans toutes les régions arides.

Productivité primaire

Les problèmes de la productivité primaire des pâturages du monde entier sont très peu étudiés. Durant le Programme biologique international on a réalisé

des travaux importants dans la zone aride de l'URSS, des Etats-Unis et des certains pays méditerranéens. Dans d'autres régions du monde les recherches de ce type n'ont pas été réalisées ou leurs résultats ne sont pas apparus dans les publications. Examinons les données existantes.

Province Afro-Euro-Asiatique boréale. Les connaissances concernant la végétation de ce territoire énorme sont hétérogènes. Pourtant, on possède une grande quantité de publications et des monographies sur la flore et la géographie botanique de cette région immense [1, 10], mais la productivité primaire est étudiée assez faiblement. Les meilleures connaissances sur la productivité primaire concernent les déserts de l'URSS, alors qu'on la connaît très superficiellement quant aux pays de l'Afrique du Nord et du Proche-Orient. Les données sur d'autres territoires sont pratiquement nulles. Dans les limites de l'URSS on peut distinguer quatre groupes d'associations désertiques.

1. Déserts à buisson à Artemisia et à Salsola. Ils occupent les espaces interfleuves plats des plaines et les plateaux avec sols bruns, gris-bruns, séroziem. En général, ce sont les sols argileux, parfois pierreux. Les édificateurs principaux (dominants) sont les Artemisia du genre *Scriphidium* (*Artemisia terrae-albae*, *A. semiarida*, *A. kemrudica*, *A. turanica*, *A. badhysi*, etc.) et les *Salsola* (*S. rigida*, *S. arbuscula*, *S. Laricifolia*), ainsi que les plantes de la famille *Chenopodiaceae* (*Eurotia ceratoides*, *Anabasis salsa*, *Kochia prostrata*, *Atriplex cana*, *Nanophyton erinaceum*, etc.). Ce sont les buissons d'une faible hauteur qui forment des associations relativement clairsemées dont la partie inférieure se caractérise par la présence des éphéméroïdes (*Poa bulbosa* var. *vivipara* et *Carex pachystylis*) et une grande quantité d'éphémères, petites plantes annuelles des différentes familles (*Gramineae*, *Criciferae*, *Ranunculaceae*, *Compositae*, *Papaveraceae*, etc.). Le printemps, ces plantes représentent un fourrage abondant et précieux des pâturages, alors que les buissons peuvent alimenter les animaux l'été, l'automne, l'hiver. Ce sont de bons pâturages pour tout le bétail, surtout pour les moutons. Ils sont moins bons pour les bovins.

2. Forêts d'Haloxylon et déserts à arbrisseaux. On les trouve sur des espaces immenses des sables des déserts Kara-Koum, Kyzyl-Koum, etc. Les associations de ces déserts sont constituées par des grands arbrisseaux xérophytes (parfois arboresques) et des buissons. Les plantes dominantes principales: *Haloxylon persicum* et *aphyllum*, *Ammodendron conollyi*, *Salsola richteri*, *Ephedra lomatolépis*, *E. strobilacea*, *Calligonum caput medusae*, *C. arborescens*, *C. eriopodum*, ainsi que les arbrisseaux et buissons (*Eurotia ewersmanniana*, *Astragalus unifoliolatus*, *Smirnovia tukestana*, *Mausolea eriocarpa*, etc.). Ce sont les associations à plusieurs étages: les arbrisseaux grands et arboresques atteignent la hauteur de 3 à 5 m. Plus bas, on trouve une galerie des buissons à une hauteur moyenne et petite, alors qu'au sol règnent le *Carex physodes* et les éphémé-

roïdes (familles *Liliaceae*, *Umbelliferae*, *Iridaceae*, etc.) avec éphémères (familles *Gramineae*, *Compositae*, *Umbelliferae*, *Papaveraceae*, etc.). Si les conditions sont favorables, les associations d'*Haloxylon aphyllum* forment les Woodland qu'on appelle parfois «forêts de désert». Ce sont de bons pâturages utilisables presque toute l'année qui peuvent alimenter les moutons et les chameaux. Ils sont particulièrement précieux pour les moutons karakouls en produisant un fourrage diversifié et diététique durant toutes les saisons de l'année et très abondant le printemps lorsque se développent les éphémères et les éphéméroïdes que les animaux consomment bien même dans l'état sec (le *Carex physodes* est souvent appelé «foin sur racine»). L'*Haloxylon* et les arbrisseaux donnent également le bois de chauffage.

3. Tougais: arbres, à buissons et à herbes. Ce sont des associations particulières qu'on trouve près des grandes fleuves Amou-Daria, Syr-Daria, Tchou et leurs affluents qui traversent les déserts. Le régime des terres submersibles, les eaux souterraines proches de la surface du sol assurent l'existence des forêts, des broussailles, des associations de marais à roseaux et à joncs. Si les sols sont salés, se forment les associations des halophytes. Les arbres dominants sont: *Populus pruinosa*, *P. diversifolia*, *P. ariana*, *Salix australior*, *S. songarica*, *Elaeagnus angustifolia*, *E. orientalis*, etc. Parmi les arbrisseaux on trouve certains genres de *Tamarix* (*T. hispida*, *T. ramosissima*, *T. laxa*, etc.), ainsi que *Halimodendron halodendron*, *Lycium turcomanicum*, *L. ruthenicum*. Dans les associations des tougais à herbes sont dominantes les graminées gigantesques (*Erianthus purpurascens*, *Saccharum spontaneum*, *Phragmites australis*, subsp. *altissimus* et subsp. *australis*), les *Typha latifolia*, *T. elephantina*, ainsi que les herbes (*Glycyrrhiza glabra*, *Trachomitum scabrum*, *Karelinia caspica*, *Zygophyllum oxianum*, etc.). Si les sols sont fortement salés dominant les arbrisseaux halophylles (*Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium caspicum*, *Halostachys belangeriana*) et les plantes annuelles de la famille *Chenopodiaceae*. Les tougais sont partiellement utilisés comme les pâturages, mais servent pour réaliser les stocks de fourrage. On fait les stocks de réglisses pour les buts techniques; le bois des arbres est utilisé dans le bâtiment et celui des arbrisseaux pour le chauffage.

4. Végétation des takyrs. Les takyrs sont des formations spécifiques: sur les aires argileuses plates sans écoulement s'accumulent les eaux des précipitations et de l'écoulement superficiel formant au printemps une sorte de «lac» à une très faible profondeur (5 à 10 cm d'eau). Dans ces conditions se développent avec profusion les algues de sol, surtout les *Cyanophyta* qui forment sur le fond et, après l'écoulement de l'eau, sur la surface humide du sol une pellicule ou une croûte d'algues. La surface sèche des takyrs se fissurise en formant des polygones. Sur les takyrs, on trouve les plantes supérieures. Ce sont essentiellement les éphémères et les plantes annuelles.

Indices de productivité pour les types principaux d'associations désertiques de l'Asie Centrale

Types d'associations désertiques	Phytomasse, t/ha			Production, t/ha/an		
	n	M ± m	S, %	n	M ± m	S, %
1.1. Déserts à buissons typiques	5	8,5 ± 1,36	16,0	5	4,1 ± 0,87	21,2
1.2. Déserts à Artemisia éphémères (de sud)	8	11,9 ± 0,61	5,1	8	4,96 ± 1,24	25,0
1.3. Déserts à Salsola éphémères (de sud)	3	8,0 ± 1,72	21,6	3	3,92 ± 0,81	21,0
1.4. Déserts à Artemisia de haute montagne	5	9,8 ± 0,94	9,6	5	2,41 ± 0,33	13,7
1.5. Déserts à Euroticta de haute montagne	5	4,08 ± 0,48	11,8	5	1,2 ± 0,68	57,0
2. Haloxylon aphyllum	5	38,8 ± 8,3	21,4	5	9,14 ± 2,01	21,9
3.1. Tougai à arbres	5	91,5 ± 8,5	9,3	—	—	—
3.2. Tougai à herbes	5	69,0 ± 1,2	1,8	8	31,4 ± 1,30	4,1
4. Takyr	12	1,39 ± 0,19	12,9	—	—	—

M — moyenne arithmétique; n — nombre de mesures; m — erreur moyenne; S — erreur relative de la moyenne.

de la famille Chenopodiaceae. On n'y voit pas de végétation continue visible et les voyageurs les décrivent comme des surfaces «nues» sans vie. La phytomasse des takyr est constituée essentiellement d'algues (50 à 80 %) et sa quantité est très faible. Les takyr ne sont pas utilisés en tant que pâturages. Les takyr existent non seulement dans les déserts de l'Asie Centrale, mais également dans l'Australie (drylakes), l'Amérique du Nord (playas), la Mongolie (toiryms) et dans d'autres pays.

Telles sont les caractéristiques succinctes des principaux groupes d'associations désertiques de l'URSS.

Avant de passer à l'examen de la productivité des associations désertiques, il faut faire des remarques suivantes. Conformément aux articles adoptés du Programme biologique international il faut distinguer les notions principales suivantes. Le terme «productivité» (Productivity) doit être utilisé dans le sens commun afin de désigner la capacité d'une association végétative de produire une substance organique. On ne doit pas utiliser le terme «productivité» pour désigner un système de grandeurs qui caractérisent la production des associations végétatives. La phytomasse (Phytomass ou Plant biomass) est la quantité totale de la substance organique vivante des plantes accumulée à un moment donné par l'association tant au-dessus du sol que sous la terre (ceci est conforme à la notion «Stand crop»). La «masse morte» (Mortmass, Standing dead) est la quantité de la substance organique morte accumulée à un moment donné par l'association tant au-dessus du sol que sous la terre. L'accroissement annuel ou la production primaire nette (Net primary production) est l'accroissement réel de la phytomasse par un intervalle de temps déterminé sur une unité de surface. La chute (Litter fall) est la quantité de la substance organique dans toutes les parties mourant chaque année des plantes formant l'association tant au-dessus du sol que sous la terre, ainsi des plantes isolées ou de leurs parties à cause du vieillissement ou de la raréfaction naturelle (également par unité de surface et intervalle de temps donné). Dans les associations qui ont atteint un équilibre dynamique avec l'environnement, les valeurs de l'accroissement et de la chute annuels sont égales ce qui est adopté dans la présente conférence. L'explication plus détaillée des autres notions fait l'objet des travaux [6, 7, 18].

Nous avons utilisé les données sur la productivité de 19 régions de la zone aride de l'URSS concernant 61 associations différentes [4]. Mais ici, on ne trouve que les données sur 53 associations soumises au traitement statistique (tableau 1). Quels sont les principaux traits de la productivité des associations végétatives des déserts de l'Asie Centrale soviétique?

Parmi les déserts à buissons à Artemisia et à Salsola il y a les déserts de plaine (1.1, 1.2 et 1.3) et les déserts de haute montagne (1.4, 1.5). Les déserts de plaine répondent le plus aux conditions zonales.

Les indices quantitatifs de la phytomasse (il est question des valeurs moyennes obtenues après le trai-

tement statistique) se trouvent dans les limites de 8 à 12 t/ha (environ). Les organes annuels de photosynthèse (partie verte) constituent de 6 à 10 %, le bois — 8 à 12 % et les racines (et d'autres organes souterrains) de 80 à 82 %. La part des racines est la même pour la production annuelle, alors que celle du bois ne fait que 1 à 2 % et celle de la partie verte de 16 à 19 %. Ces rapports sont caractéristiques pour les associations de buissons désertiques de l'Asie Centrale soviétique et pour les pays de la Méditerranée [4] où la végétation vit à une humidification atmosphérique insuffisante. Ceci exige le développement des racines ramifiées et puissantes, des rhizomes et d'autres organes souterrains dont la part fait 4/5 de la phytomasse totale.

Les déserts à Artemisia de haute montagne sont comparables quant à la quantité de la phytomasse avec les déserts de plaine, alors que la phytomasse des déserts à Euroticta de haute montagne est plus que deux fois inférieure.

La comparaison des associations de plaine avec celles de haute montagne (en particulier, au Pamir) a permis d'établir une particularité: la part de la partie verte de la phytomasse de ces derniers ne dépasse pas 3 % et que les plantes de haute montagne accumulent les réserves de la substance organique (et par conséquent, des ressources énergétiques) dans les organes vivaces au-dessus du sol et sous la terre. Ainsi, la production annuelle des déserts de

haute montagne est sensiblement inférieure à celle des déserts de plaine ce qui s'explique non seulement par les conditions plus dures d'existence, mais également par une courte durée de la période végétative (période sans froid est de 40 à 60 jours).

Parmi les groupes d'associations désertiques à Haloxylon et à arbrisseaux, nous avons inclus dans le tableau 1 les forêts de Haloxylon aphyllum (2) parce que leur productivité est plus grande. Ils accumulent en moyenne 39 t/ha de phytomasse (valeur maximale: 63 t/ha). Une telle valeur considérable s'explique par le fait que l'édificateur principal (dominant) — Haloxylon aphyllum — est une sorte d'arbre ou d'un arbrisseau à plusieurs troncs (4 à 5 m de hauteur) ce qui crée 44 % de phytomasse. A peu près la même part va au coédificateur — Carex physodes. La production annuelle d'Haloxylon aphyllum est également assez grande: en moyenne 9 t/ha (au maximum: 16 t/ha). La partie verte de la phytomasse constitue 3 %. Il faut souligner que les forêts de Haloxylon aphyllum présentent une loi fondamentale des associations désertiques, le volume essentiel (75 à 80 %) de la phytomasse se trouve sous la terre ce qui forme une réserve de la fertilité naturelle du sol et assure une plus longue rotation biologique de la substance organique créée par suite de la photosynthèse des organes d'assimilation à courte vie.

Les tougais à arbres et à herbes de la zone désertique (3.1. et 3.2) ont les plus hauts indices de productivité. La quantité moyenne de la phytomasse est de 91 t/ha. Les traits suivants de la structure de la phytomasse et de la production annuelle qui distinguent les tougais des associations existant seulement dans les conditions de l'humidification atmosphérique permettent d'établir que les racines constituent plus que la moitié de la phytomasse, la partie verte — 14 % et le reste est le bois. On comprend que la part plus faible des racines dans la phytomasse totale est due à l'alimentation en eau suffisante. La particularité des tougais à arbres est plus indicative dans la structure de la production annuelle: l'abondance de l'humidité et des substances nutritives dans le sol leur permettent de développer un feuillage abondant et avoir un tapis riche d'herbes et de lianes. Par conséquent, dans la structure de la production annuelle de ces tougais, la biomasse des organes verts de photosynthèse est équilibrée avec la masse des racines (et d'autres organes souterrains), alors que l'accroissement du bois ne fait que 7 %. Les tougais à herbes sont également caractérisés par de hauts indices de la phytomasse et de la production annuelle: 69 et 31 t/ha respectivement par suite de la régénération annuelle des pousses des graminées gigantesques (Phragmites orientalis, Erianthus purpurascens, Typha elephantina, etc.).

Les associations végétatives des takyrs (4). La phytomasse qui se forme sur les takyrs est très faible (en moyenne 1,4 t/ha) et constituée essentiellement des algues de sol, parfois ce sont les algues et les lichens. La part des plantes à fleurs ne dépasse pas souvent 20 %.

Le problème de la production annuelle des takyrs est très compliqué. S'il est facile de déterminer la production des plantes à fleurs, les algues donnent beaucoup de difficultés. La phytomasse des algues durant la période végétative est mainte fois régénérée (chaque fois qu'il y a des précipitations). On possède des données que la phytomasse des algues peut doubler en 24 h et parfois augmente de 7 fois. Ainsi, la production des algues par an doit dépasser sensiblement la phytomasse mesurée une fois. Mais, on n'a jamais fait de mesures de ce type.

Examinons les données sur la productivité des certaines associations à Artemisia et à Chenopodiaceae de quatre régions méditerranéennes avec dominantes différentes (tableau 2).

Les indices de la phytomasse sont à peu près les mêmes (de 4,3 à 9,6 t/ha). La part des racines constitue de 55 à 75 % ce qui correspond à une loi connue de la prédominance de la masse organique sous la terre (exception faite pour l'association où domine l'arbrisseau Thymelaea hirsuta du désert d'Ouest qui comporte le volume essentiel de la phytomasse dans le tronc). La production annuelle est également à peu près la même (1,7 à 3,7 t/ha).

La fraction de la partie verte reste sensiblement dans le même rapport, sauf pour les associations du désert de Syrie.

En conclusion de cet aperçu de la plus grande province, nous donnons une comparaison des indices groupés d'après les types de désert de l'Asie Centrale (tableau 3) et les confrontons avec ceux des déserts du Proche-Orient.

Tableau 2

Indices productifs de certaines associations désertiques du bassin méditerranéen

Dominantes	Hauts plateaux		Désert de l'Ouest	Désert de Syrie		Néguev
	Artemisia herba alba	Atriplex halimus	Thymelaea hirsuta	Artemisia sieberi	Hamada ramossissima	Hamada scoparia
Phytomasse, t/ha	4,3	6,4	7,7	6,1	9,6	5,4
partie verte	1,2	2,7	2,9	0,2	0,16	—
idem, %	28	42	38	3	2	2,2
dont: bois	0,2	0,3	1,7	2,4	2,2	41
idem, %	5	5	22	40	22	—
racines	2,9	3,4	3,1	3,5	7,3	3,2
idem, %	67	53	40	57	76	59
Production, t/ha/an	2,2	3,7	—	2,4	1,7	—
partie verte	1,2	2,7	—	0,20	0,15	—
idem, %	54	73	—	8	9	—
dont: bois	0,1	0,1	—	1,1	0,6	—
idem, %	5	3	—	46	35	—
racines	0,9	0,9	—	1,1	0,95	—
idem, %	41	24	—	46	56	—

Indices groupés d'après les types de désert de l'Asie Centrale et du Proche-Orient

Indices	Phytomasse, t/ha			Production, t/ha/an			Accroissement g/m ² /jour		
	n	M ± m	S, %	n	M ± m	S, %	n	M ± m	S, %
	Asie Centrale								
Déserts à buissons Artemisia et Salsola	38	7,62 ± 0,60	8	35	2,96 ± 0,42	14	35	1,41 ± 0,22	16
Désert à forêts de saxaouls et à arbrisseaux	9	23,40 ± 6,03	26	9	6,15 ± 1,88	31	9	3,23 ± 1,0	31
Tougais à arbres, arbustes et herbes des vallées fluviales de la zone désertique	13	55,60 ± 10,60	19	7	13,8 ± 3,74	27	6	6,0 ± 1,15	19
Végétation des takyrs dont:	12	1,39 ± 0,19	13	pas de données idem idem					
les phanérogames	12	0,77 ± 0,15	19						
les algues	12	0,62 ± 0,09	14						
	Proche-Orient								
Déserts à buissons Artemisia et Salsola	17	3,9 ± 0,64	16	9	1,43 ± 0,39	27	pas de données		

Pour les déserts du Proche-Orient les données ne concernent que les groupes de déserts à buissons Artemisia et Salsola (les chénopodes-espèces de la famille des Chenopodiaceae). Il s'avère que les indices de productivité (réserve moyenne de phytomasse 3,9 t/ha et la production annuelle 1,43 t/ha par an) sont à peu près 2 fois inférieurs par rapport aux déserts de l'Asie Centrale soviétique. Ceci peut être expliqué par le fait que les premiers sont disposés plus au sud et on y tombe moins de précipitations, ainsi que par surpâturage. Certains auteurs, en particulier Petrov M.P. [3] supposent que la végétation de tous les déserts du Proche-Orient est d'origine secondaire anthropogène.

Province aride Sud-Africaine. La végétation de cette province aride est particulièrement intéressante. On y rencontre des plantes très anciennes, comme *Welwitschia mirabilis*, et beaucoup de genres endémiques. Dans les déserts Namib et Kalahari il y a très peu de précipitations (15 à 50 mm par an), leur végétation est très pauvre et son existence est due partiellement à l'humidité des brumes (environ 120 jours brumeux par an). On distingue 3 types de la végétation désertique [13]: 1) buissons nains et succulents et graminées désertiques; 2) savannes ou bushveld avec arbrisseaux ou arbres parmi les hautes herbes; 3) broussailles xérophytes de type forêt — analogue des tougais de l'Asie Centrale (riverine forest) — constituées par *Acacia*, *Combretum imberbe*, *Zizyphus mucronata* et *Salix capensis*.

Les pâturages naturels sont peu productifs dans les conditions d'une faible quantité de précipitations. Par la suite d'une colonisation poussée (XVIII^e et XIX^e siècles) le surpâturage a amené un appauvrissement (Détérioration) de la végétation. Les plantes comestibles ont été remplacées par les plantes non

comestibles et toxiques. On ne trouve pas dans la littérature de données sur la productivité primaire.

Province aride Australienne. Il est tout à fait juste que l'Australie est appelée continent aride: 44 % du territoire occupent les déserts et 37 % semi-déserts. Bien que l'élevage avec utilisation des pâturages soit une branche importante de l'économie du pays, l'étude de la productivité biologique des pâturages naturels est à son début. Il y a très peu de mesures quantitatives et on ne peut pas les rapporter à un tel ou tel type du pâturage. Il existe une littérature abondante sur les récoltes des pâturages où l'on fait le semis et une monographie importante qui caractérise en détail la végétation des pâturages dans les différentes régions, mais on n'y donne pas une évaluation quantitative de leur production [15].

On peut diviser les pâturages en groupes suivants [21].

Forêts clairsemées d'acacia (Acacia woodland). Ce sont les pâturages les plus répandus, ils occupent 32 % du territoire du pays. Ils sont formés par des arbres (*Acacia aneura*, *A. sowdenii*, *A. pendula*, *A. cambagei*, etc.), des arbrisseaux de la famille Chénopodiaceae et des graminées au niveau inférieur. La productivité de ces pâturages est faible. La phytomasse est de 21,9 t/ha dont 4 % est la partie verte, 7 % les bois, 89 % les racines [9]. Dans les différentes régions, pour une tête (mouton) il faut de 5 à 30 ha et dans l'Australie Centrale de 140 à 220 ha par an.

Les gazons de graminées (Tussock grassland) occupent 8 % du territoire. Y domine Mitchell grass avec espèces vivaces du genre *Astrelia* et autres graminées (*Dichanthium fecundum*, *D. sericeum*, *Aristida latifolia*, *Eragrostis setifolia*, *Panicum decompositum*). Ce sont des bons pâturages dont la production moyen-

Productivité des principales associations arides des pâturages de l'Australie (t/ha)

Types d'associations	Acacia woodland	Tussock grassland	Chenopodiaceous low shrubland	Spinifex grassland	Eucalyptus open scrub
Surface, %	32	8	5	—	—
Phytomasse, partie verte	21,9 (0,9)*	— 1,5	40,2 (0,8)	3,2 à 5,7**	—
idem, %	4	—	2	16***	—
bois	(1,5)	—	(1,6)	—	—
idem, %	7	—	4	—	—
racines	(19,5)	—	(37,8)	—	—
idem, %	89	—	94	—	—
Il faut par tête, ha/an	5 à 30 (140 à 220)	—	—	—	3 à 27
Têtes par 100 ha	—	7 à 8	—	—	—

*Ici et plus loin, entre parenthèses: données de calcul.

**Seulement la partie aérienne du sol.

***Calculé d'après la chute depuis la partie aérienne du sol.

ne des fourrages est de 1,5 t/ha et la capacité est de 7 ou 8 moutons par 100 ha [17].

Les pâturages à petits buissons (Chenopodiaceous low shrubland) occupent 5 % du territoire. Ils sont formés par *Maireana*, *Atriplex*, *Bassia*, *Rhagodon*, *Chenopodium*, etc. parmi lesquels on rencontre des arbres isolés des espèces *Acacia*, *Eucalyptus*. La phytomasse est de 40,2 t/ha dont 2 % est la partie verte, 4 % les bois et 94 % les racines.

Graminées en mottes (Hummock grassland appelé également spinifex grassland) avec domination de *Triodia pungens*, *T. basedowii*, des espèces *Plectrachne*, *Zygochloa*. La phytomasse au-dessus du sol est de 3,2 à 5,7 t/ha (en moyenne: 3,4 t/ha); la part de la partie verte n'est pas déterminée [22].

Forêts clairsemées à casuarins bas (*Casuarina* — *Heterodendron* — *Gallitris low woodland*) sont fréquentes au sud-est du continent. Y dominent des arbres isolés *Casuarina decaisneana*, *Heterodendron oleifolium*, *Callitris columellaris* avec participation des espèces *Acacia*, *Eremophila*, *Cassia* et les graminées *Stipa*, *Chroris*, etc. Il n'y a pas de données sur la productivité.

Les scrubs d'eucalyptus (*Eucalyptus open scrub*) appelés également «mallee» sont formés par des bas buissons *Eucalyptus* avec participation des espèces *Cassia*, *Eremophila*, *Myoporum*. Le niveau inférieur est constitué par *Atriplex*, *Maireana* et les graminées *Triodia*. Sont utilisés comme les pâturages de basse productivité: de 3 à 27 ha par tête par an en fonction des conditions locales et de la quantité de précipitations.

Les données obtenues (tableau 4) sont insuffisantes pour les généraliser.

On peut dire que bien que les valeurs absolues de la quantité de phytomasse se diffèrent de 2 fois entre les forêts clairsemées d'acacia et les bas buissons, les indices relatifs de la structure de la phytomasse sont proches: partie verte de 2 à 4 %; bois de 4 à 7 %; racines de 89 à 94 %.

En Australie on incendie souvent les pâturages afin de les améliorer. Pourtant, cette méthode donne des résultats positifs de courte durée et devient nuisible si l'on parle de la stratégie de longue haleine parce qu'elle provoque la disparition des plantes fourragères précieuses et dans l'association restent des plantes ignifuges de qualité inférieure. Se trouve réduite la diversité des espèces et l'association devient moins stable [8, 12, 16]. Si l'on ajoute le surpâturage, on observe la dégradation des pâturages et, par conséquent, la diminution de la quantité de bétail.

Province aride Nord-Américaine. La productivité primaire des associations désertiques de l'Amérique du Nord a été étudiée assez peu et d'une façon incomplète. Les recherches concernaient, surtout, certaines plantes et non les associations végétales telles quelles. Les premières études complexes systématiques ont été réalisées durant le Programme biologique international (1965–1974). Mais les résul-

tats ne sont pas encore publiés. Je ne peux que présenter les données préalables prises des comptes-rendus du Desert Biome, de l'USA Progress Reports, 1970–1975, Mimeo et faisant objet du tableau 5.

On peut noter une certaine ressemblance avec les déserts de Touran (Asie Centrale soviétique) et principalement ceci concerne les déserts du Grand Bassin et Mohave où les associations sont formées par les buissons big sagebrush (*Artemisia tridentata*), winterfat (*Eurotia lanata*), shadscale (*Atriplex confertifolia*), creosote bush (*Larrea divaricata*). Dans ces associations, bien qu'il y ait une différence sensible de la quantité de la phytomasse, sa partie aérienne est égale à peu près à 20 à 30 % et celle souterraine 70 à 80 %, ce qui est identique aux associations de buissons désertiques de Touran. Les déserts de Chihuahua sont différents. Dans leurs associations de mesquite (*Prosopis glandulosa*) et de creosote bush, la partie souterraine fait moins que la moitié de la phytomasse (40 à 45 %), alors que la partie aérienne est supérieure (55 à 60 %); quant au volume de la partie aérienne de la phytomasse, les associations du désert de Sonora sont surtout particulières. Ceci s'explique par le fait qu'elles sont formées par des semi-arbres palo verde (*Cercidium floridum*) et un autre espèce de creosote bush (*Prosopis velutina*), c'est pourquoi, 85 à 90 % de la phytomasse sont contenus dans la partie aérienne des associations. Un indice particulier de toutes les associations désertiques de l'Amérique du Nord est que la masse morte

Indices de productivité des principales associations des déserts de l'Amérique du Nord, t/ha

Indices	Déserts frais du Grand Bassin			Mohave	Sonora		Chihuahua	
	Artemisia tridentata	Eurotia lanata	Atriplex confertifolia	Larrea divaricata	Prosopis velutina	Cercidium floridum	Larrea divaricata	Prosopis glandulosa
Phytomasse,	27,60	19,22	21,45	10,50	41,00	47,49	4,83	12,69
au-dessus du sol	4,97	3,14	5,53	2,82	34,20	43,89	2,80	6,96
idem, %	18	16	24	26	84	92	58	55
racines	22,64	16,08	15,92	7,73	6,30	3,60	2,03	5,70
idem, %	82	84	76	74	16	8	42	45
Masse morte	11,59	(4,0)	(8,49)	—	—	—	1,33	2,2
Somme substance organique,	39,19	(23,22)	(29,94)	—	—	—	6,16	14,89
phytomasse, %	70	82	72	—	—	—	78	85
masse morte, %	30	18	28	—	—	—	22	15

(standing dead and litter) constitue de 20 à 30 % de toute la somme de la substance organique. Ceci prouve que la décomposition est assez intense et il n'y a pas de grande accumulation de la masse organique morte. Hélas, les données américaines ne comportent pas de renseignements sur l'accroissement annuel des associations.

Province aride Sud-Américaine. Sur le continent de l'Amérique du Sud existent les déserts tropiques et subtropiques et les semi-déserts et déserts de la zone tempérée suivants [20].

Déserts tropiques du Pacifique. Ici, dominent les espèces des familles Cactaceae, Euphorbiaceae, Liliaceae, les espèces du genre *Sececio* et les arbres des genres *Acacia*, *Pterosipis*, *Pithecolobium*, *Tamarinus*, *Capparis*, etc.

Déserts tropiques et semi-déserts de basse montagne du Pacifique. On y rencontre les arbres et les arbrisseaux (*Loxopterigium huassango*, *Caesalpinia corymbosa*, *Bursera graveolens*, *Capparis crotonoides*, *Prosopis chilensis*), les cactus, ainsi que les graminées annuelles et les plantes à bulbe.

Forêts clairsemées tropiques Est-Brésiliennes désertiques avec arbrisseaux à pointes et cactus (caatinga). Les plus répandus sont: *Cavaniella arborea*, *Zizyphus joazeiro*, *Bicania rigida*, *Aspidosperma perfolia*, *Chorisa ventricosa*, ainsi que les espèces des familles *Bombacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Cactaceae* et à l'étage inférieur les graminées *Aristida adscensoides*, *Cymbopogon mollis*, etc.

Déserts subtropiques. Semi-déserts et déserts subtropiques argentins «monte». Grands et petits arbres et arbrisseaux (*Gourliea decorticans*, *Mimosa farinosa*, *Acacia moniliformis*, *Caesalpinia gilliesii*, *Larrea divaricata*), cactus arboresques et herbes avec dominance des espèces *Stipa*.

Semi-déserts à arbrisseaux de montagne et déserts «puna». Y dominant *Senecio gilliesii*, *Haplopappus*

cuneifolius, *Verbena uniflora*, *Discaria prostrata*, *Astragalus arnotianus*, etc.; à l'étage des herbes on voit les graminées (*Poa chilensis*, *Stipa speciosa*, *Deschampsia cordillerarum*) et les cactus (*Cereus atacamensis*, etc.).

Semi-déserts de la zone tempérée. Semi-déserts et déserts à arbrisseaux de Patagonie. On y rencontre les arbrisseaux et les buissons (*Mulinum spinosum*, *Berberis cuneata*, *Verbena tridens*, *Nardophyllum kingii*, *Lycium tenuispinosum*), les plantes en coussin (*Chuquiraga aurea*) et les graminées (*Stipa patagonica*, *Festuca argentina*, *Poa flabellata*, *Cortaderia pilosa*, *Danthonia picta*).

Dans la littérature on ne trouve pas de renseignements sur la productivité des associations végétales des déserts Sud-Américains, mais il existe des descriptions détaillées de la composition floristique, des plantes toxiques et des conditions climatiques [19]. Tous ces types de déserts sont utilisés comme les pâturages. Durant les millénaires, l'homme, afin d'obtenir un fourrage vert frais, incendiait les pâturages ce qui a entraîné leur appauvrissement et la dégradation suivie d'érosion du sol.

En conclusion, prenons connaissance des renseignements sur la répartition des pâturages dans le monde entier, sur la dynamique de l'accroissement de la population, des terres labourées et du cheptel durant la décennie. Dans le tableau 6 sont indiquées les données sur les pâturages permanents et les terres labourées dans le monde entier.

Même l'examen superficiel de ces données est très éducatif. Nous avons adopté la division en pays développés et en voie de développement et à l'intérieur de cette division il y a une subdivision suivant l'appartenance géographique. Il faut noter que 40 % de pâturages et 45 % de terres labourées sont concentrés dans les pays développés, alors que les pays en voie de développement possèdent 45 % de pâturages, mais 27 % de terres labourées.

Tableau 6

Pâturages permanents et terres labourées
du monde entier

Régions	Pâturages permanents		Terres labourées		Pâtura- ge par habi- tant	Ter- res la- bou- rées par habi- tant
	·10 ⁶ ha	%	·10 ⁶ ha	%		
Monde au total	2987	100	1455	100	0,79	0,39
Pays développés:	1198	40,1	658	45,2	1,22	0,54
Amérique du Nord	269	9,0	236	16,2	1,16	1,02
Europe Occi- dentale	76	2,5	98	6,7	0,21	0,27
Europe Orienta- le	390	13,1	279	19,2	1,10	0,79
Océanie	463	15,5	45	3,1	29,12	2,83
Pays en voie de développe- ment:	1338	44,8	393	27,0	0,75	0,36
Afrique	701	23,5	189	13,0	2,44	0,66
Amérique lati- ne	455	15,2	119	8,2	1,52	0,40
Proche-Orient	182	6,1	85	5,8	1,00	0,47
Autres pays	451	15,1	404	27,7	—	—

Ensuite, si l'on compare combien de pâturages et de terres labourées existe par habitant, on voit un tableau frappant: dans les pays développés il y a 1,22 ha de pâturages et 0,54 ha de terres labourées par habitant, alors que pour les pays en voie de développement les chiffres respectifs sont 0,75 et 0,36 ha.

Examinons la dynamique de l'accroissement de la population, du cheptel du bétail et le nombre de têtes de bétail par habitant (tableau 7). Le tableau montre l'accroissement de la population et du nombre de bétail pendant 10 ans (1963-1972).

Il s'avère que l'accroissement de la population et du cheptel de bétail dans les pays développés a un

Tableau 7

Population, cheptel du bétail, surface spécifique
des pâturages et quantité du bétail par habitant
(1972)

Régions	Population		Bétail		Surfa- ce des pâtu- rages par tête de bé- tail	Têtes de bétail par habi- tant
	10 ⁶ hom- mes	Ac- crois- sement par rap- port à 1963, %	10 ⁶ têtes	Ac- crois- sement par rap- port à 1963, %		
Monde entier	3761	19	1304	11	2,29	0,35
Pays développés:	961	8	396	8	—	—
Amérique du Nord	231	11	115	15	2,34	0,50
Europe Occi- dentale	360	7	92	-1	0,83	0,26
Europe Orienta- le	354	8	137	5	2,85	0,39
Océanie	16	23	52	24	8,90	3,25
Pays en voie de développe- ment:	769	27	451	20	—	—
Afrique	287	24	143	17	4,90	0,50
Amérique latine	305	29	233	21	1,95	0,78
Proche-Orient	182	29	75	20	2,43	0,41
Autres pays	2026	7	457	5	—	—

caractère régulier: 8 % dans les deux cas. Dans les pays en voie de développement la population a augmenté de 27 % et la quantité du bétail de 20 %. Si l'on prend des pays isolés, on voit que dans l'Europe Occidentale la quantité du bétail a diminué de 1 %. Sont également intéressants les chiffres concernant la surface des pâturages par tête de bétail: en Europe Occidentale seulement 0,83 ha alors que dans l'Océanie on a 8,9 ha, c'est-à-dire 10 fois supérieur. Si l'on compare l'accroissement de la population et la quantité du bétail dans le monde entier, on voit que si la population a augmenté pendant 10 ans de 19 %, la quantité du bétail n'a augmenté que de 11 %.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Laurenko E.M.* General features of Eurasian and North African desert, Russ. L., 1962.
2. *Mac-Claud D.E.* Pâturages du monde entier et leur variation sous l'influence de l'activité humaine. Recueil de textes du XII^e Congrès International sur les prés (11-20 juin 1974). t. 1, M., 1977.
3. *Petrov M.P.* Pronostics écologiques de l'état de l'environnement dans les déserts et semi-déserts. Recueil «Prévision écologique». M., 1979.
4. *Rodine L.E.* Productivité biologique de la végétation de la zone désertique de l'URSS. Du livre

- «Ressources biologiques des déserts de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan». Bloc autotrophe. M., 1981.
5. *Rodine L.E.* Productivité primaire des associations désertiques de l'Afrique du Nord et de l'Asie. «Problèmes d'utilisation des déserts». n^{os} 3, 4, 1976.
 6. *Rodine L.E., Nétchayéva N.T., Basilevitch N.I.* Prise en compte de la dynamique de la masse organique végétative dans les associations désertiques. Du livre «Méthodes d'étude de la rotation

- biologique dans les différentes zones géographiques». M., 1978.
7. *Rodine L.E., Remesov N.P., Basilevitch N.I.* Notes méthodiques pour étude de la dynamique et de la rotation biologique dans les phytocénoses. L., 1968.
 8. *Ahlgren I.F. and Ahlgren C.E.* Ecological effects of forest fires. Bot. Rev., v. 26, 1960.
 9. *Burrows W.H.* Productivity of an arid Zone shrub (*Eremophila gilesii*) community in South-Western Queensland. Austr. Journ. Bot., v. 20, N 3, 1972.
 10. *Eig A.* Synopsis of the phytosociological units of Palestine. Palest. Journ. of Bot., Jerusalem Ser., v. III, N 4, 1946.
 11. *Evenari M., Schulze E.-D., Lange O.L., Kappen L. and Bushbom U.* Plant production in arid and semi-arid areas. In: Ecological studies. Analysis and synthesis. v. 19, 1976.
 12. *Hodgson A.* Control burning in eucalypt forest in Victoria, Australia. J. Forest., v. 65, 1968.
 13. *Leistner O.A.* Southern Africa. In: Goodall D.W., Perry R.A. (Eds.). Arid-land ecosystems: structure, functioning and management. Cambridge, v. 1, 1979.
 14. *Mc Ginnies W.G.* General description of desert areas. In: Goodall D.W., Perry R.A. (Eds.). Arid-land ecosystems: structure, functioning and management. Cambridge, v. 1, 1979.
 15. *Moor R.M.* (Ed.) Australian grassland. Canberra, 1970.
 16. *Mutch R.W.* Wildland fires and ecosystems — a hypothesis. Ecology, v. 51, N 6, 1970.
 17. *Rodine L.E. and Basilevitch N.I.* Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1967.
 18. *Perry R.A.* Pasture lands of the Northern Territory. Land Research Series. CSIRO, 1960, N 6, Melbourne.
 19. *Roseveare G.M.* The grasslands of Latin America. Cardiff, 1948.
 20. *Walter H.* Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. B. II Die gemässigten und arktischen Zonen. Jena.
 21. *Williams O.B.* Ecosystems of Australia. In: Goodall D.W., Perry R.A. (Eds.). Arid-land ecosystems: structure, functioning and management. Cambridge, v. 1, 1979.
 22. *Winkworth R.E.* The composition of several aid spinifex grasslands of Central Australia in relation to rainfall, soil and Water. Austr. Journ. Bot., v. 15, N 1, 1967.

EVALUATION METEOROLOGIQUE DES CLIMATS DES PATURAGES DE DESERTS D'ASIE CENTRALE

par *N.S. Orlousky*. Licencié en géographie, chef du laboratoire de l'Institut des Déserts de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie (Achkhabad)

Selon les experts du PNUE [14] les déserts véritables (territoires arides et extra-arides) occupent 24,6 millions de km², soit 17 % des terres émergées et sont associés aux zones modérée, subtropicale et tropicale du globe. Ce phénomène est responsable de la diversité des conditions naturelles des aires arides. Il n'empêche que du point de vue de l'écologie, la priorité est accordée aux facteurs naturels qui influent le plus sur l'évolution des végétaux et notamment les fluctuations saisonnières des précipitations atmosphériques et la température de l'air.

Les fluctuations saisonnières des précipitations atmosphériques font apparaître quatre principaux types de déserts [7]:

1. Déserts où la période sèche se situe en été et la saison humide en hiver;
2. Déserts à périodicité inverse;
3. Territoires désertiques à deux périodes de précipitations ou sans nette distinction entre les saisons;

4. Territoires désertiques sans variations saisonnières de précipitations ou n'ayant pas de précipitations du tout.

Ainsi, on rencontre surtout la végétation arbustive et broussailleuse dans les déserts situés en dehors de la zone tropicale (Alachan, Gobi, Takla-Makan, façade nord de la mer d'Aral, états de Nevada, d'Uta et de Colorado à l'Ouest des Etats-Unis). Les sols non-salinisés y sont colonisés par *Artemisia* alors que les sols salins sont occupés par les espèces de la famille de *Chenopodiaceae* à savoir: *Salsola*, *Eurotia*, *Atriplex*. Sur les sols sableux et sous les climats plus chauds on voit apparaître des arbustes: *Haloxylon* et *Calligonum* en Asie et *Artemisia tridentata* et *Atriplex canescens* (Shrubby sagebrushes and branches) en Amérique.

Le rythme de précipitations atmosphériques subit des modifications à la périphérie sud-ouest de la zone désertique d'Asie et d'Amérique du Nord.

Dans ces régions la raie de pluviosité se situe en hiver et au printemps (jusqu'à 80 à 95 %). Cela fait qu'à la fin de printemps les horizons supérieurs des sols sableux et des limons légèrement argileux contiennent des quantités élevées d'humidité facilement accessible aux plantes ce qui favorise le développement du peuplement herbacé dit éphémère.

Dans les déserts de sable d'Asie Centrale et d'Iran on rencontre beaucoup de *Carex physodes* associés à d'autres éphémères dans les bois d'*Haloxylon*. C'est là qu'on peut trouver d'authentiques associations de désert à 4 étages de végétation à savoir: arbustes (*Haloxylon*), broussaille (*Aristida pennata*), éphémères (*Carex physodes*), mousses et lichens (*Tortula desertorum*).

Plus au sud (Palestine, Afrique du Nord) la population éphémère recule légèrement en raison de la diminution du nombre d'espèces plurennales (éphéméroïdes).

Au Sahara du Centre, dans les déserts de Namib et d'Atakama à très faible taux de pluviosité de vastes surfaces sont entièrement dépourvues de végétation. La population végétale sur les terrains sableux et dans les bas-fonds est celle des tropiques à grande diversité de types biologiques [6, 7].

Ainsi se résume d'une manière générale la corrélation entre le tapis végétal de la zone aride et les particularités du climat et des sols de ce territoire. Procédons maintenant à un examen plus détaillé des types écologiques des déserts d'Asie Centrale et du Kazakhstan.

Tout le territoire désertique dans ses frontières définies pour l'étude, fait partie de la zone aride mais la zonalité latitudinale jointe aux particularités du brassage atmosphérique entraîne de grandes variations des conditions climatiques entre le Sud et le Nord de ce territoire tant en été qu'en hiver.

En hiver, le territoire situé au nord est exposé aux froids rigoureux et persistants et l'enneigement est toujours considérable sous l'effet de l'anticyclone sibérien. Par contre, dans la partie sud les hivers sont plus cléments à chutes de neige intempêtes et les températures allant souvent au-dessus de 0°C.

Il est évident que le brassage atmosphérique exerce une influence considérable sur le régime de précipitations. Aussi, constatons-nous la prédominance des masses aériennes des latitudes modérées en hiver au Sud de l'Asie Centrale et l'air continental des tropiques en été, cependant qu'au Nord cette rotation saisonnière est beaucoup moins nette et tend même à disparaître au profit des masses aériennes provenant des régions modérées qui s'y maintiennent tout au long de l'année. C'est pour cette raison précisément que les régions sud ont la courbe de précipitations qui va croissant d'octobre à mars et atteint son sommet en avril. Passé ce délai elle chute brutalement et est quasiment nulle en juillet. Aux régions nord la répartition annuelle des précipitations est plus régulière. Il n'y a somme toute que deux petits pics en automne et au printemps avancés.

L'analyse de la répartition annuelle des précipitations dont bénéficient l'Asie Centrale et le Kazakhstan du Sud a révélé [17] l'existence d'une forte chute de précipitations en été dont le taux est infime dans les régions situées entre 42 et 45° de latitude nord. C'est ce point de non-retour qui sert généralement à établir la frontière entre les sous-zones nord et sud des déserts qui va de la partie nord du golfe de Kara-Bogaz-Gol, traverse l'estuaire de l'Amou-Daria, longe les contreforts sud des monts de Boukentaou et s'arrête à la chaîne de Karataou. A l'Est cette frontière emprunte la chaîne de Karataou et l'Alataou de Talass.

Conformément au schéma de classification des climats proposé par A.A. Grigoriev et M.I. Boudyko [8] la sous-zone des déserts du Nord a un climat sec à l'été chaud et un hiver clément avec des chutes de neige occasionnelles, cependant, que la sous-zone située au Sud bénéficie d'un climat très aride à l'été torride et l'hiver relativement doux (tableau 1).

Dans la sous-zone nord l'été est relativement court avec les températures moyennes allant de 24 à 27°C. Il devient long et torride dans la sous-zone sud. Les isothermes de juillet varient dans la plage de 29–32°C et peuvent même atteindre 46 à 50 °C à certaines années.

Les précipitations annuelles sont insignifiantes tant au nord qu'au sud de cette région et vont de 80 à 200 mm, en accusant une légère augmentation dans les déserts de loess à pied de montagnes de l'ordre de 250 à 300 mm. Mais il n'en est pas de même de leur répartition annuelle. Dans la sous-zone du nord les précipitations sont plus importantes en période chaude, alors qu'au sud le rapport est inverse.

En quatre mois de période chaude le total de précipitations est infime dans la sous-zone du sud et varie de 1 mm au Kara-Koum du Sud-Est à 100 mm à la limite de la sous-zone du nord. Cette quantité de précipitations en période chaude n'a aucune signification pratique. Par contre, même la très faible pluviosité (15 à 60 mm tout au plus) en période chaude dans la sous-zone du nord rend possible la croissance d'*Artemisia*. De plus, la répartition de précipitations est très régulière durant tout l'été. L'indice de sécheresse qui désigne le rapport de l'évaporation aux précipitations annuelles passe quant à lui de 3,0 au nord à 8,0–9,0 au sud. Les valeurs annuelles d'évaporation varient de 800 à 1000 mm dans la sous-zone du nord bien que le total annuel de précipitations ne dépasse guère 100 mm. Dans la sous-zone du sud le coefficient d'évaporation est supérieur à 1000 mm, cependant que l'indice de sécheresse s'accroît de 10,0 à 16,0 ce qui permet de conclure à une grande aridité du climat [12].

Les différences du régime hydrothermique entre les parties nord et sud de la région se retrouvent jusque dans la nature des sols et du tapis végétal. En effet, la sous-zone du nord a les sols gris-bruns désertiques à solontchak et solonetz. Les sols y ont une faible teneur en carbonates en raison d'un régime

Indices principaux climatiques des déserts d'Asie Centrale et de Kazakhstan

Station	Température, °C			Moyenne des minimums absolus, °C	Maximum absolu, °C	Durée de la période de moyenne journalière, 0°C	Durée de la période de la végétation (+10°C)	Somme des températures d'air (+10°C)	Précipitations, mm		
	annuelle	en janvier	en juillet						annuelle	période chaude	période froide
Sous-zone des déserts nord											
Teren-Koudouk	4,8	-15,4	24,5	-35	43	151	157	1973	171	102	69
Ak-Toumsouk	8,9	-7,9	25,2	-26	42	107	173	3466	129	77	52
Sam	8,9	-9,1	27,0	-28	46	126	179	3773	136	82	54
Koungrad	9,9	-6,7	25,3	-26	44	106	186	3751	95	46	49
Kounia-Ourghentch	10,9	-6,0	26,6	-24	45	102	193	4042	76	31	45
Sous-zone des déserts sud											
Ekédeje	13,2	-3,9	29,7	-22	46	81	205	4697	100	40	60
Darvaza	14,8	-2,0	31,2	-19	46	56	217	3123	97	39	58
Ak-Molla	15,8	-1,0	32,2	-20	47	44	224	5393	91	34	57
Tché mché	15,7	-0,2	31,5	-20	49	29	225	5292	97	38	59
Baïram-Ali	16,0	1,5	30,2	-16	48	0	234	5268	135	40	95
Takhta-Bazar	16,5	2,7	31,2	-17	48	0	236	5370	241	53	188
Serakhs	16,6	3,0	30,2	-15	48	0	242	5402	178	51	127

hydrothermique modéré. D'autre part la répartition régulière de précipitations durant tout l'été, aussi insignifiantes soient-elles, rend possible la croissance des plantes broussailleuses à végétation tardive des variétés *Artemisia* et *Salsola*. Ceci pour dire que la sous-zone du nord est surtout colonisée par *Artemisia*. L'aridité croissante du climat du nord au sud de la sous-zone n'entraîne que le remplacement des espèces d'*Artemisia* hydrophiles par des espèces de plus en plus xérophytes. Le tapis végétal y est très clairsemé.

Les sols de la sous-zone du sud sont de types gris-bruns et gris à fortes teneurs en carbonates. Cela tient à l'été très sec et torride. Ce régime hydrothermique favorise l'accumulation des carbonates dans le sol et leur transfert dans les horizons sous-jacents.

Le maximum de précipitations au printemps explique une plus grande richesse de végétation par rapport à la sous-zone du nord où la saison de pluies est pratiquement inexistante. De la sorte, les printemps tièdes et humides favorisent la croissance des plantes éphémères et éphéméroïdes que l'on ne rencontre pas dans la sous-zone du nord. Il n'empêche que les plantes éphémères ne survivent pas à l'été sec et torride.

Donc, les conditions écologiques favorisent la croissance des plantes en période chaude (sous-zone du nord) et en période froide (sous-zone du sud) à ceci près que durant la première année la croissance est rendue impossible tant au nord qu'au sud en raison des basses températures et du faible enneigement dans le premier cas et de l'invasion des plantes éphémères dans le second. En été même les xérophytes sont en sommeil dans la sous-zone du sud dépourvue de précipitations et brûlée par le soleil, cepen-

dant que seules les plantes xérophytes à période de végétation tardive peuvent pousser au nord.

Particularités de l'évolution saisonnière du tapis végétal. Les particularités climatiques déterminent le développement, l'accroissement et la qualité des ressources fourragères des pâturages au même titre que leur utilisation efficace et la séquence des travaux à effectuer dans l'élevage.

Dans la zone désertique l'alternance des saisons ne suit pas forcément le rythme prescrit par le calendrier. Elle dépend du régime hydrothermique et des particularités de l'évolution des plantes fourragères.

Il a été établi [3, 5] que sur les plaines d'Asie Centrale et du Kazakhstan du Sud la saison froide est associée à la baisse de la température moyenne journalière au-dessous de 5 °C. C'est la période où les arbustes et les arbrisseaux entrent en léthargie et *Haloxyylon* commence à perdre ses fruits et branches. La durée de l'hiver décroît du Nord au Sud. Alors que dans le Nord de la région l'hiver s'installe pour plus de 150 jours, il s'écourte d'un mois dans les régions centrales d'Oust-Yourt, en aval de l'Amou-Daria et au Nord du Kyzyl-Koum (126 à 150 jours) pour ne régner qu'une centaine de jours au Sud de la région. Bien plus, il ne dure que 75 jours au Kara-Koum Central et au Sud du Kyzyl-Koum et 50 jours au Kara-Koum du Sud-Est. Au Sud et à l'Ouest de Turkménie les froids ne persistent que 50 jours.

A l'intérieur de la période froide on distingue les «vrais» hivers caractérisés par la baisse de température moyenne journalière au-dessous de 0°C et la léthargie des végétaux [3]. Ce n'est pas le cas du Kara-Koum du Sud-Est, de la partie sud du Kara-Koum du Centre et du Sud-Ouest de la RSS de Turkménie.

Mais à mesure qu'on remonte vers le Nord les «vrais» hivers deviennent de plus en plus rigoureux et prolongés. Ainsi dans la partie nord du Kara-Koum du Centre la durée des «vrais» hivers varie de 30 à 60 jours, soit 40 % de la période froide. Dans le Kara-Koum de Zaoungouz et la partie sud du plateau d'Oust-Youurt on en recense respectivement 65–74 % et 49–54 % [13].

L. Babouchkine [3] appelle «végétationnels» les hivers où la période de léthargie des végétaux ne dure que 10 à 20 jours. Ce n'est qu'en extrême Sud-Ouest de Turkménie que la quasi-totalité des hivers est de type «végétationnel». Tel n'est pas le cas de toute la sous-zone nord à l'exception de la partie Sud-Ouest du plateau d'Oust-Youurt où la répétibilité des hivers «végétationnels» n'est que de 5 %.

En extrême Sud de la région au mois de février (début d'avril pour le Nord) la température de l'air accuse une augmentation rapide passant au-dessus de 5 °C. Cette température correspond au début de croissance des plantes et à l'apparition de la végétation herbacée et est considérée de ce fait comme le début du printemps. Le passage de l'hiver au printemps se situe entre la première décennie de février et la deuxième décennie de mars alors que dans la sous-zone nord il tombe sur la période comprise entre la deuxième décennie de mars et la première décennie d'avril. La durée du printemps augmente de 45–50 à 80 jours du Nord au Sud. Les plus grandes durées sont observées en extrême Sud-Ouest de Turkménie et peuvent atteindre 90 à 105 jours.

Cette période tiède et humide favorise la croissance des végétaux. La reprise printanière de la végétation a lieu aux moments différents ce qui tient aux inégalités de précipitations et de température. Il ne fait pas de doute que le printemps tiède et humide est préférable au printemps sec et froid. La croissance des graminées et des herbes diverses commence dans la deuxième décennie de février au Kara-Koum du Sud-Est, dans la troisième décennie de février – la première moitié de mars au Sud du Kara-Koum Central et Kyzyl-Koum (tableau 2), dans la seconde moitié de mars au Kazakhstan du Sud et dans la première moitié d'avril au Kazakhstan Central et de l'Ouest [15].

Mais dès le mois d'avril l'augmentation de température de l'air de plus en plus sec et la réduction des précipitations font apparaître le phénomène d'évaporation. Les végétaux commencent à se déshydrater, signe de l'avènement de l'été. On a coutume d'associer l'été à l'augmentation de la température moyenne journalière qui s'établit au-dessus de 20 °C. Cette température correspond à l'arrêt des gels de printemps et au passage au temps sec [5]. L'été s'installe dans la troisième décennie d'avril au Kara-Koum, c'est-à-dire dans la sous-zone sud et dans la première décennie de mai sur le reste du territoire. Dans la sous-zone nord les détails correspondants vont de la deuxième décennie de mai (partie sud) jusqu'à la première décennie de juin. L'été est la saison la plus prolongée dans la zone aride: elle dure

Délais de reprise printanière de croissance de Carex physodes

Station	Délais de reprise de croissance			Différence en jours (precocestardifs)
	moyens	précoces	tardifs	
Akbayata	13.III	22.II	10.IV	49
Koulkoudouk	7.III	4.II	26.III	50
Bazaoubay	3.III	9.II	22.III	41
Tamdy	12.III	18.II	2.IV	43
Machikoudouk	28.II	20.I	24.III	63
Djangueldy	6.III	8.II	24.III	44
Ayakaguitma	1.III	22.I	24.III	58
Tchagyl	10.III	12.II	9.IV	56
Ekédeje	19.III	5.III	8.IV	34
Erbent	21.II	25.I	11.III	45
Répétek	19.II	25.I	10.III	44
Outch-Adji	17.II	5.I	16.III	70
Lekker	3.III	11.II	13.III	30

90–120 jours dans la sous-zone nord et 150 à 160 jours dans la sous-zone sud.

La végétation éphémère disparaît sous l'effet de la chaleur. Les délais moyens quand les éphémères viennent à disparaître varient dans la partie sud du Kazakhstan allant jusqu'à la première décennie de mai ou la première décennie de juin. Dans la partie ouest de la sous-zone nord on observe des retards du Sud au Nord. A l'Est de cette région la végétation éphémère disparaît avant tout dans la bande médiane du Bek-Pak-Dala et les déserts faisant face au lac Balkhach. Il existe un décalage vers le Nord en raison de la baisse des températures journalières moyennes. Plus au Sud ce processus se prolonge étant donné que l'humidité croît à mesure qu'on approche des montagnes [15].

Dans la sous-zone sud la végétation éphémère vient à disparaître dans la première ou la deuxième décades de mai. Les éphémères disparaissent avant tout dans la partie sud du Kara-Koum (1–8 mai) et même du 8 au 10 avril et du 12 au 25 mai.

Les temps moyens de survie de la végétation éphémère peuvent varier de 30 à 40 jours dans la partie sud du Kazakhstan et de 70 à 90 jours au Sud du Kara-Koum et du Kyzyl-Koum. C'est grâce aux précipitations abondantes en période printanière que la végétation éphémère se maintient plus longtemps dans la sous-zone du Sud.

Le rendement en herbes dépend entièrement des conditions météorologiques et pédologiques. Les rendements maximum des associations d'Artemisia fournissent le plus de phytomasse au début de juin au Nord, alors qu'au Sud de cette région les rendements les plus élevés se situent à la mi-mai.

Les réserves fourragères atteignent leur maximum 30 à 50 jours avant que la raie de température ne soit atteinte pour la sous-zone nord et 70 jours pour la sous-zone sud. Dans le cas des zones arides on ob-

Délais de végétation automnale de Carex

Station	Moyens	Précoces	Tardifs	Différence (précoces-tardifs)
Ekédeje	20.X	6.X	2.XI	57
Erbent	21.XI	12.X	20.XII	69
Répétek	19.XI	12.X	20.XII	69
Outch-Adji	21.XI	10.X	26.XII	77
Lekker	18.XI	20.X	25.XII	66

serve invariablement une relation directe entre la quantité de précipitations et le rendement du peuplement herbacé. Ainsi dans la sous-zone nord la répartition plus ou moins régulière de précipitations durant toute l'année favorise la croissance des plantes qui restent en sommeil dans la sous-zone sud en période de grande chaleur [9].

Selon ces données citées aux travaux [11, 15] on voit que les courbes de rendement des pâturages varient fortement suivant les conditions climatiques et les types de sols. Cette courbe est très douce dans la sous-zone nord, alors que dans la sous-zone sud elle comporte une raie à la mi-avril en période de maximum de précipitations au printemps. Les rendements des pâturages d'*Artemisia* ont deux pics qui se situent au printemps (croissance de la végétation éphémère) et en été (dominance d'*Artemisia*). Les pâturages de *Salsola* fournissent les meilleurs rendements au début d'automne.

En considérant les particularités de la dynamique saisonnière du rendement des phytocénoses de la zone aride afro-asiatique Yu.Mirochnitchenko [11] aboutit à la conclusion que les phytocénoses centrasiatiques diffèrent à plus d'un égard de celles des déserts touraniens et nord-africains et notamment en ce qui concerne la phase de végétation plus tardive, la croissance intense de phytomasse, l'absence de lethargie d'été et de dépression d'hiver.

Les associations désertiques nord-africaines et touraniennes ont en commun la dépression d'été et la phase de végétation plus longue. Il n'empêche cependant qu'en Afrique du Nord la végétation n'entre pas en lethargie en hiver en raison des températures plus élevées [11].

Le temps torride et sec subit quelques changements à partir de la seconde moitié d'août et plus souvent en septembre dans la sous-zone sud. La baisse de température journalière au-dessous de +20 °C est considérée comme l'indicateur de l'avènement de l'automne. Dans la sous-zone nord les premiers signes précurseurs d'automne apparaissent fin août-début septembre. Dans les déserts sud l'automne s'installe définitivement dans la seconde moitié de septembre dans le pied-mont du Kopet-Dag, dans l'interfleuve du Mourgab et du Tedjent. Cette date se décale vers la première décennie d'octobre au sud-ouest de Turkménie. L'automne dure 45 à 60 jours dans la sous-zone nord et 60 à 80 jours dans la sous-zone sud.

L'humidité du sol accuse un accroissement dans la seconde moitié d'automne par suite des pluies plus fréquentes ce qui favorise la croissance de certains arbrisseaux et végétaux broussailleux. C'est la période ou la phase des fruits d'arbrisseaux et arbustes [12]. Aux années tièdes et humides la végétation de *Carex* et de certaines plantes annuelles peut reprendre. Les climats favorables au développement de la flore désertique sont fonction du rapport ou du pourcentage des années à automne humide et tiède. N.Nétchayéva estime, par exemple, [12] que le climat

du territoire donné est d'autant plus favorable que les années à automne humide sont plus fréquentes.

L. Babouchkine [4] a pu fixer le début et la durée de la période automnale humide ainsi que le nombre des années où cette saison faisait défaut au Kara-Koum.

Au Kara-Koum Central la période favorable au développement de la végétation éphémère se situe dans la deuxième décennie de novembre et dure 9 à 25 jours. Le pourcentage des années à automne sec et torride n'excède pas 22 à 35 %. En revenant à *Carex* on peut avancer que sa phase de végétation au Kara-Koum commence dans la deuxième décennie d'octobre (Ekédeje) et se poursuit jusqu'à la deuxième décennie de novembre au Kara-Koum Central et du Sud-Est (tableau 3).

Dans la partie centrale du Kara-Koum la végétation en période automnale et hivernale ne se manifeste que dans 50 à 70 % des années, alors que dans le Nord et à l'Ouest de cette région ces pourcentages sont de 40 à 45 % [12].

La probabilité des années à reprise de végétation automnale de *Carex* à l'Est du plateau d'Oust-Yourt constitue 53 % et de 10 à 35 % pour le Kyzyl-Koum [1].

Les conditions atmosphériques des trois saisons (automne, hiver, printemps) exercent une influence considérable non seulement sur la reconstitution naturelle de la végétation mais encore sur l'efficacité des travaux d'amélioration. L'évaluation agroclimatique des conditions naturelles de Turkménie réalisée par N. Nétchayéva et A. Fédossév a permis de révéler 4 types de zones agroclimatiques présentant des différences quant au taux de précipitations et l'aptitude à la réalisation des travaux d'amélioration (tableau 4). Les précipitations que cette zone reçoit en automne et en hiver assurent en grande partie la réussite des travaux d'amélioration en moyenne 2 à 3 années sur 10 dans la sous-zone dont le coefficient de disponibilité en humidité constitue de 0,30 à 0,40. La marge du temps propice aux travaux d'amélioration est par ailleurs 4 années pour la zone aride, 5 à 6 années pour la zone semi-aride et 7 à 8 années pour la zone à climat modéré en calculant sur la base de dix ans.

Le Kara-Koum du Sud-Est se prête le mieux aux travaux d'amélioration bien que cette région n'occupe

Tableau 4

**Evaluation agroclimatique du territoire de la RSS
de Turkménie pour les travaux de phytomé-
lioration**

Zone agro-climatique	Indice d'humidité	Surface, %	Degré d'aptitude des conditions naturelles pour les travaux de phytomé- lioration
Très aride	0,20–0,39	43	Conditions extrêmement défavorables. Les travaux de phytomé- lioration sont recommandés pour les sables à l'intérieur de l'oasis et au bord des canaux
Aride	0,40–0,59	35	Défavorables. Peu satisfaisantes pour les sables de puits, bonnes pour les sables à l'intérieur de l'oasis et pour les sables à accumulation artificielle des précipitations
A humidité modérée	0,60–0,79	16	Satisfaisantes pour les sables de puits. Bonnes pour les barrages et les limans du canal de Kara-Koum et pour les terrains d'accumulation artificielle des précipitations
A aridité modérée	0,80–1,00	6	Bonnes pour les sables de puits, satisfaisantes et bonnes sur les terrains labourés du gazon des herbes éphémères

que 6 % du territoire de Turkménie. De nombreux chercheurs de Turkménie et d'Ouzbékistan ont prouvé par voie expérimentale qu'il était possible d'aménager des pâturages d'hiver à végétation arbustive dans la basse montagne.

Seules une évaluation correcte du climat de la région et les prévisions météorologiques permettent de mettre à profit les ressources climatiques à des fins d'élevage. L'établissement des cartes des climats [16] pour l'élevage du mouton en URSS s'assigne les objectifs suivants: adapter le système d'entretien des animaux à l'alternance des périodes froides et chaudes, prendre en ligne de compte les différences de pâture suivant les saisons ainsi que la qualité des fourrages au cas où la pâture se poursuit durant toute l'année. Ceci pour dire que les cartes tiennent compte des combinaisons des conditions météorologiques qui surviennent en hiver comme en été. On distingue quatre zones en Asie Centrale et le Kazakhstan du Sud.

Zone A — zone avec prédominance de l'entretien à l'étable en hiver caractérisée par des conditions propices au cours de la pâture estivale. Cette zone couvre l'extrémité sud des valonnements de Kazakhie.

Zone B — zone où l'on combine l'entretien des moutons à l'étable avec la pâture, souvent compliquée en période estivale pour les moutons à poil fin. Elle couvre la partie septentrionale de la dépres-

sion de la Caspienne, les contreforts nord du Bethpak-Dala, et la façade nord du lac Balkhach.

Zone C — zone caractérisée par la combinaison pâturage/étable en période hivernale; conditions rigoureuses pour les moutons à poil grossier en hiver et les moutons à poil fin en été. Cette région couvre la partie sud de la dépression caspienne, le plateau d'Emben, Oust-Yourt, la partie sud du Bethpak-Dala et le désert du Mouyon-Koum, la façade sud du lac Balkhach et la partie nord du Kyzyl-Koum.

Zone D — zone à prédominance de pâture en hiver et des conditions exceptionnellement rigoureuses en saison estivale pour toutes les races ovines. Cette zone s'étend sur la partie sud du Kyzyl-Koum et le désert du Kara-Koum.

L'ensemble des mesures ayant trait à l'exploitation rationnelle des pâturages naturels et à l'élévation de leur rendement devrait également inclure celles visant à améliorer les conditions d'entretien des bêtes. Ainsi en été dans la sous-zone désertique, la zone «D», en l'occurrence l'on a intérêt à pratiquer la pâture la nuit en vue d'obtenir le gain de poids en période torride. En faisant paître les bêtes la nuit en période torride le gain consiste à éviter les pertes de poids du cheptel femel et contribue à protéger le jeune bétail. Parmi les mesures destinées à éliminer les excès de chaleur on prévoit l'aménagement des parasols et des plantations de verdure. Il importe de souligner le rôle que celles-ci jouent en période hivernale.

Le service hydrométéorologique spécialisé des terrains de parcours est l'ensemble des données synoptiques, hydrologiques et agrométéorologiques à savoir: prévisions météo et avertissements en cas de brusque détérioration des conditions climatiques, diverses prédictions agrométéorologiques portant sur le rendement des pâturages, délais de reprise de végétation, dépérissement et reconstitution automnale des peuplements herbacés, évaluation des conditions de pâture, de transhumance et de tonte etc. Tout cela est de nature à répondre aux exigences de l'élevage moderne.

Dans les régions arides les variations des facteurs climatiques sont les plus brutales. Les valeurs extrêmes de tels ou autres facteurs climatiques sont susceptibles d'affecter les végétaux et les animaux et d'entraîner dans certains cas l'extinction rapide ou la léthargie des cycles de vie fondamentaux. C'est pour cette raison précisément que les services hydrométéorologiques du Kazakhstan et des républiques d'Asie Centrale attachent une grande attention à la mise à la disposition des éleveurs des données agrométéorologiques sans oublier pour autant l'étude des conditions agroclimatiques des régions arides. Les pâturages des zones arides ont vu l'apparition d'un réseau ramifié de stations météorologiques. A l'heure où nous sommes ce réseau compte 150 stations. Ces services outre les observations météo de routine sont également chargés de pourvoir à l'étude agrométéorologique de la croissance et de l'évolution des

plantes, des réserves d'eau dans le sol, des conditions de pâture du bétail et du déroulement de multiples activités dans l'élevage tout comme à la recherche des itinéraires de parcours. Les données ainsi recueillies sont mises à profit lors de l'établissement des prévisions météorologiques et d'autres documents à caractère informatique. D'autre part, les stations en question ont pour tâche de porter régulièrement à la connaissance des éleveurs concernés les données météorologiques et leur signaler en temps opportun le risque des calamités naturelles.

Considérons les caractères les plus significatifs du service agrométéorologique dont bénéficient les éleveurs. Les postes météorologiques, les observatoires hydrométéorologiques par zones, les bureaux hydrométéorologiques des régions, les stations météorologiques et les techniciens chargés des liaisons radio sont autant de maillons appelés à assurer le fonctionnement de cet important service.

Les postes météorologiques mettent au point des bulletins météo destinés aux éleveurs de la région concernée. Les prédictions sont lancées à périodicité de 5 à 8 jours pouvant le cas échéant faire l'objet de corrections restrictives réduisant la marge de probabilité à 2-3 jours seulement. Les avertissements

des phénomènes hydrométéorologiques à craindre sont communiqués aux régions d'élevage concernées avec une marge allant de plusieurs à 24 heures.

Les bulletins journaliers et par décades sont les principaux moyens d'information rédigés par les agrométéorologistes affectés aux postes météo. Les bulletins journaliers rendent compte de toute anomalie climatique susceptible de perturber le travail des éleveurs, font également état de pâture du cheptel, du déroulement de la mise à bas, de tonte, de l'état des parcours. Les compte-rendus réguliers se penchent sur les conditions de pâture en saison hivernale, la croissance et l'évolution de la végétation. Les prévisions à long terme servent à renseigner les agriculteurs.

Le bureau hydrométéorologique se propose d'informer les organismes de district et régionaux, les kolkhozes et les sovkhoses en faisant appel aux stations météo et radio. Les bulletins météo sont diffusés deux fois par jour et peuvent le cas échéant mettre en garde les populations contre d'éventuelles calamités naturelles. Les services météo travaillent d'après le plan corrigé tous les ans qui fixe la séquence de lancement des bulletins météo et des avertissements et le mode de leur communication aux éleveurs.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ressources agroclimatiques de la région de Boukhara. L. Hydrométéoizdat, 1972 (en russe).
2. Ressources agroclimatiques de la RSS de Turkménie. L. Hydrométéoizdat, 1974 (en russe).
3. Babouchkine L.N. Description agroclimatique de l'Asie Centrale. Université de Tachkent, Fasc. 236, 1964 (en russe).
4. Babouchkine L.N. Koguai N. Les régions physiques et géographiques de la RSS d'Ouzbékic. Tachkent, «FAN», 1971 (en russe).
5. Balachova E.N. Description climatique des Républiques de l'Asie Centrale L. Hydrométéoizdat, 1960 (en russe).
6. Blagovetchensky E.N. Types écologiques des déserts. DAN Tadjik, URSS, n° 1, t. XI, 1968 (en russe).
7. Valter G. La végétation du globe terrestre. M. «Progrès», 1968 (en russe).
8. Grigoriev A.A., Boudiko M.I. Classification des climats de l'URSS. Académie des sciences de l'URSS, n° 3, 1959 (en russe).
9. Gringoff I.G. La végétation de pâturage du Kyzyl-Koum et le temps. L. Hydrométéoizdat, 1967 (en russe).
10. Zoubénok L.I. L'évaporation dans les déserts du monde. La mise en valeur des déserts, n° 4, 1977 (en russe).
11. Mirochnitchenko Yu.M. Particularités de la dynamique saisonnière de productivité dans les phytocénoses de la région aride afro-asiatique. Journal botanique, n° 8, v. 50, 1975 (en russe).
12. Nétchayéva N.T. La dynamique de la végétation de pâturage du désert du Kara-Koum sous l'impact de conditions météorologiques. Achkhabad. Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, 1958 (en russe).
13. Orlovsky N.S., Volossuk Z.I. Le climat et l'élevage sur pâturage en Turkménie. Achkhabad. «Ilim», 1974 (en russe).
14. La désertification: aperçu général. Conférence de l'ONU sur les problèmes de la désertification. Nairobi, 1977.
15. Fédocéev A.P. Le climat et les herbes du Kazakhstan. L. Hydrométéoizdat, 1964 (en russe).
16. Tchekéres A.I. Le temps, le climat et l'élevage sur pâturage. L. Hydrométéoizdat, 1973 (en russe).
17. Tchéthyrkin V.M. L'Asie Centrale. Tachkent, 1960 (en russe).

INDICATION DE DISTANCE ET LA CARTOGRAPHIE DES PATURAGES

par B.V. Vinogradov. Docteur en géographie, collaborateur scientifique supérieur de l'Institut de ~~Océanologie~~ ~~de l'Académie des Sciences de l'URSS (Lénin-grad)~~

Les terrains occupent environ 40 % des ressources des sols de la terre ferme; la plus grande partie de cette surface se trouve à l'état de surpâturage et demande une amélioration. Au moins 20 % de la superficie des terrains de pâturage sont dans un état désastreux et sont exclus du fond des terrains de pâturage à titre de terres inutilisables. Les cartes des pâturages deviennent vite périmées et exigent des révisions périodiques. Ces révisions doivent être, suffisamment, fréquentes, elles doivent se faire à l'intervalle de 7 à 10 ans au moins. Compte tenu de grandes superficies des terrains de pâturage et la nécessité des révisions périodiques des cartes des pâturages, la seule solution du problème de monitoring des écosystèmes des pâturages consiste à l'implantation massive de méthodes aérospatiales.

Depuis longtemps, on a fait recours aux méthodes d'exploration à bord d'avion pour la cartographie des pâturages dans la toundra et dans les déserts [1-11].

Il existe une série d'ouvrages méthodologiques [12 à 16] dans lesquels les méthodes aérospatiales de la cartographie des pâturages sont exposées à un niveau moderne.

Télé-détection de la composition de la végétation des pâturages

La composition de la végétation des pâturages est reconnue sur les photographies aérospatiales à l'aide des indices établis au cours de l'interprétation géobotanique. Il existe des indices d'interprétation et des étalons photographiques de la végétation des pâturages pour de différentes zones géographiques. On a, par exemple, décrit les indices et les méthodes d'interprétation des types de la toundra correspondant aux formations végétales et aux classes d'associations. Pour la zone de la toundra de l'URSS, de la Norvège, de l'Alaska [1, 3, 17, 18], dans la zone forrestière de l'URSS, de l'Europe, des Etats-Unis et du Canada la cartographie des pâturages naturels est faite dans le cadre de l'aménagement général des terres et des forêts en raison du caractère fragmentaire des terrains pâturables [5, 9, 20, 21]. Dans la zone des steppes de l'URSS et des Etats-Unis, les pâturages de graminées xérophiles sur les terres non arables ont, également, fait l'objet d'une interprétation [12, 21]. La grande majorité des travaux est consacrée à l'identification de la végétation sur les pâturages désertiques et semi-désertiques de l'URSS,

des Etats-Unis, de l'Afrique et de l'Australie [7, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Dans les zones de forêts tropicales et des savanes des pays en voie de développement, de l'Afrique et de l'Amérique Latine, le levé aérospatial des pâturages revêt une importance capitale [28, 29, 30]. Dans ces pays les pâturages sont fortement dégradés, ce qui entraîne les processus de désertification et la transgression de déserts vis-à-vis des savanes, des steppes et des semi-déserts.

L'expérience de l'interprétation de la végétation montre que, si les conditions de prises de vue sont optimales, les terrains-clefs sont en nombre suffisant et l'extrapolation se fait correctement; les photographies à 1 : 10 000 permettent de reconnaître les groupes d'associations, celles à 1 : 30 000 les classes d'associations, à 1 : 100 000 et les prises de vue spatiales les formations, à 1 : 300 000 les groupes de formations, à 1 : 1 000 000 et au-delà, les classes de formations et les types de végétation. Nous ne parlerons pas, ici, des indices, de la certitude et de la méthodologie de l'interprétation, car ces problèmes sont traités dans des monographies consacrées à l'interprétation géobotanique.

Télé-détection des structures spatiales des écosystèmes des pâturages

L'interprétation des structures spatiales (morphostructures) constitue le fond de la cartographie des pâturages. Elle peut être étudiée à des niveaux différents: subélémentaires (locaux, régionaux, zonaux). La cartographie à distance ne peut donner de bons résultats que si les structures spatiales sont examinées à tous les niveaux par des méthodes terrestres et aérospatiales combinées.

Aux niveaux subélémentaires la cartographie de morphostructures s'effectue à l'aide de macrophotographies (épreuves à l'échelle supergrande): structures de population — à l'échelle 1 : 100 et plus que cela, parcellaires — 1 : 300; mozaïques — 1 : 1 000 et fragmentaires — 1 : 3 000. Ces levés s'effectuent du bord d'avion, d'hélicoptère et de miradors mobiles. De telles prises de vue d'échelle supergrande ont lieu lors de l'inspection stationnaire des écosystèmes de pâturage. Ainsi, au niveau des populations se sont réalisées, à l'aide de miradors, les prises de vue des associations *Artemisia paucifloram* — l'échelle 1 : 30, avec les agrandissements de l'aérophotographie, — de *Calligonum caput medusae*, *Salsola richteri*, *Ammodendron conollyi*, *Aristida pennata* (l'échelle choisie est 1 : 300) etc. (fig. 1). A l'aide des agrandis-

séments de l'aérophotographie – 1 : 300 - 1 : 1 000 ont été identifiées et décrites les morphostructures parcellaires et mozaïques – phytogènes, zoogènes, éoliennes, litogènes. Dans le cadre de la cartographie des pâturages, les levés de structures fragmentaires des complexes élémentaires (l'échelle 1 : 3 000) effectués dans la zone de semi-désert de la région de la mer Caspienne et au Kazakhstan représentent le plus grand intérêt.

Au niveau élémentaire de l'étude des pâturages se révèlent les terrains d'associations (l'échelle de l'aérophotographie étant 1 : 10 000, jusqu'à 1 : 30 000). Les études au tel niveau s'effectuent sur les terrains-clefs et sur les aires sélectionnées selon les instructions existantes pour la formation et le choix de la matière d'étude et pour l'établissement des étalons et des clefs appropriés.

L'inconvénient principal propre à la détection de contours des pâturages et à leur cartographie consiste en complexité de la généralisation des inhomogénéités spatiales élémentaires soumises en tant que la base à la description de la végétation, d'une part, et en pluralité des facteurs de classification des types de pâturages, d'autre part.

Une des méthodes les plus efficaces de l'intégration des contours de pâturages est celle «de paysage». D'après cette méthode on détecte, avant tout, les complexes territoriaux originaires de caractère général à travers le grand nombre des indices de corrélation mutuelle; ensuite, ces complexes sont interprétés au point de vue de leur caractère d'exploitation et économique (pâturages, unités économiques de l'exploitation de l'eau). Evidemment, cela néces-

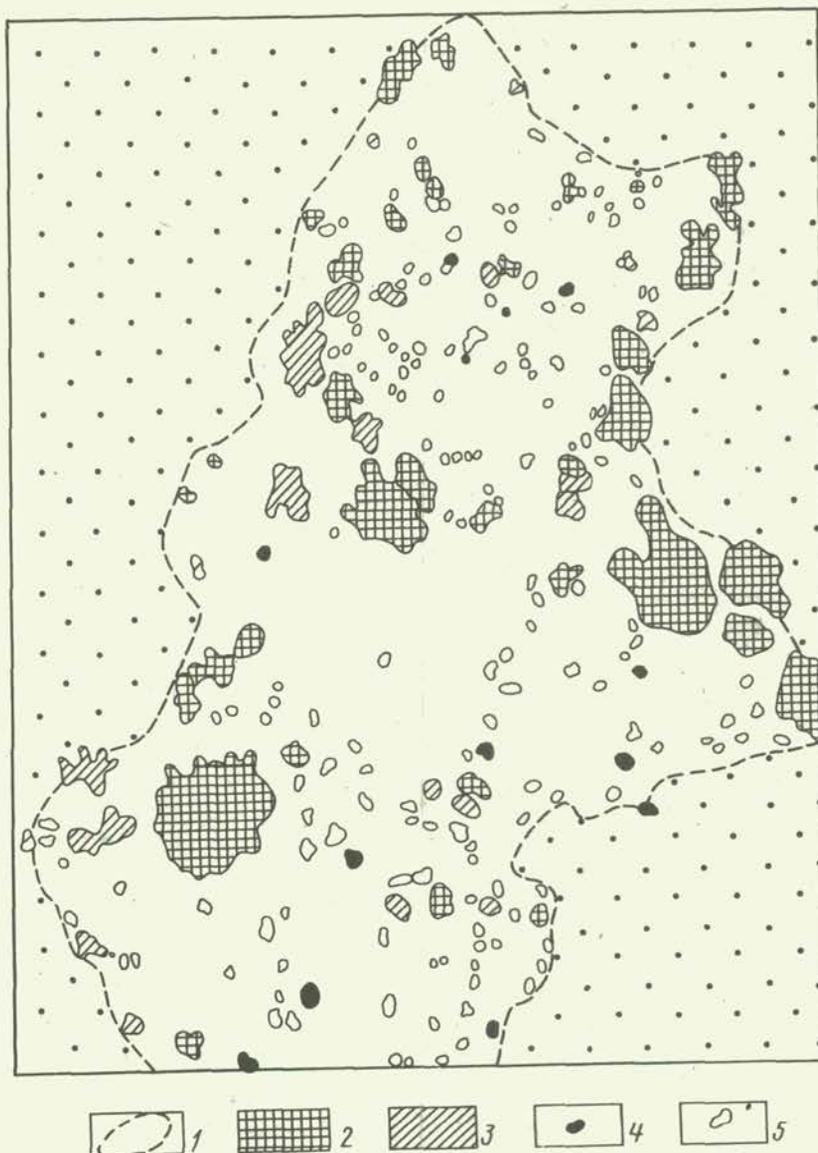


Fig. 1. Un fragment d'une carte à l'échelle supergrande d'une surface expérimentale d'un terrain de pâturage; l'échelle 1:250 au niveau de population, rédigée d'après la prise de vue 1:2 000:

- 1 – *Calligonum caput-medusea*; 2 – *Salsola richteri*; 3 – *Ammodendron conollyi*; 4 – *Stipagrostis pennata*; 5 – limite d'une surface expérimentale

site la recherche des informations économiques supplémentaires. Or, les morphostructures de paysage déterminent le volume des combinaisons des unités élémentaires, la configuration des contours des terrains de pâturages, les dimensions et la position des terrains-clefs ainsi que les aires de l'extrapolation des indices de déchiffrement. On a proposé un rapport d'échelle entre les unités de paysage et celles de pâturage.

La méthode «de paysage» sert de base de l'évolution de toutes les méthodes modernes du déchiffrement des photographies aérospatiales, descriptif et hybride automatisé.

Compte tenu d'une forte inhomogénéité spatiale à l'intérieur du contour, la synthèse de celui-ci s'effectue par la généralisation des aires d'associations en simples combinaisons. Cette technique de la synthèse du contour d'étude à la base des descriptions des terrains élémentaires des associations a été élaborée, pour la première fois, sur un terrain-clef du Kara-Koum du Sud. Dans les limites du groupe des pâturages de complexe de «banc-takyr» on révèle, à l'aide des photographies aériennes (1 : 10 000) les corrélations complexes des associations. C'est ainsi que dans les limites d'un type de pâturage de la zone de sable de petit banc-ondulé se font détectées les associations: d-ass. *Calligonum setosum* + *Salsola richteri-Artemisia badhysi* avec la réserve fourragère — 0,18 t/ha; e-ass. *Artemisia badhysi-Carex physodes* — 0,24 t/ha; f-ass. *Salsola arbuscula* — *Artemisia badhysi* + *Salsola rigida* — *Carex physodes* — 0,16 t/ha; g-ass. *Artemisia badhysi* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum* — 0,20 t/ha; h-ass. *Artemisia kemrudica*; *Salsola gemmascens* — 0,07 t/ha; i — «takyr» — 0,01 t/ha.

Dans les limites de ce type des terres de pâturage on détecte, à l'aide des aérographies, des terrains des associations, et, on procède, ensuite, à l'établissement du rapport de leurs superficies (faute à 10 %) ce qui permet de classifier les différents contours de production:

n° du contour	corrélation des associations du contour	réserve intégrée fourragère dans le contour, t/ha
1.	1d + 5e + 3f + 1i	0,19
2.	1d + 4e + 1f + 2h + 2i	0,15
3.	2d + 5e + 2f + 1i	0,19
...
Moyen pour un type des terres	1d + 5e + 2f + 1h + 1i	0,18

Etant donné le nombre de types des associations beaucoup moins grand que celui de leurs combinaisons différentes au point de vue de la composition et la corrélation, il est possible, à la suite de la détection (Q ne dépasse pas 10%) et (P n'est pas inférieur

à 0,9) sur les terrains-clefs, de déchiffrer les contours de production à l'aide du levé aérien sans visiter les champs au moins dans le cadre d'un seul type des terres. De ce fait, le contour de production sert d'une unité élémentaire de la cartographie de macro-échelle des pâturages. La nécessité de la description détaillée du contour de production demande les aérographies 1 : 10 000 — 1 : 30 000 lors de la saison optimale pour le levé. Dans le cas de deux ou de plusieurs phytorythmotypes, les levés de saisons différentes sont recommandés. Une information utile peut être reçue de même, à l'aide des photographies à l'échelle moins grande (par exemple, le relief, des classes de pâturages) 1 : 30 000 — 1 : 100 000. Une information limitée sur le contour de production (l'état phénologique des édificateurs, la biomasse verte intégrale, terrains de surpâturage) peut être apportée par de levés spatiaux à résolution 30–100 m et à l'échelle 1 : 300 000 — 1 : 1 000 000.

Lors de la généralisation, les contours de production (na) sont réunis et rapportés au même type des terrains fourragers (mi) d'après la composition des édificateurs alimentaires et les conditions écologiques. Cette catégorie se caractérise d'un seul type de l'exploitation économique rationnelle et celui de l'amélioration agrotechnique. Les types des terrains fourragers sont reconnus et cartographiés tant à l'aide des photographies aériennes à l'échelle moyenne que d'après les prises de vue spatiales à résolution de 30–100 m.

La composition d'une espèce de terrains de pâturage est définie en fonction de la moyenne pondérée de la composition des contours de production. La synthèse se fait par la méthode de généralisation pas à pas selon les règles de la combinatoire:

$$na = amo_1 + bmo_2 + \dots + qmo_n$$

$$mi = ana_1 + bna_2 + \dots + qna_n$$

Aux débuts de l'évolution des techniques aérospatiales lorsqu'on ne disposait pas de méthodes ni d'indices suffisamment valables, le déchiffrement des contours avait lieu dans les champs et consistait en détermination des frontières entre les contours, et de l'emplacement de chaque contour — la visite de chaque contour dans le champ était obligatoire. Cette méthode de déchiffrement de chaque contour à tour de rôle n'était pas efficace mais n'exigeait pas de l'emploi du personnel qualifié. L'évolution de la technique du levé aérospatial, l'élaboration de la méthode «de paysage» du déchiffrement ont fait apparaître une nouvelle méthode combinée du déchiffrement des prises de vue comprenant aussi bien le déchiffrement de chaque contour sur le terrain effectué sur les terrains-clefs (l'étalonnage) que celui des contours non visités effectué au bureau (l'extrapolation). Cette méthode de l'étude échantillonnée dans les champs accélère la cartographie de 2–4 fois, réduit le besoin de main d'œuvre de 1,5–2 fois, mais

exige l'emploi du personnel de haute qualification.

Finalement, on a élaboré un schéma technologique de la cartographie des pâturages à l'aide des photographies aérospatiales. Ce schéma comprend cinq étapes: I – le déchiffrement préliminaire; II – l'étalement des terrains; III – l'extrapolation; IV – visite d'inspection de champs; V – le déchiffrement définitif et la cartographie. D'après le schéma technologique typique au cycle de travail d'un an, les dépenses du temps pour les étapes sont: I – 10–15 %; II – 20–30 %; III – 10–20 %; IV – 5–15 %; V – 30–35 %.

Une des tâches principales du déchiffrement combiné des photographies aérospatiales consiste en détermination de l'importance des terrains-clefs et leur étude. Un terrain-clef c'est une telle combinaison minimale choisie d'éléments morphologiques de l'écosystème (ici, le type du terrain fourrager) qui caractérise la composition, la proportion, les références d'une toute combinaison générale dans les limites de l'aire de l'extrapolation, compte tenu de la probabilité donnée P et une erreur admissible Q . L'établissement des dimensions de la superficie d'un terrain-clef (en fonction de la profondeur de l'étude détaillée) s'effectue aux valeurs appropriées de $P = 0,90$ à $0,95$ et de $Q = 10$ à 5 %.

Une expérience appropriée du déchiffrement de l'importance d'un terrain-clef avec des prises de vue aériennes, par les méthodes de la régression «territoriales-phytocénotiques» à une déclinaison moyenne quadratique de l'indice variable et selon le facteur de dispersion est déjà obtenue. Les paramètres d'un terrain-clef sont différents pour les situations géographiques diverses (fig. 2). Ainsi, par exemple, l'association de type *Haloxylon aphyllum* – *Carex physodes* aux sols désertiques sablonneux à la valeur de $P = 0,95$ et celle de $Q = 10$ %, a un terrain-clef approprié aux mesures $0,25$ – $0,75$ ha, et à la valeur de $Q = 5$ % – 3 – 10 ha.

Les complexes élémentaires avec la distribution de fragments fortuite à la valeur de $P = 0,95$ et celle de $Q = 10$ % procurent un terrain-clef de 1 ha, environ; les complexes à la distribution spécialisée – plus de 2 – 5 ha. Les paramètres d'un terrain-clef (minimum aire) augmentent avec la dégression de l'échelle de la cartographie:

1 : 10 000	1 – 10 ha	1 – 300 000	10 – 100 km ²
1 : 30 000	10 – 100 ha	1 – 1 000 000	100 – 1000 km ²
1 : 100 000	100 – 1000 ha	1 – 3 000 000	1000 – 10 000 km ²

La détermination des dimensions d'un terrain-clef minimal est, étroitement, liée à la détermination de la surface relative ou du nombre de visites d'inspections sur place des contours, nécessaires pour le déchiffrement des photographies aérospatiales. D'après cette expérience, la superficie relative appropriée soumise aux visites nécessaires de contours varie, considérablement, en fonction de la situation géographique, de l'échelle de la cartographie, de la qualité de photomatériaux et des buts de l'étude dans l'intervalle de 2 à 25 % de la totalité de la surface, faisant au moyen 6 – 11 %. Dans le cas de petites échelles de la cartographie à l'aide de prises de vue spatiales lors de simples études (par exemple, le renouvellement des cartes), à condition d'une grande expérience et haute qualification du personnel, le volume de terrains-clefs de choix s'est réduit jusqu'à 2 – 5 %. Au contraire, dans le cas de grandes échelles de la cartographie, de la banque des indices de déchiffrement insuffisante, du niveau bas de méthodologie du déchiffrement, la grandeur du terrain-clef s'accroît jusqu'à 25 % et, dans certains cas, jusqu'à 40 % de la totalité.

Une phase finale du déchiffrement combiné de la détection des pâturages est la définition des aires d'extrapolation des indices de déchiffrement d'après «paysages-analogues». L'extrapolation des indices de déchiffrement – c'est l'application (la transition)

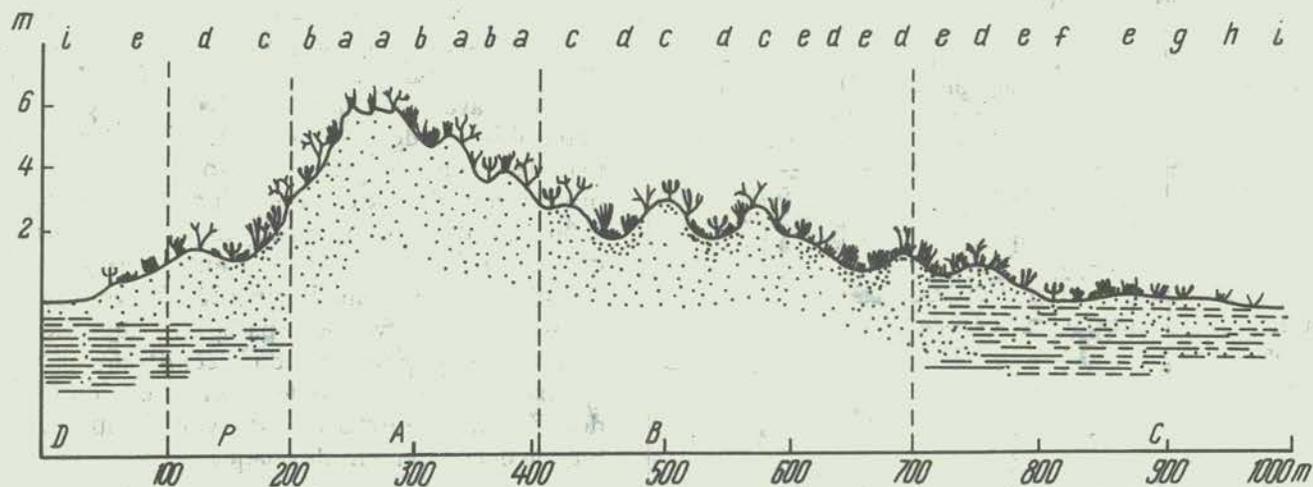


Fig. 2. Un profil topo-écologique d'un terrain-clef dans la région de banc de sable – «Takyr» de Kara-Koum. Des petites lettres – des terrains élémentaires des associations mo. Des lettres majuscules – des combinaisons simples d'associations na correspondant aux genres de terrains fourragers

des indices des terrains-clefs où ils étaient détectés et vérifiés sur les contours non visités.

Suivant le besoin d'avoir la cartographie plus détaillée ou moins détaillée, l'extrapolation de longue distance s'effectue le long des zones géographiques pour milles de km d'après le type «paysages-analogues», régionale — dans les limites des régions à des centaines de km d'après les classes «paysages-analogues»; locale — dans les limites des localités d'après les genres «paysages-analogues» et type «localités-analogues» pour des dizaines et centaines de km, l'extrapolation détaillée — d'après les «localités-analogues» et des «terrains de production-analogues» pour des dizaines de km. «Paysages-analogues», ici, — ce sont les géosystèmes, dont la composition, la configuration, la corrélation et la dynamique des éléments varient dans les limites de déviation acceptées. De telles techniques ont permis de déchiffrer, par exemple, par la méthode d'extrapolation de longue distance, les classes de terrains de pâturage de désert de Syrie, pour réaliser ensuite la cartographie à l'échelle 1 : 2 500 000 avec les photographies aériennes 1 : 50 000, et en utilisant les indices déchiffrés pour les déserts de l'Asie Centrale. L'extrapolation détaillée a été appliquée pour la cartographie de terrains fourragers de la région Sarpinski de la R.A.S.S. de Kalmykhie à l'échelle 1 : 100 000, par des prises de vue aériennes 1 : 10 000 — 1 : 25 000 sur la superficie de 4000 km² avec l'utilisation des indices, élaborés sur de vastes terrains qui occupaient moins de 25 % de totalité de territoire.

L'application du levé aérospatial multizonal a attribué un grand intérêt aux problèmes du traitement des données, obtenues dans les différents intervalles de spectre.

Lors de la cartographie des pâturages les intervalles spectraux de 0,6–0,7 et 0,8–1,1 μm sont les plus informatifs et pour certaines écosystèmes (par exemple, les écosystèmes mézoguigromorphes) les sont aussi les intervalles de 0,5–0,6 μm . Si les probabilités du déchiffrement correct des photosynonymes d'après la densité du teint de l'image varient beaucoup dans les limites de 0,6–0,9 μm l'utilisation des images bizonales et trizonales fournit les probabilités du déchiffrement correct de 0,75 à 0,95 μm ce qui, à son tour, correspond aux exigences de la cartographie thématique conditionnée ($P \geq 0,9$). Les critères principaux de déchiffrement automatique sont les niveaux de la densité des images partielles et les corrélations interzonales (aussi bien positives que négatives) de l'intensité des signaux dans les différents intervalles du spectre. Etant donné que les procédés automatiques ne sont pas encore en mesure d'utiliser pleinement les indices du déchiffrement les plus informatifs et les plus corrects: tels sont les indices de texture et de paysage, le déchiffrement instrumental ne peut être égalisé à celui aux méthodes visuelles qui reste beaucoup plus riche en détail thématique. C'est ainsi que l'expérience mentionnée du déchiffrement automatique s'arrête aux détails des

groupes et des classes de formations tandis que la cartographie conditionnée des pâturages aux échelles 1 : 100 000 — 1 à 300 000 nécessite le détaillement propre à la détection de la végétation des classes d'associations et des genres de formations.

En outre de l'établissement des cartes de pâturages, «synthétiques», les méthodes de distance sont utilisées pour la réalisation des cartes analytiques de paramètres caractéristiques séparés de pâturage, et, premièrement, de celles du rendement de la biomasse verte aérienne des herbes, des arbrisseaux et de petits arbrisseaux. Le balayage aéroscopométrique ainsi que l'analyse des images multispectrales spatiales dans deux intervalles spatiaux — orange-rouge 0,6–0,7 μm et celui, attendant, infra-rouge 0,8–1,1 μm , permet de rédiger les cartes d'horizon de la productivité de saison fourragère. Une telle méthode permet d'établir les cartes de la biomasse verte aérienne dans l'intervalle de 0–3,0 t/ha (déviations jusqu'à $\pm 0,05$ t/ha pour les valeurs de la biomasse de 0,4–1,0 t/ha).

La cartographie phénologique des pâturages

Etant donné le changement considérable des caractéristiques de pâturages d'après les saisons, une grande importance est attribuée au rédiger des cartes de l'évolution de saison de la végétation de pâturage et de l'exploitation des pâturages en fonction des saisons différentes. En plus, le levé aérospatial successif des pâturages peut être utilisé pour la détection de déviations évolutives de la végétation de pâturages, l'année courante, par rapport à l'expérience de plusieurs années précédentes relative aux données moyennes de cette évolution, ainsi que pour la détermination des moments optimaux du levé aérospatial des écosystèmes de pâturage.

La cartographie phénologique des pâturages est effectuée par la comparaison visuelle ou instrumentale des images aérospatiales réalisées lors de différentes saisons. La comparaison des prises de vue aérospatiales de saisons différentes des deux dates a permis de rédiger les cartes phénologiques dichronnes pour la végétation de pâturage d'après les phytorythmotypes séparés. Ainsi, la comparaison de prises de vue faites au printemps (avril) et en été (août) effectuées dans les déserts de la Turkménie de l'Ouest, a mis au jour la présence de deux essentiels phytorythmotypes de pâturage.

Le premier — éphémères et éphéméroïdes avec la période de végétation (le printemps — le début de l'été) *Carex physodes*, *Bromus tectorum* et etc. donne un collet phénoptique avec la réduction de la biomasse verte et de la densité de l'empreinte positive. D'après la grandeur de la déviation phénoptique on détecte cinq niveaux de saison, environ, du changement phénologique de la biomasse des pâturages «de printemps — de début de l'été», par rapport des biomasses de mois d'avril et d'août (fig. 3).

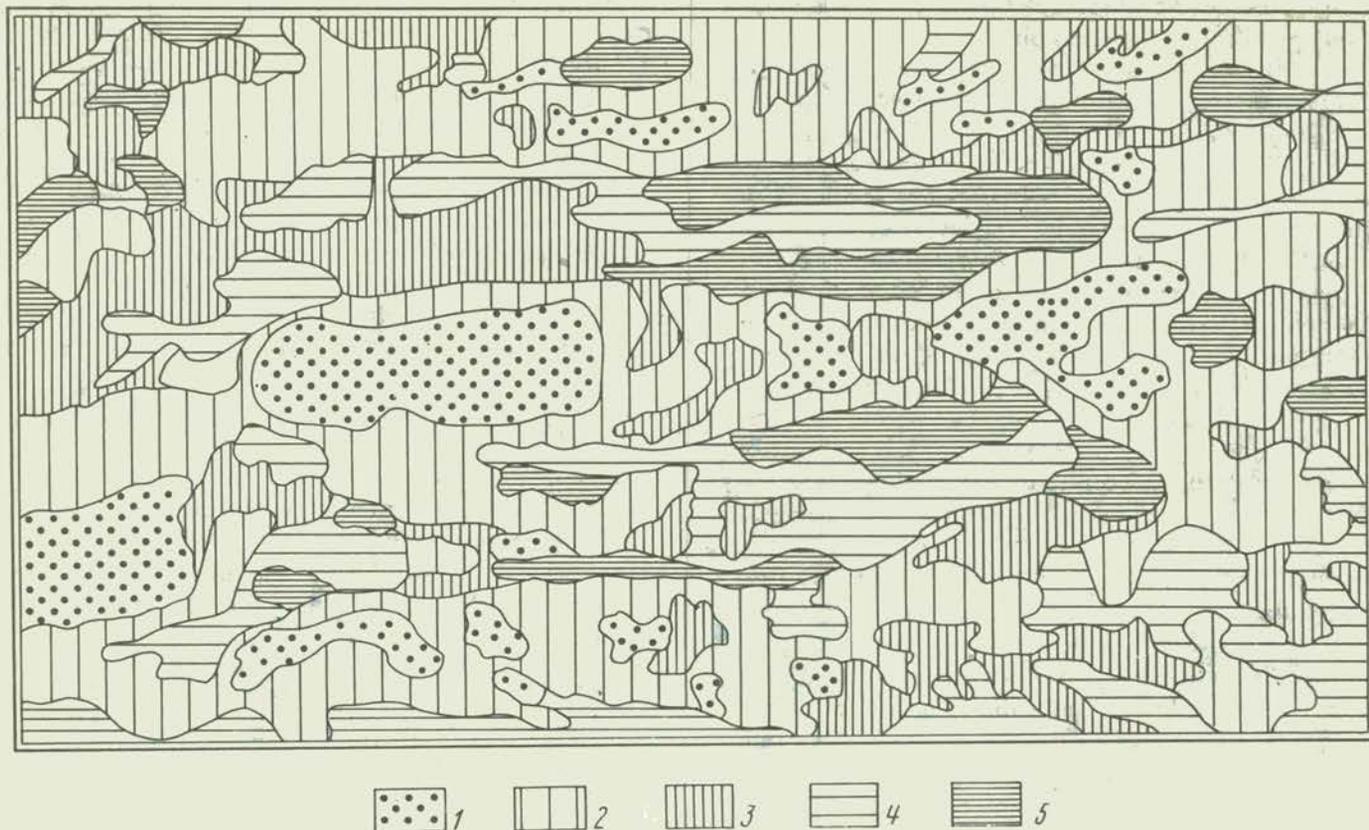


Fig. 3. Un fragment de la carte dichronne phénologique des pâturages de désert sablonneux, rédigée par l'analyse comparative des photographies à l'échelle 1:10 000 (avril et août):
 1 — rapport des réserves de la biomasse verte — 1 environ; 2 — environ 4; 3 — 5 à 9; 4 — 10 à 19; 5 — plus de 20

Le deuxième phytorythmotype de pâturage détecté à l'aide de prises de vue répétées comprend les arbrisseaux, les petits arbrisseaux, les sous-arbrisseaux galoxérophiiles à la période de végétation «fin de l'été» (*Salsola arbuscula*, *S. rigida*, *S. richteri*, *Artemisia kemrudica*, *A. lercheana*, *Kochia prostrata*) et les herbes de gazon et de rhizome (*Aeluropus litoralis*, *Cynodon dactylon*, *Alhagi persarum*) mézoguiophiles. Lors de la comparaison des photographies des pâturages de déserts argileux et pierreux, de terrains bas de prairie et de salifère, faites en avril avec celles d'août on constate l'apparition des points ou l'agrandissement des points de plantes à la reproduction différenciée ainsi que la densité accrue de la reproduction positive des herbes à la représentation intégrale. Dans ce cas même, il est possible de cartographier les changements saisonniers de la biomasse verte aérienne, d'après la grandeur de la déviation phénoptique.

L'analyse comparative de prises de vue aérospatiales de saison peut être soumise au traitement instrumental. Les prises de vue successives du même territoire mais effectuées lors des saisons différentes se transforment dans le système des coordonnées rectangulaires à une même échelle et s'étalonnent d'après la liaison fonctionnelle caractéristique entre la densité optique de l'empreinte et la luminosité de la surface. Ensuite, les valeurs de densité optique des points identiques d'une localité des empreintes

à comparer sont soustraites, successivement, selon les délais. Les différences, ainsi reçues, de paramètres photométriques révèlent des substitutions phénologiques. Les différences aux valeurs positives de la densité optique du négatif correspondent, par exemple, à l'accroissement de la biomasse verte aérienne; en même temps — aux plus hautes valeurs de différences, correspondent d'une façon appropriée, les plus grands accroissements de la biomasse pour une période comparée. Les différences aux valeurs négatives indiquent le séchage de certains édificateurs des pâturages qui a lieu en période «été-automne». En même temps, la grandeur de la différence se trouve en proportion directe avec la réserve de la biomasse verte pour une date initiale du levé. A la sortie, de telles correspondances optiques peuvent être représentées en forme d'une carte soit celle de tonalité soit celle phénoptique chiffrée (fig. 4). L'utilisation de prises de vue spatiales a un inconvénient lors de leur comparaison compte tenu de l'intégration de nombreux phytorythmotypes dans un seul point de reproduction. Or, dans les limites de certains «bioms» «spatio-homogènes», tels que les pâturages d'éphémères de déserts «forestiers», du Badkhyz ou des pâturages d'absinthe — éphémères de déserts sablonneux de Kyzyl-Koum, l'analyse comparative de photographies «de saison» donne de bons résultats.

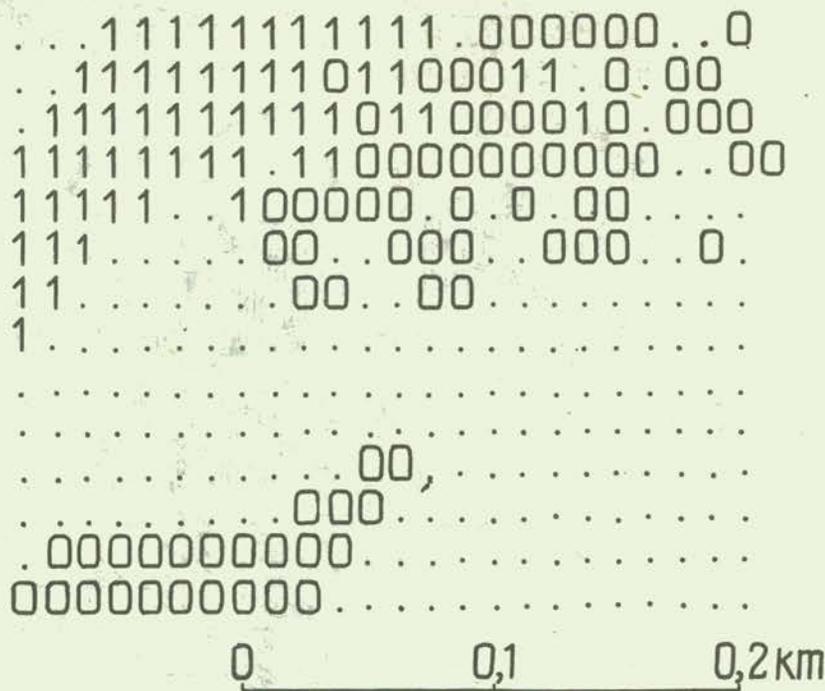


Fig. 4. Un fragment de la carte phénoptique chiffrée, rédigée sur les différences optiques de la densité des images de printemps et d'été:
 1 — accrue de la biomasse verte de plantes vivaces; 0 — variation de la biomasse dans les limites de mesure précis; • — réduction de la biomasse verte des éphémères de printemps et (ou) l'influence de facteurs pédologiques de saison

La cartographie de la dynamique et des modifications économiques des écosystèmes de pâturage

Les aspects les plus actuels de la cartographie d'aujourd'hui sont le renouvellement des cartes de pâturages existantes, la détection et la cartographie de l'évolution des terrains de pâturages, surtout, leurs modifications économiques d'après le degré de leur intensité, de même que la détection de terrains de pâturage isolés et d'autres types des aires de pâturage.

Les modifications d'aménagements des pâturages se détectent d'après les changements de la composition et l'état de la végétation, la destruction des sols, le développement de formes secondaires anthropogènes d'érosions causé par le vent et l'eau ce qui constitue des paysages spécifiques anthropogènes. Leurs indices de déchiffrement se classent d'après les régions et selon les classes des écosystèmes de pâturage. Les indices les plus étudiés sont ceux de modifications d'aménagement économique pour la classe des pâturages de désert sablonneux.

Prenons, comme exemple, les modifications dans l'endroit aux sables, conventionnellement, originaires, mi-fixés de Kara-Koum à l'association *Haloxylon persicum* — *Carex physodes* (z) (fig. 5). Cette association étant couverte d'herbes à 40–75 % et plus, dans la période d'été au début, s'est reproduite à

une tonalité foncée (le fond des herbes est gris-foncé); sur ce fond se font marqués des points des arbrisseaux. Des tâches de sables non protégées, principalement, près des trous de rongeurs, occupent 1–4 % de la totalité de surface ce qui perturbe l'homogénéité de l'écosystème, mais à la fois, contribue à son rajeunissement et à sa stabilité.

Il ne faut pas confondre les modifications conventionnellement, originaires, avec celles protégées de pâturages inexploités à l'association *Haloxylon persicum* — *Carex physodes* — *Tortula desertorum* (Z). La dégradation des pâturages inexploités se déchiffre facilement d'après la tonalité du fond foncé de la couverture d'herbo-lichen aux points clairs de bouges autour des buissons du saxaul atrophie.

Ensuite, se déchiffrent des modifications d'aménagement phénotypiques des pâturages, causées par la consommation fourragère lors de la saison courante. Elles sont proches de celles, conventionnellement, originaires, mais se diffèrent des dernières par les paramètres phytocénométriques et, premièrement, par une valeur basse de la biomasse aérienne de la végétation consommée. Sur les prises de vue aérospatiales ces pâturages se distinguent par un fond plus clair, mais les indices spécifiques de dégradation sont absents. Leurs limites ne sont bien exprimées que sur les terrains de pâturage clôturés où le long

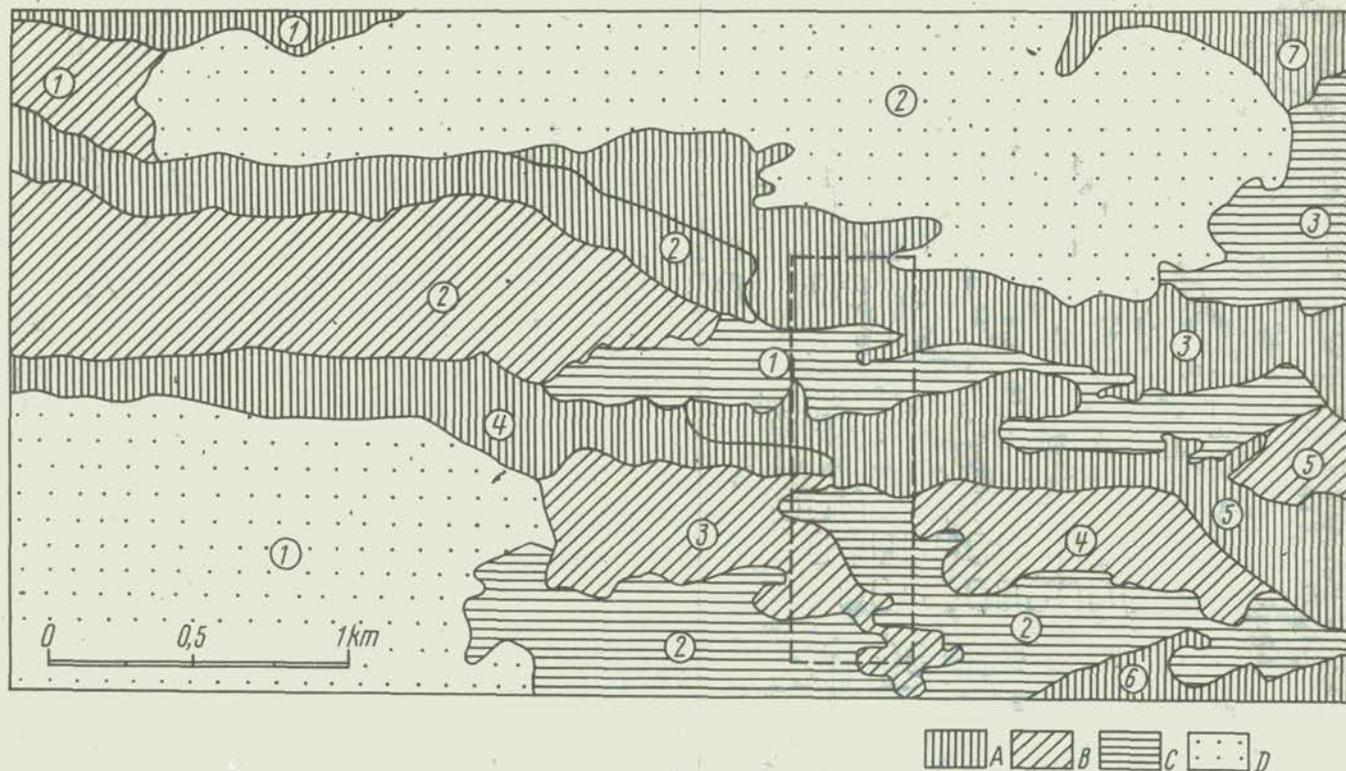


Fig. 5. Un fragment de la carte des genres de terrains fourragers (A, B, C, ...) et des contours de production (1, 2, 3, ...) l'échelle 1:25 000, le complexe de banc de sable — takyr des Kara-Koum de Sud, rédigée avec les photographies aériennes 1:10 000 et les étalons de déchiffrement à partir du terrain-clef (un rectangulaire à une limite intermittente) et par l'extrapolation le long des terrains de pâturages aux points de contrôle

de la clôture se contrastent, clairement, des contours de production fourragers usés et non usés ce que l'on aperçoit même sur les photographies spatiales à résolution de 70–100 m. De telles modifications phénotypiques se reconstituent en un an.

Les modifications économiques du premier ordre (A^I) se diffèrent des modifications, conventionnellement, originaires par l'altération des performances phytocénométriques (la dégression de la hauteur, de la couverture végétale, de la biomasse, de la vitalité) surtout des plantes consommées; elles se distinguent aussi par une faible capacité de substitutions des subédificateurs dans le cadre des groupes d'associations. Le fond gris, ou gris-clair de la surface est propre à la dégression du couvremment herbassé jusqu'à 25–40 %. La superficie des tâches claires du sable non protégé près des trous de rongeurs et dans des endroits de la casse des buissons pour le chauffage s'augmente jusqu'à 5–9 %, ce qui ne menace pas encore la stabilité de l'écosystème. Des éphémères et des plantes annuelles se font implantées, les associations *Haloxylon persicum* — *Carex physodes*, *Bromus tectorum*, *Plantae annuae* se forment.

Les modifications ménagères du deuxième ordre (A^{II}) se caractérisent par la substitution de subédificateurs dans le cadre des classes des associations. Dans ce cas a lieu la perturbation de l'association de plantes, l'apparition d'une forte mosaïque de couverture, le couvremment du *Carex physodes* à une dégression atteint moins de 10 %, le couvremment végétal projeté baisse jusqu'à 10–15 %, les «psammophy-

tes» se font apparaître. Les tâches du relief de dune de désert occupent une place considérable — 10–15% et se représentent des foyers de déflation suivie. De tels terrains de pâturage se reproduisent à une tonalité grise-claire (plus ou moins), sur ce fond se font bien marqués les gros points de buissons psammophiles *Haloxylon persicum*, *Calligonum rubens*, *Ammodendron conollyi*, les points moins grands de sous-arbrisseaux *Mausolea eriocarpa*, *Convolvulus erinaceus*, les points anguleux des herbes de gazon *Aristida pennata* et les tâches du dessin de dune. C'est une semi-association *Fruticeta psammophyticae*, *Aristida pennata*, *Plantae annuae*.

Les modifications économiques du troisième ordre (A^{III}) se caractérisent par la substitution des édificateurs dans les limites de formations. La productivité baisse autant que le terrain est exclu de l'utilisation. Le dessin de dune des tâches du sable mouvant fait 16–25 % de surface. Sur le fond gris-clair des sols mal fixés se font voir de gros points rares des buissons «psammofils» et des herbes de gazon. C'est une agrégation de psammophytes *Aristida pennata*, *Calligonum arborescens*, *Ammodendron conollyi*.

Le stade dernier de la modification c'est la constitution des complexes de caractère secondaire anthropogène d'érosion causée par le vent (V). Elle se déchiffre facilement d'après le teint clair et les points solitaires de plantes-psammophytes au couvremment moins de 1–2 %, ainsi que par le développement du relief de dune sur une surface plus que 25 %.

Sur cette classification est basée la cartographie du degré d'intensité des pâturages à l'aide des prises de vue aérospatiales à toutes échelles: de l'échelle élémentaire pour les photographies aériennes 1 : 10 000 à celle régionale d'après les prises de vue spatiales à résolution de 100 m. Par exemple, au niveau élémentaire sur les photographies aériennes 1 : 10 000 autour du puits (la région d'Achkhabad) se marque bien un simple ensemble composé de toutes les modifications ménagères énumérées des pâturages de désert sablonneux (fig. 6). Une carte à une petite échelle des modifications économiques de pâturages d'éphémères de désert de loess d'une composition combinée a été faite avec la prise de vue effectuée du bord de «Salut-6» au début de l'été. Les terrains du surpâturage intense ($5A^{II}$), ($5A^{III}$) à la réserve fourragère intégrale moins de 0,1 t/ha se reproduisent par des taches de teint gris-clair près des puits et des localités. Les terrains du surpâturage modéré à une composition $3z3A^I 3A^{II} 1A^{III}$ se reproduisent par les bandes de teint gris, attenantes. Des territoires éloignés des puits à la réserve fourragère de 0,4–0,5 t/ha se représentent les terrains de surpâturage faible à une composition $7z2A^I 1A^{II}$

et se reproduisent d'un teint gris-foncé. Enfin, les pâturages protégés 9z1A donnent le teint plus foncé.

La technique la plus correcte et la plus perspective de la cartographie aérospatiale de la dynamique des pâturages, et celle du renouvellement des cartes de pâturage est l'analyse comparative de prises de vue successives du même territoire, effectuées par les intervalles de temps déterminés.

Avec une telle technique, après une transformation optique de chaque image et une transformation photogrammatique en une seule projection, les performances photométriques de l'image sont soumises à l'analyse comparative par point. A la sortie du système du traitement le signal différentiel procure l'espace, le signe et l'amplitude des changements écologiques lors de la période entre des levés. Ainsi, l'analyse comparative, instrumentale des photographies faites autour d'un puits au Kara-Koum Central a montré, en tant que le résultat de la construction d'une localité d'ouvrier, l'augmentation de la surface de sable de dune de désert de 70 % environ, par an. Les prises de vue spatiales successives de mêmes territoires illustrent la réduction annuelle de la surface

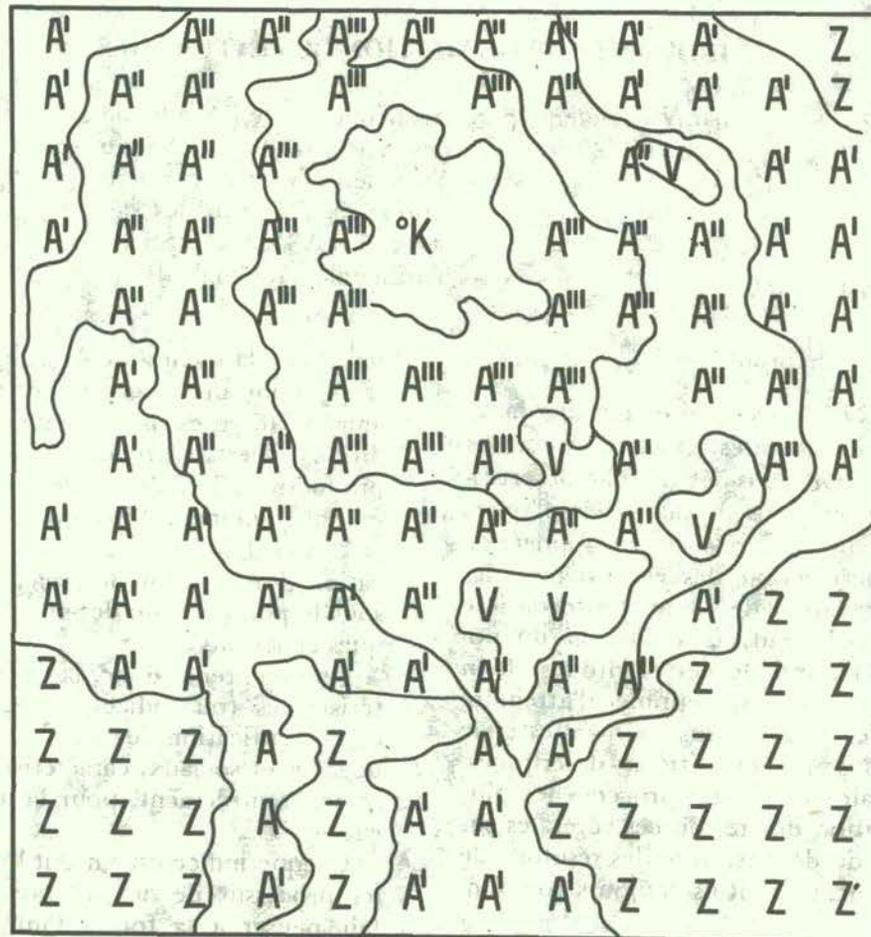


Fig. 6. Un fragment de la carte de modifications ménagères des terrains de pâturages de désert sablonneux, faite avec les prises de vue aériennes 1:10 000
 Z – conventionnellement, originaires; A' – condensés faiblement; A'' – condensés moyennement; A''' – condensés fortement; V – des sables «brisés», foyers d'inconfort

de pâturage causée par la construction, l'agriculture irriguée, des travaux minières etc.

Enfin, l'analyse aérospatiale des images des écosystèmes de pâturage peut être appliquée pour l'établissement des cartes de pronostic. Le pronostic de court délai est basé sur la comparaison de prises de vue répétées. L'enregistrement de la substitution des écosystèmes au passé et l'extrapolation linéaire de cette substitution pour le futur immédiat. L'expérience d'une telle analyse de système par la comparaison de prises de vue des années 1951–1957 a eu lieu à un terrain-clef de Kara-Koum du Sud. Toutes les transitions de la surface des contours y ont été rédigées ce qui permet de procéder à l'extrapolation d'une tendance de l'évolution de l'écorégion pour 20–25 ans avec la multiplication de la matrice de transition par le vecteur d'états finals. Ce pronostic a illustré une dégression importante de la superficie des sables fixés et mi-fixés, des sols non irrigués, d'une part, et, au contraire, l'augmentation de la su-

perficie de sables à une faible fixation et non fixés, de champs d'irrigation, de plantations, des localités, d'autre part. Le pronostic de long délai de l'évolution des écosystèmes de pâturage se base sur la cartographie des effets géophysiques des affectations anthropogènes, à priori, une tendance du «press» accroissant sur les écosystèmes est admise. D'après les prises de vue spatiales les terrains de pâturage condensés ont la capacité de réflexion et de rayonnement plus haute par rapport aux pâturages, conventionnellement, originaires. Cela, à son tour, intensifie le caractère stationnaire de l'atmosphère, diminue la nébulosité, atténue l'échange aérien régional, augmente la concentration de la poussière de l'atmosphère, diminue l'humidité relative de l'air. Tout cela, finalement, cause la réduction de taux des précipitations et contribue à la formation d'un collet écologique stable de la désertification des régions de pâturage.

INDICES DE DEGRADATION DES PATURAGES

par *N.T. Netchayéva*. Académicien de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. Conseiller scientifique de l'Institut des Déserts de l'AS de la RSS de Turkménie (Achkhabad)

Portée du problème

La dégradation des pâturages causée par une mauvaise gestion est une des manifestations du processus de la désertification. On sous-entend par désertification l'ensemble de processus physico-géographiques causés par des facteurs naturels et anthropogènes, qui entraînent la destruction des écosystèmes des zones arides, la dégradation de toutes les formes de vie organique et, finalement, la réduction du potentiel économique naturel de ces territoires. Bien que la désertification soit susceptible d'atteindre toute zone naturelle, le processus se manifeste, le plus nettement, dans les conditions désertiques. L'élevage en plein air est un des procédés les plus répandus de valorisation des ressources végétales sur de vastes territoires de déserts, aussi les résultats de l'utilisation des pâturages sont-ils toujours très sensibles.

La désertification a pour cause la stabilité insuffisante des écosystèmes des zones arides soumises à une utilisation intense, ces systèmes deviennent peu productifs et non renouvelables.

Les écosystèmes sur les pâturages souffrent le plus, lorsque des conditions climatiques défavorables,

telles que la sécheresse, sont aggravées par un cheptel trop important. Le désastre du Sahel au début des années 70, en est un exemple [6, 7]. En pareilles conditions, il est, extrêmement, difficile, de restaurer la productivité initiale ou de créer un nouvel écosystème, suffisamment, résistant.

L'état des pâturages et les processus de désertification dont ils sont le siège, doivent être considérés sous le point de vue des processus physiques, biologiques et sociaux.

On comprend, donc, la nécessité d'avoir des caractéristiques (ou indices) scientifiques des processus de désertification dus aux facteurs naturels, anthropogènes et sociaux, caractéristiques dont on pourrait se servir, utilement, pour la lutte contre la désertification.

Chaque indice est un outil qui sert à diagnostiquer les processus de désertification. Le terme «indice» fait penser à la fois à l'information qualitative et quantitative. Il reste applicable aux cas où, pour une raison quelconque, aucune information quantitative ne peut être dégagée. Néanmoins, il est, suffisamment, objectif et défini. Tout cela détermine l'envergure de son utilisation.

La nécessité d'attirer l'attention à la mise au point des indices du processus de désertification, de discuter leur contenu, de concrétiser les principales catégories des indices et leur caractère a conduit à l'organisation en 1977 à Nairobi (Kenya) d'un colloque international consacré à ce problème, dans la prévision de la Conférence des Nations Unies sur la lutte contre la désertification.

Les participants de ce colloque se sont donnés pour tâche de définir un certain nombre d'indices de désertification qui pourraient caractériser ce processus et contribuer à la réalisation de programmes de valorisation. Les indices servent à :

- déterminer la sensibilité des écosystèmes à l'égard de la désertification;
- prévoir le risque de la désertification avant que ce processus se fasse manifester;
- contrôler le processus dans les zones qui subissent ou risquent de subir la désertification;
- évaluer les conséquences des processus de désertification et mettre au point des programmes de lutte.

On distingue trois groupes principaux d'indices de désertification: indices physiques, indices biologiques (agricoles) et indices sociaux [4]. (Reining, 1977; Nétchayéva, 1978). Aux cas où les écosystèmes se trouvent sur un pâturage, chacun de ces trois groupes d'indices doit être pris en considération, car les animaux en pâturage agissent sur la surface du sol et font changer son état physique qui détermine la croissance et le développement des plantes. Les animaux consomment pour leur nutrition des parties importantes des plantes, ce qui affecte tous les stades subséquents de la vie des plantes: la productivité, la restauration. Le système de gestion et l'intensité d'utilisation d'un pâturage sont parfois définis par les conditions sociales du pays ou de la zone naturelle. Autrement dit, l'utilisation du terrain pour le pâturage se répercute d'une multitude de façons sur l'existence des écosystèmes dans la zone aride.

En étudiant la dégradation des pâturages, on doit accorder beaucoup d'attention, parmi les facteurs physiques, à l'état de la surface du sol. C'est le degré de fragmentation du sol qui détermine l'enfoncement des grains au cours du pâturage par piétinement et l'apparition des pousses. De même, l'état de la surface du sol définit la présence ou l'absence d'une telle ou telle espèce de plantes, qui réagissent, nettement, à toute variation des conditions écologiques.

Un indice biologique de l'état des écosystèmes sur le pâturage est le tapis végétal lui-même, plus exactement, sa densité, sa répartition sur la superficie, sa composition, les groupes d'âge au sein des cénopopulations, le rendement de la matière végétale.

Les indices d'origine végétale peuvent être représentés tant par des espèces isolées et leurs populations que par des associations végétales, vu que le pâturage fait changer non seulement la composition des espèces, mais aussi la structure interne des associations.

Les espèces des plantes - indices de dégradation des pâturages ne doivent pas, obligatoirement, être

dominantes dans la zone donnée. Ce peuvent être des sous-dominantes, plantes moins abondantes, voire même des ingrédients d'associations végétales mais qui réagissent à toute modification des conditions écologiques. Un indice, fort important, est le volume et la composition de la récolte, ainsi que le niveau de la production secondaire. A côté des plantes, on peut se servir de la présence des animaux sauvages et des insectes, comme d'un indice.

Il est bien connu, que la désertification doit être diagnostiquée d'après les indices physiques, biologiques et sociaux, mais les caractéristiques scientifiques plus détaillées (les indices particuliers) des catégories énumérées n'existent pas encore. En particulier, on connaît mal la répercussion de l'activité économique de l'homme sur la vie des écosystèmes des pâturages. On ne différencie pas assez les conséquences du pâturage, proprement dit, d'avec les résultats de la destruction (coupe, dessouchage) des arbustes et arbrisseaux utilisés comme combustible. On ne connaît pas encore avec précision le mécanisme d'action des animaux en pâturage dans toutes les régions variées de la vaste zone aride.

Quant à l'influence de l'homme sur les écosystèmes, elle est généralement considérée comme un facteur anthropogène tout court, sans analyse détaillée des éléments constitutifs.

Pour pouvoir employer l'état de la végétation comme un indice de la dégradation du pâturage, on doit distinguer, nettement, l'influence des animaux, proprement dit, (animaux sauvages et domestiques) et la retombée des autres formes d'utilisation des ressources naturelles qui conduisent à la destruction et à la variation de la couverture végétale.

Malheureusement, cela n'est possible qu'au niveau d'une expérience; dans les territoires qui sont utilisés dans un but économique concret, on est obligé d'observer et de prendre en considération les conséquences du facteur anthropogène dans leur ensemble, en déterminant autant que possible l'intensité et le caractère de son action sur les écosystèmes.

Au cours des dernières années, on assiste à un regain d'activité économique dans les déserts, lié à la valorisation industrielle des ressources minérales; cela aboutit, fréquemment, à la destruction complète des écosystèmes à bref délai. Les territoires fertiles deviennent inutilisables sans aucun stade transitoire.

Pour les besoins pratiques, les paramètres suivants doivent être connus avec précision:

- le temps pendant lequel les variations ont lieu au niveau de la composition par espèces, de la structure et du rendement de la végétation;
- le temps pendant lequel (nombre d'années) les pâturages accusant un tel ou tel stade de dégradation peuvent diminuer (ou rétablir) leur rendement si on leur accorde un certain temps de repos (non-utilisation);
- le temps pendant lequel la végétation préservée de tout pâturage ou ne subissant qu'un pâturage modéré conserve un rendement élevé.

Nombre d'auteurs [1, 2, 3] ont souligné la possibilité et la nécessité d'utiliser comme indice l'état de la végétation dans un tel ou tel cas concret.

Dégradation des pâturages

La dégradation des pâturages due à un surpâturage se manifeste de façon différente dans les différentes conditions climatiques, et, surtout, sur les sols différents. Par contre, la tendance générale de ce processus reste partout la même. Il importe, donc, de connaître les lois générales et les tendances des variations dans les interactions écologiques, tandis que les espèces de plantes, les types de pâturages et les catégories des sols caractéristiques de la zone peuvent varier suivant le cas.

Les lois générales de dégradation des pâturages sont les suivantes:

– le surpâturage entraîne la disparition des espèces de plantes appétentes et l'apparition à leur place des espèces peu appétentes et inappétentes;

– au lieu des plantes qui végètent sur un sol compact ou, suffisamment, compact (à la surface), on voit apparaître, à la suite d'un surpâturage, des espèces qui préfèrent un sol plus meuble;

– la structure interne des associations végétales change. Les associations primitives, stables aux conditions données, cèdent la place aux associations anthropogènes;

– le rendement de la matière verte, surtout des fourrages, diminue sensiblement. La qualité des fourrages devient mauvaise;

– la durée de la période utile sur le pâturage devient moins prolongée; les pâturages annuels deviennent bien souvent saisonniers.

La vitesse de ce processus est déterminée par l'intensité du pâturage, c'est-à-dire par l'importance du cheptel et la durée d'utilisation du terrain pendant l'année.

De différentes espèces d'animaux exercent une influence différente sur le pâturage. Les espèces d'animaux domestiques, les plus répandues dans le désert, sont les moutons et les chameaux. Les moutons agissent, surtout, sur l'herbe et le sol, tandis que les chameaux affectent les arbrisseaux et les arbustes.

On distingue, généralement, trois stades de dégradation des pâturages. Le premier stade se caractérise par des modifications légères, tandis que le deuxième et le troisième entraînent un changement complet de la couverture végétale*.

L'indice de la dégradation des pâturages est l'apparition ou la disparition des différentes espèces au sein

de la couverture végétale, due à la variation des conditions écologiques et aux particularités des relations entre les plantes dans leur lutte pour l'eau. Les associations initiales se décomposent, car de nouvelles plantes viennent remplacer les anciennes. Pour cette raison l'état du pâturage (sa conservation, son rendement) est signalé non seulement par des espèces isolées, mais aussi par les associations végétales. La structure des associations permet de mieux distinguer et prévoir l'évolution dynamique de la couche végétale en liaison avec la variation du régime d'utilisation des pâturages.

A titre d'exemple, nous décrivons les stades de dégradation des différents pâturages de l'Asie Centrale (Morozova, 1946; Nétchayéva, Antonova, 1979).

Les troupeaux de moutons s'éloignent, généralement, de 5 à 7 km du puits. Plus l'abreuvoir est proche du pâturage, plus celui-ci souffre du facteur anthropogène (coupe des buissons par la population de la localité où est situé le puits, animaux en pâturage). En observant l'état de la végétation et du sol, on distingue les trois stades suivants de la dégradation du pâturage (désignés par SD) (voir fig. 1):

– stade I SD: de 3,5 à 7 km du puits, charge modérée;

– stade II SD: de 1,5 à 3,5 km du puits, charge forte;

– stade III SD: de 0,5 à 1,5 km du puits, charge très forte.

Le sol est, entièrement, dégradé par piétinement dans le rayon de 0,5 km autour du puits.

Dans le désert Kara-Koum, on a étudié au point de vue de la dégradation trois associations de désert sablonneux et une association de désert argileux (fig. 2).

Pour l'analyse des modifications de la couche végétale liées au pâturage, on a retenu comme terrains de référence des portions de terrain clôturées, gardées durant 6 ans, ou des terrains de pâturage non clôturés mais bien conservés.

Désert sablonneux. C'est dans le désert sablonneux que la dégradation des pâturages se fait marquer le plus vu que le stade final de ce processus est la formation des sables à barkhanes.

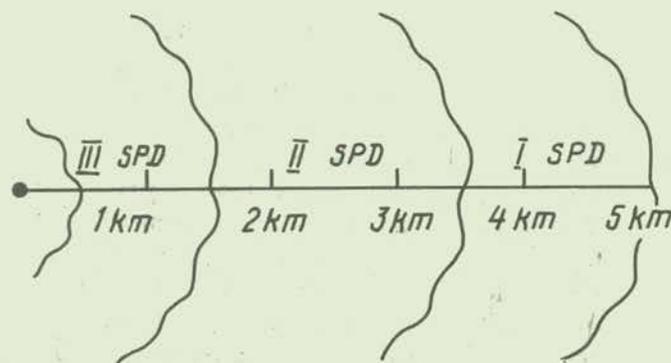


Fig. 1. Stades de la dégradation du pâturage autour du puits

* Un exemple d'échelle de dégradation des pâturages (dans les déserts nord-touraniens) est donné dans la conférence de B. Bykov.

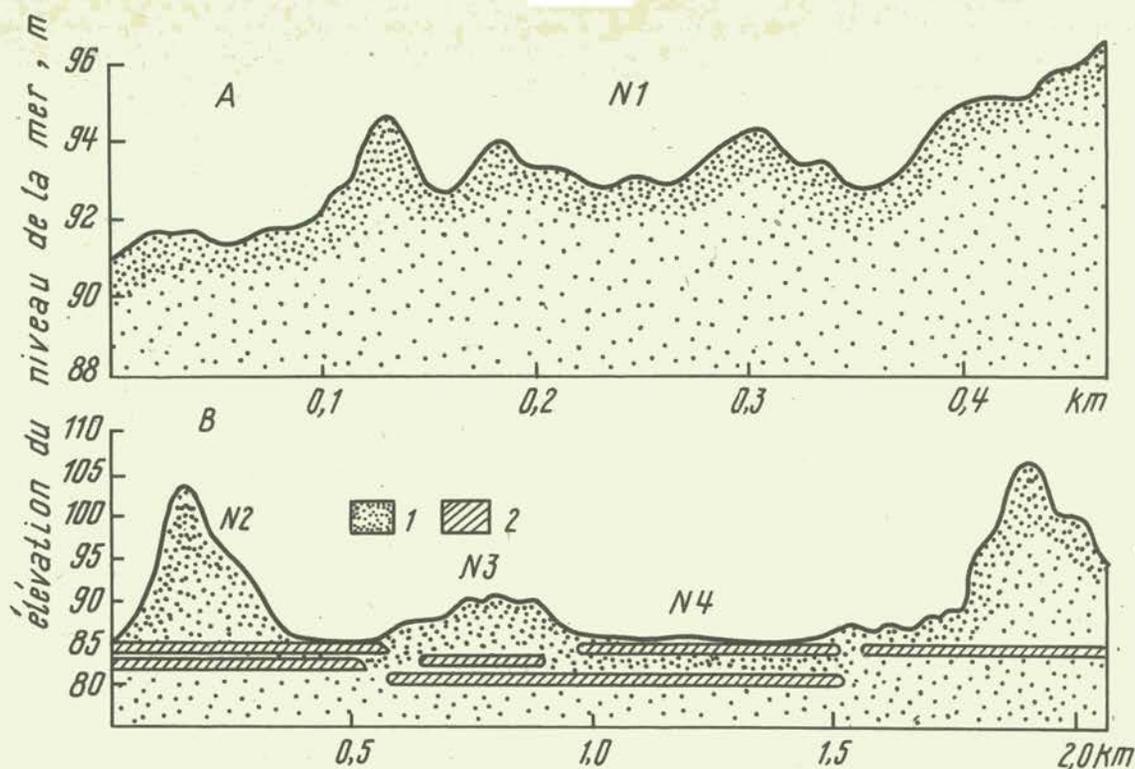


Fig. 2. Profil écologique dans les sables à mamelons (A) et dans les complexes des Takyr (B) dans le Kara-Koum Central

- Ass. n° 1 *Haloxylon persicum*-*Carex physodes* sur les sables à mamelons;
 Ass. n° 2 *Calligonum rubens*-*Mausolea eriocarpa*-*Carex physodes* sur les pentes des crêtes élevées;
 Ass. n° 3 *Salsola arbuscula*-*Artemisia kemrudica*-*Carex physodes* sur les sables à petits mamelons;
 Ass. n° 4 *Salsola gemmascens*+*Artemisia kemrudica*-*Camanthus gamocarpus* sur les plaines de takyr

La quantité annuelle moyenne de précipitations atmosphériques est de 120 à 140 mm, avec de légères variations de 90 à 290 mm suivant l'année. 40 % des pluies tombent pendant la saison froide (de novembre à février), et 60 % au printemps (de mars à mai). Aucune pluie ne tombe en été.

La couverture végétale compte 200 espèces de plantes à fleurs. Les familles les plus répandues sont: *Chenopodiaceae*, *Cruciferae*, *Polygonaceae*, *Gramineae*, *Compositae*. Les mousses sont représentées par une seule espèce *Tortula desertorum*, et les lichens vivant sur le sol, par les genres *Calophaceae*, *Ridonia*, *Collema*, *Tominia*.

La végétation est très variée du point de vue de la composition des formes vitales. On rencontre 2 espèces d'arbres, 14 espèces d'arbustes, 16 espèces de sous-arbrisseaux, 52 espèces de plantes pérennes et 116 espèces de plantes annuelles. La couche végétale est constituée, essentiellement, d'arbustes (genres *Haloxylon*, *Salsola*, *Calligonum*) et de sous-arbrisseaux (genres *Salsola*, *Artemisia*, *Astragalus*).

Toutes les plantes sont étroitement liées aux conditions écologiques. Toute variation de l'état de surface des sables, donc, aussi du régime des eaux, entraîne la disparition de certaines espèces (généralement appétentes) et l'apparition à leur place d'autres

espèces (généralement peu appétentes ou inappétentes). Le tableau 1 illustre la variation de quantité de différentes espèces de plantes en fonction de la dégradation des pâturages. La présence d'une plante donnée en quantité caractéristique est un indice reflétant l'état du pâturage. Un autre indice est l'absence d'une plante qui est, généralement, présente sur les pâturages (dans les associations) d'un type donné.

Sur les différents pâturages du désert sablonneux, les changements dus au pâturage des animaux se manifestent de façon différente, en fonction de la nature du relief et de la composition des espèces des plantes. Nous décrivons, donc, le processus de changement de la couverture végétale en étudiant trois associations choisies à titre d'exemple.

Association n° 1: *Haloxylon persicum* - *Carex physodes* sur les sables à crêtes et mamelons. Elle se caractérise par la présence de 5 espèces d'arbustes, avec prédominance de *Haloxylon persicum*. Parmi les herbes vivaces, ce sont les laiches (*Carex physodes*) qui prédominent. Les plantes annuelles sont représentées par toute une série de graminées: *Bromus tectorum*, *Eremopyrum orientale*, *Schismus arabicus*, *Trisetum cavanillesii*, et par des espèces

Tableau 1

Plantes servant d'indices de consolidation du sable sur les pâturages sablonneux

Espèces	Présence de la plante dans la couverture végétale					Ad-jacent au puits
	Dé-fends pro-longés	Réser-ve 7 ans	ISD	IISD	IIISD	
Herbes						
Carex physodes	4	5	5	2	0	0
Aristida pennata	0	1	3	4	0	0
A. karelinii	0	0	0	2	5	4
Acanthophyllum stenostegium	1	2	1	0	0	0
A. elatius	0	0	0	1	3	0
Astragalus maximo-wiszii	1	2	1	0	0	0
A. flexus	1	2	1	0	0	0
A. chivensis	0	0	0	1	2	0
Heliotropium arguzioides	0	0	0	3	3	1
H. dasycarpum	1	2	2	0	0	0
Tournefortia sogdiana	0	0	1	4	3	0
Chrozophora sabulosa	0	0	0	1	3	0
Agriophyllum latifolium	0	0	0	2	4	2
A. minus	0	0	0	2	4	2
Cutandia memphitica	0	0	1	2	2	0
Bromus tectorum	2	3	3	4	3	0
Mousses et lichens	5	2	1	0	0	0
Arbustes et sous-arbrisseaux						
Haloxylon persicum	4	4	4	2	0	0
Salsola richteri	3	3	3	2	1	0
Calligonum setosum	3	3	2	0	0	0
C. rubens	3	3	3	3	1	0
C. caput medusae	3	3	3	3	1	0
Ephedra strobilacea	2	3	3	3	2	0
Astragalus paucijugus	0	0	1	3	1	0
A. longipetiolatus	1	1	2	3	1	0
Smirnovia turkestana	0	0	0	2	3	0
Mausolea eriocarpa	3	4	4	3	0	0
Aellenia subaphylla	2	3	2	0	0	0
Ammodendron conollyi	1	1	2	3	2	0

Remarque: 5 = abondant 2 = peu
4 = beaucoup 1 = très rare
3 = assez 0 = néant

souterrains très développés (racines et rhizome) qui solidifient bien les sables. La surface du sable est compacte, recouverte d'une mince croûte, si bien que les sables sont pratiquement immobiles.

Sous l'influence de la coupe et du surpâturage, le Haloxylon persicum tend à disparaître; déjà au stade IISD, il est remplacé par Salsola richteri et Calligonum rubens. La plante fourragère principale — Carex physodes — devient rare au stade ISD et cède partiellement la place à Aristida pennata, ce qui s'explique par la fragmentation progressive de la surface du sable. Au stade IISD la laiche (Carex physodes) disparaît presque complètement; le tapis végétal se compose alors, essentiellement, par Aristida pennata et quelques grosses herbes telles que Ferula litvinoviana et Dorema sabulosum; la végétation change complètement. Parmi les plantes annuelles, on remarque surtout Bromus tectorum. Le vent commence à déplacer le sable, par endroits, il y a beaucoup de dépressions. Le stade IIISD est caractérisé par des sables mobiles à barkhanes, recouverts de touffes d'Aristida karelinii, très typique pour les sables de cette catégorie. Au stade IISD les pâturages deviennent mauvais, et au stade IIISD, inutilisables.

Le changement de la couverture végétale lié au pâturage intense, dans le cas de l'association n° 1, se présente comme suit:

Régime d'utilisation	Association	Nombre d'espèces
Bonne conservation (ass. n° 1)	Haloxylon persicum — Carex physodes	42
ISD ass. n° 1a	Haloxylon persicum — Aristida pennata — Carex physodes	20
IISD ass. n° 1b	Salsola richteri — Aristida pennata	17
IIISD ass. n° 1c	Aristida karelinii	8
Sables dans le voisinage du puits, couverts de touffes d'Aristida karelinii		3

Association n° 2: Calligonum rubens — Mausolea eriocarpa — Carex physodes, sur les pentes des crêtes élevées. Après une période de non-utilisation de 6 ans, les sables sont assez compacts, retenus dans une certaine mesure par les laiches (Carex physodes).

Association n° 3: Salsola arbuscula — Artemisia kemrudica — Carex physodes, sur les sables à petits mamelons et dans les dépressions entre les crêtes. Les sables sont bien consolidés, souvent portent une croûte superficielle, les laiches forment un gazon épais.

Les changements survenant à la suite du pâturage sont sensiblement les mêmes dans les deux associations, sauf pour quelques menues différences causées par le

isolées des familles Cruciferae, Papaveraceae, Boraginaceae, Compositae, etc.

Les laiches (Carex physodes) occupent 50 à 60 % de la superficie. Cette plante possède des organes

relief, la nature du sol et la composition de la couverture végétale.

Dans les conditions d'un pâturage modéré (stade ISD) les deux associations se conservent au point de vue qualitatif; il se produit, cependant, une légère diminution du rendement, à cause des plantes très appétentes telles que: *Astragalus maximowiczii*, *Aellenia subaphylla*. Quand le pâturage devient plus intense (stade IISD), la surface du sol occupée par la laiche (*Carex physodes*) diminue brusquement; cette plante à haute valeur fourragère, qui consolide bien le sable, cède la place aux plantes moins précieuses: herbes vivaces *Aristida pennata*, *Tournefortia sogdiana*, *Heliotropium argusoides*, typiques pour les sables peu consolidés, et à la plante annuelle *Bromus tectorum*.

Un trait caractéristique de ce stade est le développement marqué de *Calligonum rubens*: ce sont des arbustes puissants dont la hauteur est moins grande que le diamètre.

Le changement des associations initiales sous l'influence du pâturage s'opère comme suit:

Régime d'utilisation	Association	Nombre d'espèces
Réserve pendant 7 ans, ass. n° 2	(<i>Calligonum rubens</i>) – <i>Mausolea eriocarpa</i> – <i>Carex physodes</i>	47
ISD ass. n° 2a	(<i>Calligonum rubens</i>) – <i>Mausolea</i> <i>ériocarpa</i> – <i>Carex</i> <i>physodes</i>	44
IISD ass. n° 2b	(<i>Calligonum rubens</i>) – <i>Tournefortia sogdiana</i> – <i>Bromus tectorum</i>	37
IIISD ass. n° 2c	(<i>Calligonum rubens</i>) – <i>Aristida karelinii</i> – <i>Bromus tectorum</i>	25
Sables dans le voisinage du puits couverts d' <i>Aristida karelinii</i>		6

Dans l'association n° 3 on remarque que *Salsola arbuscula* et *Carex physodes* perdent rapidement leur rôle dominant. Les ressources d'eau qui deviennent disponibles au stade IISD sur les sables meubles contribuent à la croissance rapide de l'arbuste *Calligonum rubens*; parmi les herbes, ce sont *Bromus tectorum* et *Aristida pennata* qui prédominent.

Le stade IIISD se caractérise par l'abondance de *Aristida karelinii*, plante qui ne pousse que sur les sables à barkhanes.

Les modifications qui s'opèrent au sein de l'association initiale n° 3 sont les suivantes:

Régime d'utilisation	Association	Nombre d'espèces
Réserve pendant 7 ans, ass. n° 3	<i>Salsola arbuscula</i> – <i>Artemisia kemrudica</i> – <i>Carex physodes</i>	47
ISD, ass. n° 3a	(<i>Salsola arbuscula</i>) – <i>Artemisia kemrudica</i> – <i>Carex physodes</i>	40
IISD, ass. n° 3b	<i>Calligonum rubens</i> – <i>Tournefortia sogdiana</i> – <i>Bromus tectorum</i>	28
IIISD, ass. n° 3c	<i>Aristida karelinii</i> – <i>Bromus tectorum</i> *	20
Sables dans le voisinage du puits couverts d' <i>Aristida karelinii</i>		11

La structure normale des associations végétales et le bon rendement des pâturages ne peuvent être conservés que si l'utilisation reste modérée (stade ISD).

Le changement de la couverture végétale en fonction de la dégradation du pâturage entraîne une diminution progressive de la matière verte, du rendement des plantes fourragères et de la valeur nutritive de celles-ci (voir tableaux 2 et 3).

En ce qui concerne le rendement, l'association n° 2b au stade IIISD est une exception. Le regain du rendement comparativement à l'association n° 2a s'explique par le développement rapide de l'arbuste *Calligonum rubens* dans ces conditions. Or, cette croissance ne peut être interprétée comme un phénomène positif, car l'association initiale s'est désagrégée complètement; au stade IIISD (ass. n° 2c) le rendement et la valeur nutritive ont accusé une nette diminution (voir tableau 3). Le pâturage, qui pouvait, auparavant, servir pendant toute l'année, ne reste désormais utilisable qu'au printemps et dans la première moitié de l'été. Les sables sont devenus mobi-

Tableau 2

Variation de la masse de parties aériennes des plantes et du rendement en fourrages en fonction de l'intensité du pâturage dans le désert sablonneux (poids sec, t/ha)

Parties de la plante	Dé-fends	ISD	IISD	IIISD	Sables autour du puits
Pente d'une crête de sable, ass. n° 2					
Parties pérennes	2,53	2,14	2,14	0,83	0,27
Innovations, fourrage	0,63	0,55	0,89	0,53	0,35
Total	3,16	2,69	3,13	1,36	0,62
Sables à petits mamelons, ass. n° 3					
Parties pérennes	1,48	2,41	1,32	0,82	néant
Innovations, fourrage	0,54	0,72	0,42	0,44	0,25
Total	2,02	3,13	1,74	1,26	0,25

Tableau 3

Variation de la valeur nutritive du fourrage en fonction de la dégradation du pâturage dans le désert sablonneux

Association	Nombre d'unités fourragères à l'hectare du pâturage			
	printemps	été	automne	hiver
N° 1	88	134	119	80
N° 1a	92	132	91	63
N° 1b	103	76	17	7
N° 1c	73	36	16	6
N° 2	195	112	61	30
N° 2a	219	136	83	35
N° 2b	100	83	45	20
N° 2c	65	60	34	12
N° 3	170	160	71	30
N° 3a	193	117	73	36
N° 3b	109	50	38	18
N° 3c	70	45	28	14

Tableau 4

Plantes servant d'indices de l'état des pâturages sur des sols lourds argileux

Espèces	Présence de la plante dans la couverture végétale					
	Défends prolongés	Réserve 7 ans	ISD	IISD	IIISD	Adjacent au puits
Artemisia kemrudica	5	5	5	4	3	0
Salsola gemmascens	4	5	4	2	0	0
S. rigida	3	3	3	1	0	0
S. arbuscula	4	4	4	2	0	0
Horaninowia anomala	1	1	2	4	1	0
Gamanthus gamocarpus	4	4	4	1	0	0
Salsola lanata	1	1	1	4	3	1
Ferula litvinoviana	2	2	1	0	0	0
Schumannia karelinii	2	2	1	0	0	0
Scorzonera pusilla	3	3	2	0	0	0
Ephedra distachya	1	1	1	4	5	0
Peganum harmala	0	0	0	0	1	5
Ceratocarpus utriculosus (C. turkestanicus)	0	1	1	4	3	1
Carex pachystylis	3	3	3	2	0	0
Herbes annuelles printanières	3	3	3	1	0	0
Mousses et lichens	5	3	1	0	0	0

Remarque: 5 = abondant
4 = beaucoup
3 = assez
2 = peu
1 = rare
0 = néant

les. Les effets du surpâturage aboutissent aux résultats désastreux dans 8 à 10 ans.

Désert argileux et gypseux. Sur les pâturages aux sols lourds, dans le désert argileux et gypseux, le surpâturage amène un changement complet de la végétation, sa dégradation et la diminution du rendement. Les espèces appétentes cèdent la place aux plantes inappétentes de faible valeur.

Grâce au monitoring des pâturages utilisés dans des régimes différents, on a pu trouver des plantes qui peuvent servir d'indices de conservation du pâturage. L'état du pâturage peut être signalé tant par l'abondance que par l'absence d'une plante déterminée (voir tableau 4).

Le tableau montre que, sur les pâturages qui sont en défends ou qui ont été réservés pendant 7 ans, ce sont les espèces dominantes qui sont les plus répandues. A la suite du pâturage les dominantes disparaissent en cédant la place à d'autres plantes, qui sont beaucoup moins précieuses. De différentes plantes résistent au pâturage d'une façon différente: les armoises *Artemisia* résistent bien, tandis que beaucoup de plantes pérennes bien appétentes, qui poussent en nombre modéré même sur un pâturage en défends, disparaissent rapidement à la suite d'un pâturage peu intensif.

Le changement d'associations sous l'influence du pâturage sur les plaines argileuses du type takyr s'opère selon le schéma suivant:

Régime d'utilisation	Association	Nombre d'espèces
Réserve pendant 7 ans, ass. n° 4		35
ISD, ass. n° 4a	<i>Salsola gemmascens</i> + <i>Artemisia kemrudica</i> — <i>Gamanthus gamocarpus</i>	25
IISD, ass. n° 4b	<i>Artemisia kemrudica</i> + <i>Salsola gemmascens</i> — <i>Gamanthus gamocarpus</i>	11
IIISD, ass. n° 4c	<i>Artemisia kemrudica</i> — <i>Salsola lanata</i>	8
Sol dans le voisinage du puits	<i>Peganum harmala</i>	3

Après une période de non-utilisation de 6 années, l'association dominante était *Salsola gemmascens* + *Artemisia kemrudica* — *Gamanthus gamocarpus* (ass. n° 4), à laquelle on peut ajouter plusieurs herbes pérennes et annuelles, 35 espèces au total.

Une charge modérée (ISD, ass. n° 4a) conserve encore les espèces dominantes, mais la plante très

appétente *Salsola gemmascens* devient plus rare, certaines herbes pérennes appétentes disparaissent complètement, et le nombre d'espèces diminue jusqu'à 25.

Lorsque la charge est forte (IISD, ass. n° 4b), ce sont les armoises *Artemisia kemrudica* qui commencent à dominer, la couverture végétale devient rare et pauvre. Au stade suivant (IIISD), ces phénomènes deviennent encore plus dramatiques. Il se forme dans le voisinage du puits une zone entièrement dénudée ou envahie par *Peganum harmala*, plante absolument inappétente qui pousse sur des sols riches en azote.

Les sous-arbrisseaux — *Salsola gemmascens*, *Artemisia kemrudica* — sont très appétents, leurs parties pérennes sont petites, et les plantes périssent rapidement quand le pâturage est intense. Cela détermine la diminution du rendement en fonction de l'intensité du pâturage (tableau 5).

Dans le désert gypseux où les armoises et les soudes prédominent dans la couverture végétale, la dégradation des pâturages se manifeste par le remplacement des espèces appétentes par des plantes inappétentes, ainsi que par la diminution du nombre total d'espèces, à mesure que la dégradation avance de ISD à IIISD (tableau 6). On remarque, en particulier, l'abondance d'*Ephedra distachya*, qui vient remplacer les appétentes armoises (*Artemisia kemrudica*).

Simultanément avec le changement de la composition des espèces, il se produit la diminution du ren-

Tableau 5

Variation de la masse des parties aériennes des plantes et du rendement en fourrages en fonction de l'intensité du pâturage dans le désert argileux (ass. n° 4) (poids sec, t/ha)

Parties de la plante	Défends	ISD	IISD	IIISD	Terrain adjacent au puits
Parties pérennes	2,08	0,75	0,35	0,26	neant
Innovations, fourrage	0,48	0,23	0,10	0,08	neant
Total	2,56	0,98	0,46	0,34	

Tableau 6

Nombre d'espèces de plantes de différente appétibilité au sein de l'association *Artemisia arenicola* + *Salsola rigida* — *Carex pachystylis* en fonction de la dégradation du pâturage

Appétibilité des plantes	Stades de dégradation du pâturage		
	ISD	IISD	IIISD
Bien appétentes	33	27	27
Appétentes	42	33	27
Assez appétentes	25	40	40
Inappétentes	néant	néant	6

Tableau 7

Rendement en fourrages (association *Artemisia arenicola* + *Salsola rigida* — *Carex pachystylis*) en fonction de la dégradation du pâturage (poids sec, t/ha)

Appétibilité des plantes	Stade de dégradation du pâturage		
	ISD	IISD	IIISD
	Eté		
Appétentes	0,33	0,20	0,19
Inappétentes	néant	0,08	0,14
Total	0,33	0,28	0,23
	Hiver		
Appétentes	0,13	0,07	0,03
Inappétentes	néant	0,10	0,17
Total	0,13	0,17	0,20

dement des bonnes plantes fourragères et le regain des plantes adventices inappétentes (voir tableau 7).

Une telle variation du caractère de la végétation est de toute évidence un phénomène négatif, à cause de la diminution très sensible de la capacité du pâturage qui passe du stade ISD au stade IIISD.

Influence du repos sur les pâturages

Un pâturage dégradé à la suite d'une utilisation, peu rationnelle, a besoin de repos. Le monitoring des pâturages soumis à des régimes d'utilisation différents montre que, dans le désert Kara-Koum, la végétation sur les pâturages dégradés au stade IISD se rétablit au bout de 7 ans. La restauration de la couverture végétale sur les sables (ass. n° 1b, 2b et 3b) s'est opérée comme suit. A la suite de la protection du pâturage, le nombre d'espèces a augmenté, car les plantes appétentes et, généralement, peu abondantes ont réapparu. La couverture végétale est devenue très irrégulière et même bigarrée, car des micro-associations ont commencé à se former sur les différents éléments du relief: dans les dépressions et aux sommets des crêtes de sable. Les plantes dominantes ont commencé à se renouveler activement, la quantité des plantes dans les populations a augmenté de 1,5 fois par rapport à la première année de réserve. La laiche (*Carex physodes*), plante fourragère et fort importante pour la consolidation des sables, a atteint sa densité normale. Les plantes annuelles sont devenues plus variées et nombreuses. La quantité des plantes typiques pour les sables meubles — *Aristida pennata*, *Tournefortia sogdiana*, etc. — a brusquement diminué, au profit des plantes inhérentes à l'association donnée. Vers la fin de la période de rétablissement, les associations sont devenues, sensiblement, conformes à leur type théorique tant d'après la structure que d'après le rendement.

Production des fourrages en fonction de la durée de la période de protection des pâturages (t/ha)

Association	Durée de la période de protection			
	Avant la mise en défens	7 ans	12 ans	17 ans
Désert sablonneux				
Ass. n° 2, pentes des crêtes élevées	0,34	0,55	0,64	0,65
Ass. n° 3, sables à petits mamelons	0,28	0,50	0,60	0,50
Désert argileux				
Ass. n° 4, takyrs	0,12	0,45	0,72	0,42

Les observations poursuivies sur les pâturages gardés ont montré que pendant les 5 années suivantes (période productive) le rendement de la phytomasse et la production fourragère ont atteint leur maximum. Les espèces sont restées les mêmes, mais le tapis végétal est devenu plus uniforme, les dépressions plus floues, les associations principales ont englouti les micro-associations et ont pris un aspect plus caractéristique. La production de la matière verte et des fourrages ont légèrement augmenté encore. Or, vers la fin de la douzième année, la surface des sables est devenue beaucoup plus compacte, s'est recouverte d'une croûte fissurée, et la surface occupée par les mousses et les lichens a atteint 10 %.

Les cinq années suivantes (période III) se caractérisent par un dépérissement initial des pâturages, qui peut être considéré comme une des formes de la désertification. Le processus de compactification et de propagation des mousses et lichens s'est accentué, ce qui a entraîné la diminution du rendement sur les sables à petits mamelons (ass. n° 3); sur les sables à hautes crêtes (ass. n° 2) la compactification du sable était beaucoup moins prononcée, si bien que le rendement est resté inchangé.

Rétablissement de la couverture végétale sur les takyrs (ass. n° 4b). En 1960, au moment de la création de la réserve, la végétation n'occupait que 36 % de la surface des takyrs. Les mousses et les lichens étaient presque inexistantes. Les dominantes de la végétation — *Artemisia kemrudica* et surtout *Salsola gemmascens* — se renouvelaient mal. Dans la population de *Salsola gemmascens* on remarquait, généralement, des plantes très affaiblies, sans innovations ni grains. Pendant les 7 années de protection, on a assisté à une amélioration spectaculaire de la végétation. Les takyrs se sont couverts de végétation presque entièrement, le rendement des plantes a plus que doublé. Or, cette productivité accrue n'a persisté que pendant 5 ans, pour retomber brusquement vers la période de dépression (période III). Malgré le nombre normal de grains, le renouvellement a presque cessé, et l'épaisse couche de sous-arbrisseaux est devenue rare.

On constate, donc, qu'une absence prolongée du pâturage est défavorable aux pâturages de rendement normal; dans ces conditions, de même qu'avec un surpâturage, on observe des variations indésirables au niveau de la couverture végétale. Pour maintenir la bonne productivité d'un pâturage, on doit utiliser celui-ci de façon modérée d'année en année en variant la saison: si le pâturage a servi en été, il devra être utilisé en hiver l'année suivante, et ainsi de suite.

La variation du rendement en fourrage des pâturages de désert sablonneux et argileux en fonction de la durée de la période de protection est illustrée dans le tableau 8.

La conclusion qui s'impose est que le repos ne profite qu'aux pâturages dégradés. Une fois la végétation rétablie, le bon rendement des pâturages a persisté 5 ans, puis il a commencé à diminuer, de même que l'état des pâturages. Au bout de 17 ans, la végétation a présenté des indices de dépérissement, ce qui permet de prédire une nouvelle dégradation grave du pâturage au cas où la protection serait maintenue. Ainsi donc, un pâturage modéré est indispensable pour le rendement, il a une influence positive sur la couverture végétale.

Plusieurs auteurs ont décrit le dépérissement de la végétation à la suite de non-utilisation du pâturage (déterminée par l'absence de puits), à cause de la propagation des mousses et lichens et de la solidification de la surface du sable, au nord du Kara-Koum (Chingareva, 1940; Rodine, 1948; Nikolaïev, 1960) et au sud-est du Kara-Koum (Nétchayéva, 1954).

La désertification ne s'explique, donc, pas exclusivement par le facteur anthropogène exagéré, mais aussi par l'absence de pâturage. Cela met en valeur la nécessité d'utiliser modérément tout le territoire des pâturages désertiques.

A cet effet, il convient de mettre en évidence, dans chaque zone géographique, les indices de l'état des pâturages, soit des plantes et des associations végétales, pour pouvoir évaluer l'état du pâturage et les modalités de sa gestion ultérieure.

L'utilisation rationnelle des plantes, qui sous-entend un pâturage modéré et une coupe contrôlée d'arbustes, est un moyen efficace pour maintenir un bon rendement de la végétation et éviter le développement des processus de désertification.

BIBLIOGRAPHIE

1. Viktorov S.V., Djouraiéva Z.D. Valeur indicatrice des associations de lichens dans les déserts. Bulletin de MOIP, section biolog., v. 84, fasc. 5, 1979.
2. Morozova O.I. Gestion des pâturages en élevage du mouton karakul en Asie Centrale. Ed. «Méjdounarodnaïa kniga», M., 1946.
3. Nétchayéva N.T. Influence de l'utilisation sur l'état des pâturages de Kara-Koum en tant que base de la rotation des pâturages. In: «Désert de l'URSS et leur valorisation», t. 2, M.—L., 1954.
4. Nétchayéva N.T. Problèmes de création des indices de désertification. Problèmes de mise en valeur des déserts, n° 4, 1978.
5. Nétchayéva N.T., Antonova K.G., Karchenas S.D., Moukhammedov G., Nourberdyev M. Productivité des plantes du centre de Kara-Koum en fonction du régime d'utilisation. Ed. «Naouka», M., 1979.
6. Rapp Anders. A review of desertization in Africa—water, vegetation, and man. Sies Report II, Stockholm, 1974.
7. Swift J. The «causes» of the Sahel disaster. Seminar on Points of Controversy in the Study of Drought in Africa, Sept. 30, 1974, Int. African Inst., London. Mimeograf.

II. ECOSYSTEMES DES PATURAGES ARIDES: CARACTERISTIQUES ET INTERACTION DES COMPOSANTS

VEGETATION DES ECOSYSTEMES DES DESERTS, LEURS STRUCTURES ET PRINCIPALES TENDANCES D'EVOLUTION

par B.A. Bykov. Académicien de l'Académie des Sciences de la République de Kazakhstan. Conseillé scientifique de l'Institut botanique de l'AS de la RSS de Kazaquie (Alma-Ata)

Nous allons tenter cette analyse sur la base de la végétation de la dépression de Touran, c'est-à-dire de la partie nord de l'antique région tourano-iranienne (Lavrenko, 1962).

Les conditions climatiques du désert de Touran (ancien lit de l'antique Téthys) se distinguent par une aridité considérable accentuée encore par l'absence de nuages et les vitesses des vents, relativement, faibles dont le maximum (3 m/s) est observé au printemps et en juillet. Le taux de précipitations varie de 75 à 250 mm (S. Oustiourt). Leur distribution saisonnière fait apparaître une certaine augmentation en période de printemps et d'hiver. En raison d'une faible couverture nuageuse le désert est, fortement, exposé au soleil (2500 à 3000 heures d'insolation par an) et reçoit, par conséquent, de grandes quantités d'énergie solaire — 125—180 kcal/cm² par an.

La température moyenne annuelle varie de 7°C (Aralsk) à 16°C (Rapetek). Son maximum absolu constitue 40—48°C et le minimum —24 à —42°C (dans le nord du désert). Les variations annuelles atteignent 81—89°C (Mourgab et Kara-Koum de la façade de la mer d'Aral).

L'évapotranspiration est généralement, au-dessous, de 100 mm alors que l'évaporation peut s'établir à 2000 mm. Les températures élevées et la faible évapotranspiration entraînent le déficit d'humidité de l'ordre de 30 à 40 mm pendant le jour en juillet.

Si au nord l'enneigement est considérable en hiver, les régions du sud bénéficient de l'absence d'enneigement (70 à 1000% des cas) et les plantes peuvent y végéter en période hivernale.

C'est le climat continental et les paysages d'une grande diversité géomorphologique qui ont, finalement, abouti à la formation des écosystèmes contemporains et variés de la dépression de Touran. Mais, avant de passer à leur examen, nous vous invitons à prendre connaissance de certaines particularités, propres à la végétation des déserts.

Traits distinctifs de la végétation des déserts

La couverture végétale des déserts est constituée par leur richissime flore; plus de 1200 espèces de végétaux des régions arides adaptés à des degrés divers (sans rien dire des hydrophytes et mésophytes, exception faite des plantes éphémères).

Ecobiomorphes. En considérant la végétation en qualité de partie intégrante des écosystèmes, il importe de distinguer parmi la flore des déserts, non seulement de différentes formes végétales mais, surtout, les «écobiomorphes» dont chacun est «un système d'adaptation-type existant dans les conditions déterminées de l'environnement» ou l'ensemble des espèces ayant les formes similaires de croissance, les mêmes rythmes biologiques et les mécanismes d'adaptation semblables. En plus, chaque

écobiomorphe comprend soit un groupe d'espèces, génétiquement, homogènes, soit hétérogènes mais dont la convergence s'est opérée sous l'action du même milieu. De ce point de vue, chaque espèce se rapporte à l'écobiomorphe déterminé.

Ainsi, *Convolvulus fruticosus* n'est pas, seulement, un arbuste, mais un arbuste xérophile, alors que *Populus pruinosa* est un arbre xéromésophile. Nous devons cette division en écobiomorphes à E. Warming [10] qui distinguait déjà des arbrisseaux xérophiles, des arbres mésophiles etc.

Il va de soi que la mise en évidence des écobiomorphes implique, non seulement, la connaissance de leurs morphologie et biologie (biomorphe) mais encore de l'écologie. Les principes qui président à la mise en évidence des biomorphes sont assez connus. En ce qui concerne la détermination de leur écologie, on ne trouve, actuellement, que 4 grands types de flore des déserts à savoir: mésophytes, xéromésophytes, mésoxérophytes et xérophytes (M, XM, MX, X).

Les **xérophytes** se distinguent par leur morphologie particulière xéromorphisme adapté aux régions arides et températures élevées. Le xéromorphisme fait apparaître certains mécanismes protecteurs chez les plantes de ce groupe. Ainsi, la surface des feuilles est réduite au maximum (les feuilles sont très petites ou inexistantes, en ce cas la fonction d'assimilation est transférée aux tiges jeunes), la cuticule est très développée, les tissus s'épaississent dans leur partie inférieure, les stomates, souvent profondément immergés, elle présente, en outre, des veines bien développées et un dépôt de cire. Il est, également, à noter les tissus mécaniques développés et la concentration dans le sol d'une partie considérable de la masse biologique chez les arbustes, les arbrisseaux et même les herbes vivaces. De nombreuses plantes, sauf les herbes, donnent des formes particulières. Les particularités physiologiques des xérophytes sont révélées par leur aptitude à supporter la déshydratation des tissus (jusqu'à 25%) en présence d'une pression osmotique élevée du suc cellulaire allant jusqu'à 30 voire 100 atm et une intensité de photosynthèse, sensiblement, plus élevée.

Les **mésophytes** sont l'image inverse des xérophytes (grande surface de feuilles, cuticules sous-développées, absence de tissus ligneux dans la partie inférieure des feuilles, tissus mécaniques moins développés, ils sont privés de dépôt de cire et de duvet, ne donnent pas de formes particulières, ne résistent pas à la déshydratation, les valeurs de pression osmotique et d'intensité de photosynthèse sont plus faibles.

Les **mésoxérophytes (MX)** et les **xéromésophytes (XM)** ont un certain nombre de caractères et qualités intermédiaires. Les mésoxérophytes sont, toutefois, plus proches des xérophytes et les xéromésophytes des mésophytes.

On a coutume de classer parmi les xérophytes les végétaux halophiles (qui se développent, normalement, dans les sols très salins). Les **halophytes** se dis-

tinguent par une valeur de pression élevée du suc cellulaire, une cuticule épaisse et, souvent, un dépôt de cire sur les feuilles. Mais, à la différence des xérophytes leurs tiges et feuilles contiennent beaucoup d'humidité (jusqu'à 80 %) alors que l'intensité de transpiration n'est que de 0,1–10 g/h. Leur halomorphisme réside, surtout, dans leur succulence ainsi que dans une haute teneur en K, S, Na, Cl et Ca (10–35%) dans la somme des éléments cendrés. Dans nos estimations écologiques les halophytes des déserts se rapportent aux XM, MX, plus fréquemment aux X et sont désignés par HaXM, HaMX et HaX.

Les **psammophiles** dont les particularités d'habitation (sables, sols sableux) sont relativement meilleures à celles des xérophytes ont la valeur de pression osmotique intermédiaire entre les mésophytes et les xérophytes qui varie de 6–8 à 25 atm mais peut atteindre jusqu'à 30–35 atm chez certaines espèces. C'est pourquoi, on les classe, la plupart du temps, parmi les psammomésoxérophytes et les psammoxéromésomorphytes (PmMX et PmXM). Leur adaptation morphologique et biologique (racines profondes, mobilité végétative accrue, résistance à l'ensemblement etc.) en disent long sur leurs origines.

Enfin, parmi les végétaux des déserts on trouve bon nombre d'espèces aux rythmes de développement accélérés. Ce sont les plantes **éphémères** (annuelles) et **éphéméroïdes** (pérennelles). Leur physiologie se distingue par l'activité de tous les processus à commencer par la photosynthèse intense (2 à 3 fois plus productive par rapport aux xérophytes). Cela nous permet d'utiliser, pleinement, les avantages de leur cycle biologique actif (30 à 60 jours, seulement) qui se situe en plus, en période la plus humide de la première année de vie (printemps-début d'été). Les éphéméroïdes disposent de réserves de substance nutritives dans les tubercules, les bulbes, les rhizomes et les racines qui assurent leur développement rapide au printemps et de mécanismes protecteurs pour survivre aux périodes d'inhibition prolongées (été torride et hiver plus ou moins rigoureux) constituées par les feuillettes réticulées sur les bulbes et d'épais tissus protecteurs sur les tubercules et les rhizomes que les plantes peuvent faire pénétrer, profondément, dans le sol. Le plus souvent, ces végétaux sont xéromésophytes et mésophytes.

Nous allons donner un bref aperçu des écobiomorphes qui jouent un rôle essentiel dans la formation des structures végétales des déserts touraniens.

Les **arbres haloxéromésophiles (HaXM)** de type «des savannes» [7] tels le *Populus pruinosa* (4 espèces en tout) et les **arbrisseaux (PmMX)** culminant à 4–6 m dits «des savannes», par exemple, la *Salzola paletziana* (5 espèces au total).

Les **arbrisseaux** et les **arbustes** avec leurs pousses d'assimilation dépérissant tous les ans (à l'exception de la partie basale) et présentant des indices de par-

ticularisation sur le tronc. Les arbrisseaux xéromorphes, par exemple, l'*Haloxylon aphyllum* (2 espèces) et les arbustes PmMX à savoir: *Calligonum eriopodum*, *Eremosparton flaccidum* (4 espèces).

Les arbustes (buissons), éternellement, verts PmMX *Ephedra strobilacea* (4 espèces), verts en été X *Atraphaxis spinosa* (4 espèces), MX *Eurotia ceratoides* (10 espèces), PmMX *Ammodendron argenteum* (9 espèces), HaXM et HaMX *Halimodendron halodendron*, *Nitraria schederi* (8 espèces) et les buissons verts en été X *Convolvulus fruticosus* (4 espèces), HaX dont les succulents *Lagonychium farcatum*, *Arthrophytum lehmannianum*, *Anabasis salsa* (14 espèces).

Les arbrisseaux et les buissons. Ils diffèrent, surtout, par leur taille (les arbrisseaux ne dépassant pas 1 m), ont des pousses d'assimilation dépérissant tous les ans (à l'exception de la partie basale) et génératives dans le cas des semi-arbrisseaux, présentent des indices de particularisation.

Les semi-arbrisseaux dépourvus de feuilles PmMX *Calligonum caput medusae* (43 espèces), les succulents X *Salsola arbusculiformis* (3 espèces) et HaX *Halostachys caspica* (4 espèces); les buissons arborescents à feuilles X *Artemisia turanica* (21 espèces), MX *Artemisia aralensis* (8 espèces) et PmMX *Astragalus ammodendron* (28 espèces), les succulents HaX *Halocnemum strobilaceum* (16 espèces) et les HaX dépourvus de feuilles *Anabasis aphylla* (4 espèces).

Les lianes arborescentes XM *Elematis orientalis* (2 espèces) et herbacées MX et XM *Cynanchum sibiricum* (4 espèces) et PmMX *Bryonia melanocarpa* (3 espèces).

Les herbes arborescentes. Elles ont les racines ligneuses dans leur partie supérieure donnant des tiges multiples. Les pousses meurent chaque année. Les herbes X *Anabasis truncata* (12 espèces), HaX *Anabasis jaxartica* (5 espèces), PmMX *Jurinea krascheninnikovia* (3 espèces), X *Seseli aemulans* (11 espèces), HaX *Zygophyllum macropodum* (6 espèces), MX (*Zygophyllum brachyptum* (9 espèces), PmMX *Astragalus candidissimus* (9 espèces).

Les herbes. Leurs racines ne sont pas, généralement, ligneuses si ce n'est le long des axes de leurs parties aériennes. Elles forment plusieurs groupes d'écobiomorphes.

Les herbes pérennelles à rhizomes PmXM et PmMX *Tournefortia sogdiana*, *Heliotropium arguzioides* (6 espèces), HaMX et HaXM *Aeluropus litoralis*, *Leymus multicaulis* (7 espèces). A racines en tiges de végétation prolongée X *Haplophyllum bungei* (15 espèces), MX *Ferula schair* (18 espèces), PmMX et PmXM *Gypsophila krascheninnikovii*, *Chondrilla ambigua* (25 espèces), éphéméroïdes polycarpes (à tiges, à bulbes, à tubercules), XM *Eremostachys gymnocalyx*, *Allium lehmannianum*, *Leontice eweramanii* (56 espèces), PmXM *Schumania karelinii*, *Allium schubertii*, *Eminium lehmanii* (50 espèces), monocarpes XM *Dorema sabulosa* (2 espèces) et PmXM *Ferula assa-foetida* (5 espèces).

Les herbes semi-pérennelles PmMX *Syrenia siliculosa*, *Sameraria turcomanica* (14 espèces).

Les herbes d'un an a) à période de végétation prolongée: MX et XM *Kochia iranica*, *Delphinium barbatum* (65 espèces), MX *Halimocnemis karelinii* (20 espèces), PmMX et PmXM *Ceratocarpus arenarius*, *Corispermum aralocaspicum* (35 espèces), les succulents HaX *Suaeda prostrata* (54 espèces); b) éphémères MX et XM *Tetracme quadricornis*, *Torularia torulosa* (82 espèces), PmM *Crucianella bucharica* 18 (espèces), M *Thlaspi perfoliatum* (34 espèces).

Les mauvaises herbes pérennelles et d'un an *Cystanthe flava*, *Cuscuta lehmanniana* (17 espèces)*.

Nous avons, donc, cité des végétaux représentant une cinquantaine d'écobiomorphes comportant plus de 815 espèces.

Nous avons pu constater que les écobiomorphes xérophiles (MX, PmMX, HaMX, X et HaX) n'épuisent pas toute la diversité de la flore des déserts du moment qu'ils ne sont que 56 %. Ceci est dû de toute évidence à la situation qu'occupent les déserts de la dépression touranienne dans la zone des climats modérés dont une partie, seulement, a le climat subtropical. Il n'en reste pas moins les variétés xérophiles jouent un rôle particulier dans la couverture végétale. Les écobiomorphes xérophiles de nos déserts se distinguent par un foisonnement de végétaux arborescents (arbustes, arbrisseaux, herbes ligneuses etc.). On trouve dans ce groupe de plantes de nombreuses espèces dont les fonctions de photosynthèses sont passées, des feuilles, fortement réduites, aux tiges. Il importe, par ailleurs, de souligner le rôle des écobiomorphes éphéméroïdes et éphémères (ils sont plus de 350, soit environ 37 % de la flore des déserts). Les écobiomorphes des herbes monocarpes tant pérennelles que graminées comportent une profusion d'espèces de l'ordre de 415 (plus de 40 %).

Les cénopopulations. Tous les écobiomorphes font partie de la phytocénose concrète (cénocystème) en qualité de cénopopulations, c'est-à-dire d'ensembles donnés. Là on doit tenir compte de l'importance des cénopopulations, de leur composition par âges et de la disposition des plantes sur le territoire de phytocénose. Toutes ces particularités rendent bien compte du degré de stabilité de l'association.

Ainsi, dans le désert d'*Anabasis salsa* la quantité des plantes mûres mesurée durant 5 années consécutives variait de 63 à 69 sur la même aire (100 m²) avec indice de stabilité égal à 96,5 %. Dans le cas de *Petrasimonia brachiata* ces variations allaient de 27 à 51 alors que l'indice ne s'élevait qu'à 7,5 %.

* Ajoutons en plus que les déserts renferment un grand groupe de lichens éphéméroïdes de la famille *Aspicillia*, ainsi que l'espèce désertique MX *Tortula desertorum*. On y trouve la richissime flore des algues de surface.

La composition par âges permet de distinguer les groupes suivants à l'intérieur d'une cénopopulation: **latent** — quantité de semence contenue dans le sol, **infantile** — germes et jeunes plantes pérennelles, **juvénile** — plantes en croissance, **génératif** — plantes mûres, **sénile** — plantes vieilles. La composition normale de la population se présente sous forme de progression décroissante. Ainsi, dans une des populations d'*Artemisia terrae-albae* sa cénopopulation avait la composition suivante par groupes susmentionnés: 7245000, 35520, 2314, 984, 13. Les recherches effectuées dans les déserts du Kazakhstan ont révéilé une grande importance du contrôle sur la composition par âges des cénopopulations dominantes. Cela concerne, avant tout, les groupes infantile (germes) et juvénile étant donné que c'est la composition quantitative de ces groupes qui accuse les plus grandes fluctuations dans les zones arides en tombant à zéro certaines années (fig. 1). L'ensemble des plantes appartenant à un seul biomorphe des cénopopulations (par exemple, des éphémères méso-philés ou arbustes halophiles) est, généralement, considéré comme une entité écologique.

La distribution des plantes faisant partie d'une cénopopulation acquiert une importance particulière dans les régions arides en raison d'une couverture végétale clairsemée. «Le caractère clairsemé des populations de plan est la particularité caractéristique de la couverture végétale de nos déserts», — écrivait E. Korovine [3], botaniste soviétique de renom spécialisé dans l'étude de la végétation des régions

arides. Il est normal, que les plantes et la projection de leurs couronnes n'occupent que 25–50 % de l'aire donnée. Seules les racines sont plus rapprochées entre elles. Cependant le densité peut être encore plus faible et même nulle.

La répartition des plantes dans les phytocénoses peut présenter des variations considérables. En règle générale, les plantes des populations dominantes sont réparties plus régulièrement que celles des populations dominées. Il existe, donc, de diverses techniques d'estimation du degré de régularité de cette répartition. Nous en avons retenu la plus simple. Il s'agit de la technique de détermination des coefficients de répartition à l'aide d'aires d'essai de dimensions variables [2].

La grande majorité des phytocénoses des régions arides sont monodominantes mais cette règle n'est pas sans exceptions, en particulier, dans les déserts de sable où l'on trouve des populations polydominantes, par exemple, dominées par certaines espèces de *Calligonum* et d'autres arbrisseaux. La cénopopulation dominante forme dans la phytocénose une certaine strate de phytomasse, sa vase morphologique (la matrice) qui se divise, facilement, en strates aériennes et souterraines. Dans ces strates, les réserves de phytomasse sont, généralement, supérieures à la production de toutes les autres plantes et constituent 60 à 90 % de la production globale des cénoses. D'autre part, la phytomasse des strates souterraines est, sensiblement, supérieure à celle des strates aériennes, ce dont nous avons déjà

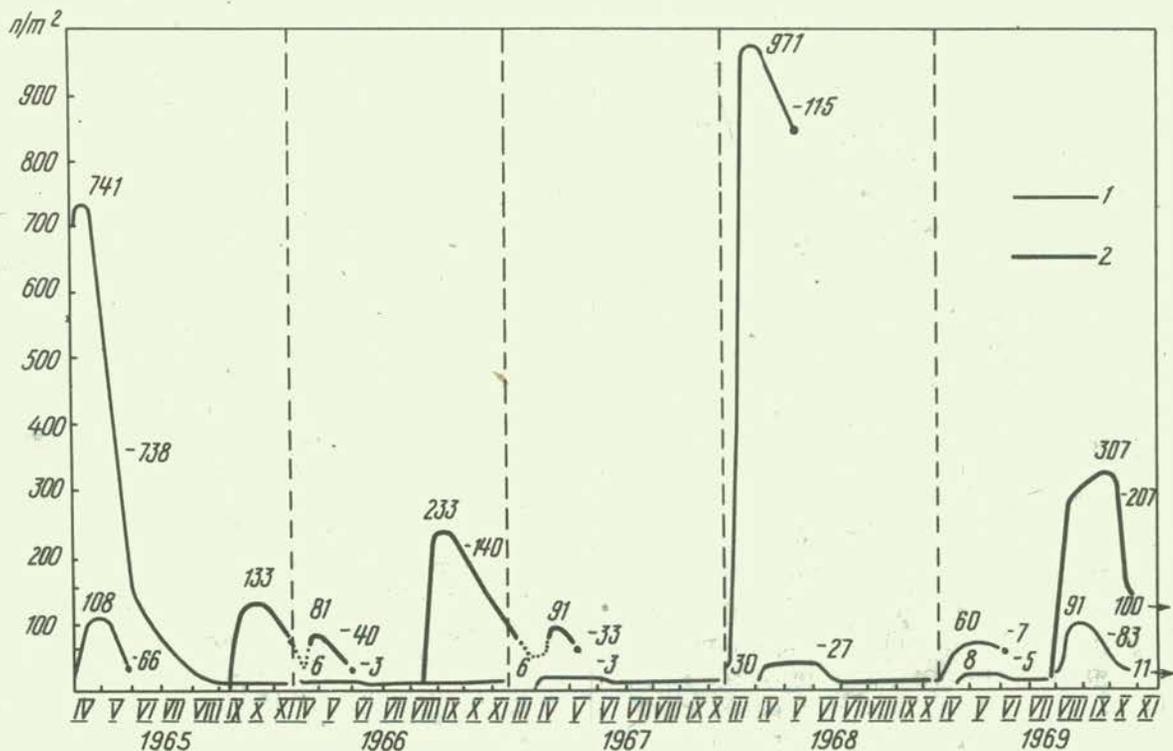


Fig. 1. Fluctuations des germes des plantes dominantes *Artemisia terrae-albae* et *Alyssum desertorum* dans un désert d'*Artemisia*

parlé plus haut. Cette supériorité est exprimée dans un rapport de 1 à 2 ou de 1 à 5,5. Cette règle ne comporte que peu d'exceptions (par exemple, les phytocénoses de *Salsola gemmascens*).

Outre la strate dominante, les phytocénoses comportent des strates subdominantes (c'est le cas de la cénose d'*Haloxylon aphyllum*). Les strates subdominantes peuvent donner naissance à l'arbrisseau xérophile *Salsola rigida* et aux éphémères mésophiles. Chacun de ses strates repose sur les cénopopulations d'une seule culture.

La valeur biologique de la stratification réside dans la répartition déterminée des organes d'assimilation et d'adsorption des plantes supérieures et des organismes inférieurs au sein du cénocystème déterminé. De ce point de vue on peut distinguer dans les cénocystèmes les plus compliqués, la première strate d'assimilation constituée d'arbres ou d'arbustes (elle peut être divisée en horizons des parties supérieures et inférieures des couronnes), la deuxième strate composée d'arbustes et d'arbrisseaux, la troisième strate d'herbacées, la 4^e d'éphéméroïdes et la

5^e de lichens. Parmi les étages d'adsorption (aériens), on distingue le 1^{er} destiné à consommer l'humidité atmosphérique, le 2^e servant à utiliser l'eau contenue dans les capillaires du sol et le 3^e pompant l'eau des couches souterraines plus ou moins profondes. Les étages souterrains permettent souvent de se renseigner sur la distribution de l'eau et des sels dans le sol.

Les parcelles. Les plantes sont distribuées d'une façon inégale dans la phytocénose. Même cela suffit, pour que toute phytocénose soit divisée en éléments dits «parcelles».

Les parcelles des phytocénoses arides décomposent dans une plus grande mesure que les strates et les niveaux la phytocénose en entités particulières présentant des différences de productivité, de valeur énergétique, de circulation des matières, de sols et de phytoclimat.

On distingue les parcelles suivantes dans les phytocénoses des déserts (fig. 2):

a) **ordinaires** — constituées de plantes dominantes (et même d'une seule plante — parcelle élémentaire);

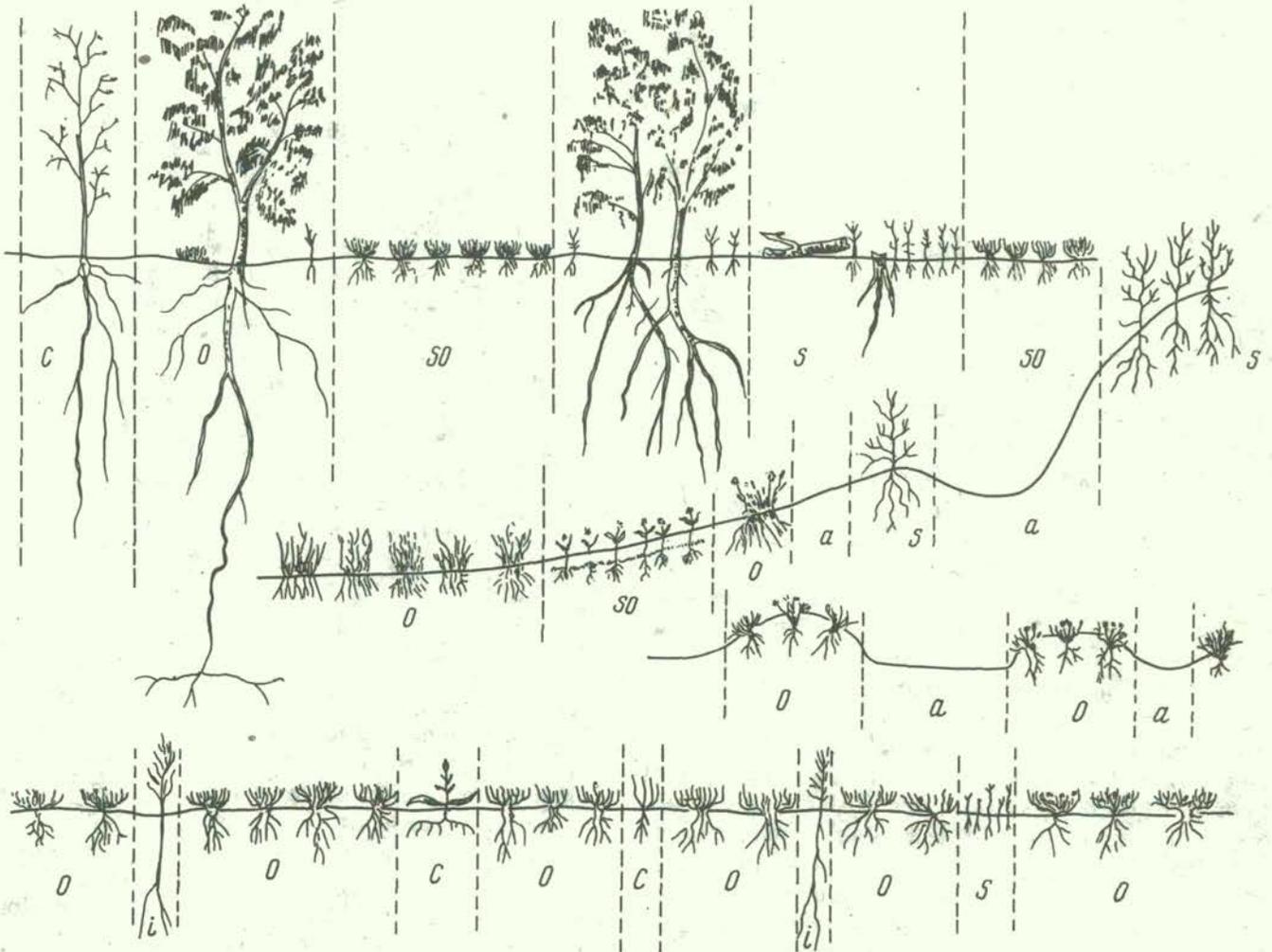


Fig. 2. Types de parcelles dans les associations des déserts d'Asie Centrale
Parcelles: o — ordinaires; so — subordonnaires; c — complémentaires; i — intersérial; s — sériales et a — atégumentaires

b) **subordinaires** — constituées de groupes et de tâches (en cas de reproduction végétative) de plantes subdominantes mais situées sous les couronnes des plantes dominantes;

c) **complémentaires** de la population intégrée faisant partie des populations dominantes (composées de parcelles ordinaires ou subordinaires) et se rapportant aux mêmes écobiomorphes;

d) **intersérielles** ou insérées, composées d'espèces ne se rapportant pas à la strate dominante ou subdominante et à leurs écobiomorphes. De ce fait elles viennent perturber leurs strates;

e) **sérielles** constituées de groupes ou de tâches provisoires de plantes sont le plus souvent des foyers donnant naissance à des successions résultant de la démutation ou de la dégression;

f) **sans tégument** qui ne comporte pas de plantes supérieures; généralement, leur surface ou les niveaux supérieurs du sol sont saturés d'algues ou de lichens *Aspicilia*.

L'étude des parcelles permet de connaître avec précision la nature des phytocénoses en même temps que de nombreux processus importants tels que la reproduction des populations, leur productivité, les successions etc.

Il importe de préciser sous ce rapport que les biocénologues cherchent depuis longtemps une unité de structure plus commode pour l'étude de la morphologie et de la dynamique des cénoses. A un moment donné ce rôle a été dévolu à l'*écoïde* [9] qui devait définir le système et le milieu d'habitation. Cette unité concorde avec la parcelle élémentaire constituée d'un spécimen, il n'en reste pas moins, la parcelle peut rendre compte des particularités essentielles du cénocérosystème à condition qu'on la considère, non seulement dans son milieu primitif (le sol plus spécialement) mais encore en rapport avec toute la population animale et microbienne. Dans cette interprétation la parcelle acquiert une nouvelle dimension de particule élémentaire (*cénocule*) du cénosystème. En plus, elle devient le sous-système de ce dernier du fait qu'y ont lieu à l'échelle réduite tous les processus propres au cénosystème (notamment le flux d'énergie venant des autotrophes aux successions réduites, la production de biomasse, la circulation des matières et la formation des sols).

La figure 3 montre d'une manière très schématique une de ces *cénocules*.

Les conassociations, les associations et les combinaisons. Les données qui précèdent se rapportent à la composition des phytocénoses isolées. Or, les phytocénoses forment souvent de véritables imbrications à l'intérieur des écosystèmes. Dès nos jours s'y ajoute encore le facteur anthropogène ce qui nous incite à observer la plus grande prudence dans la détermination des phytocénoses et de leurs associations dans la nature. L'écologiste se doit, donc, de disposer des données très exactes sur la structure et adaptées à l'environnement. Mais, il importe, aussi, de connaître leurs modifications sérielles et, spécia-

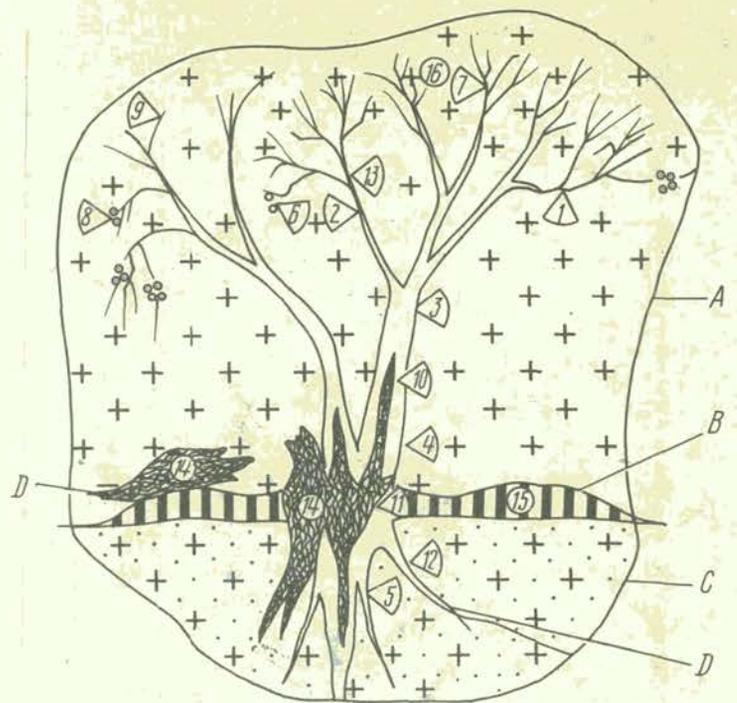


Fig. 3. Cénocule d'*Haloxylon aphyllum* dans ses phytocénoses:

A — la phytosphère avec les biolines; B — nécropodium associé aux biolines (+) et à la population phytogène; C rizosphère avec humus (-) et biolines; D — masse morte des arbres.

Champignons phytotrophes et saprotrophes:

1 — *Diplodia haloxyli* sur les jeunes pousses; 2 — *Stagonosporopsis haloxyli* sur les jeunes pousses; 3 — *Phoma haloxyli* sur l'écorce et le bois; 4 — *Fibuloporia desertorum* sur le bois du tronc; 5 — *Nigrodiplodia zaprometovii* sur le bois des racines.

Insectes phytotrophes:

6 — *Cillardia azurea* formant des galles sur les pousses d'assimilation; 7 — *Xerophilaphis saxaulica*; 8 — *Haloxylaphaga infestans* formant des galles sur les pousses génératives; 9 — *Achras albicosta*; 10 — *Halocerus campicola* se nourrit par les bois des racines; 11 — *Turcmenigena varenzovi* — *ibid.*; 12 — *Corygetus exquisitus* — *ibid.*, sur les racines.

Mammifères:

13 — *Rhombomys opimus* se nourrit de pousses et de graines Termit; 14 — *Anacanthotermes ahngerianus* se nourrit des bois morts. Saprotrophes du sol — 15

Insectes carnivores:

16 — *Bulaca lichatschovi*

lement anthropogènes pour être en mesure de définir leur appartenance aux types de phytocénoses (associations) déterminés. C'est tout à fait indispensable pour choisir correctement le régime d'exploitation et de reconstitution de la végétation.

De ce point de vue la notion de *conassociation* [1] présente un intérêt certain. Cette notion traduit l'ensemble de la phytocénose, normalement, développée et des modifications collatérales des phytocénoses du même type ou de la même association. L'évolution de ces modifications se poursuit, généralement, dans le sens de reconstitution des phytocénoses et s'échelonne sur plusieurs décennies. Prise sous sa forme la

plus compliquée la conassociation peut apparaître sous les traits d'un complexe qui intègre comme cela a été démontré plus d'une fois les cénoses précédentes aux associations les plus avancées (parfois en voie de disparition) et intermédiaires ou sérielles. Dans la partie sud des déserts de la Caspienne on rencontre des complexes à trois composants qui évoluent sur les dépôts marins en voie de déssalement. Nous voyons sur la fig. 4 les cénoses les plus primitives d'*Artemisia pauciflora* situées sur des lieux élevés et les cénoses les plus développées d'*Anabasis salsa* sur les étendues plates des sols argileux associées aux diverses cénoses intermédiaires et procénoses zoogènes sur les colonies de *Citallis pygmaeus*.

Dans ces complexes l'évolution va des cénoses plus simples aux plus stables et compliquées qui ressemblent à plus d'un égard aux cénoses en voie d'extinction. Mais il y a, également, des différences substantielles. Premièrement, les cénoses initiales et finales se rapportent, généralement, aux phytocénoses radicalement différentes, c'est pourquoi l'évolution se mesure non plus aux décennies mais aux millénaires. Deuxièmement, les cénoses formant des associations sont réparties d'une manière régulière dans l'écosystème en ce sens que leur évolution est concentrée en un grand nombre de points régulièrement répartis. Troisièmement, toutes les modifications qui ont lieu dans l'écosystème sont beaucoup plus profondes et associées à celles du microrelief caractérisé par la concentration des végétaux et des sols fertiles dans ses parties les moins élevées. Ainsi les associations susmentionnées forment une seule conassociation d'*Anabasis salsa* en voie de formation.

Nous rencontrons des associations bien différentes dans les déserts de sable. Les cénoses les plus développées y sont encore relativement jeunes, les formes du relief sont exogènes dues à l'érosion éolienne et, enfin, l'existence, même, de ses associations est soumise à la cyclicité exogène (fig. 5) ce qui est en fait une forme d'existence des associations aux premières étapes de leur évolution.

Mais on rencontre dans les déserts d'autres types de structures de couverture végétale dits **microzonaux**. Les microzones cernent les takyrs et les inselbergs et sont propres à la végétation qu'on rencontre sur les rives des lacs et cours d'eau des déserts. Il est, ce-

pendant, à noter que la végétation des microzones se compose souvent de conassociations et, notamment, de complexes.

Dans les cas considérés (conassociations, complexes, microzones, combinaisons) les phytocénoses particulières se confondent généralement entre elles en formant des soi-disantes successions écologiques ou séries écologiques. L'étude de ces successions fournit beaucoup de données sur le rapport entre les associations et les conditions adaphiques de l'environnement.

Principaux écosystèmes et tendances d'évolution

C'est un fait notoire que la notion des écosystèmes s'étend sur les phénomènes, différents de la biosphère toute entière du biocénose avec son milieu biocénotique. En premier cas il s'agit d'un écosystème global et dans le deuxième d'un cenoécosystème (biogécénose). Entre ceux-ci il y a toute une série des écosystèmes intermédiaires. Il nous importe d'y distinguer ceux de congrégation dont chacun occupe le territoire dominé par le biocénose avec les plantes dominantes se rapportant à un seul et même écobiomorphe (tels les formations d'*Anabasis salsa*, *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrophytum lehmannianum*, ainsi que des arbrisseaux haloxérophiiles) et les cénoses faisant partie d'une seule et même congrégation. Nous rassemblons la totalité des écosystèmes pareils dans les types congrégationistes*.

Nous allons donner un bref aperçu de la végétation des sept écosystèmes les plus importants des déserts touraniens.

Ecosystèmes d'arbrisseaux xérophiiles aux sols bruns et gris-bruns d'origine alluviale et formés de glaise. On y rencontre le plus souvent des associations (*Artemisia terrae-albae*, *A. turanica*, *A. kemrudica*). Chacune des variétés d'absinthe forme son groupe de pâturages. Les arbrisseaux dominants ont une grande valeur nutritive (60 à 90 unités fourragères par 100 kg d'aliment sec). Au printemps on y trouve un foisonnement d'éphéméroïdes et d'éphémères XM

* En principe des écosystèmes désertiques de la dépression touranienne se rapportent à l'écosystème des déserts hors-tropicaux, parce qu'ils coïncident à la zone biogéographique de même nom soit à une phratric [8].

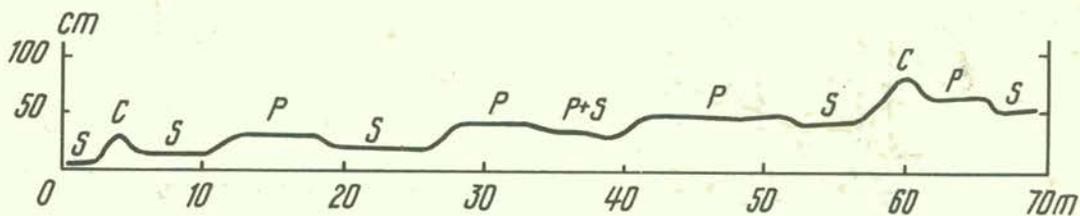


Fig. 4. Profil nivelé d'association d'*Artemisia* dans la partie nord des steppes de la Caspienne
Symboles: c — remblai des rongeurs; s — *Anabasis salsa*; p — *Artemisia pauciflora*

et M. Les rendements en fourrages varient de 1 à 3 quintaux par ha. On observe, également, de grandes fluctuations annuelles (fig. 6).

Outre des animaux domestiques, les consommateurs principaux de la phytomasse sont des antilopes, des gazelles et des rongeurs — des zisels, des gerboises.

Les absinthes ne sont pas étudiées suffisamment. Leur phytomasse est riche en azote et assez cendrée. L'ordre descendant des éléments:

Artemisia terrae-albae N>K>Ca>Si>S>Na>Al>Cl;

A. kemrudica N>K>Ca>Cl>Na>Si>Ma>S.

La formation de ces écosystèmes assez jeunes était suivie de la morphogénèse et xérophytisation des absinthes, avec la sougenèse des sols bruns, dont la composition minérale n'est pas altérée, suffisamment, avec la basse teneur d'humus (0,5–2,0 %). Le taux élevé de Na dans la cendre des plantes stimule le développement de l'alcalinisation des sols. Actuellement, il est difficile de mettre en évidence les voies possibles du développement biocénogénétique des

écosystèmes en question. Tandis que leur surexploitation en tant que pâturages provoque des dégressions considérables.

Ecosystèmes d'arbrisseaux xérophiles associés aux sols gris rocheux et alluviaux des inselbergs. Comme végétation on y rencontre le plus souvent l'*Artemisia* dont l'espèce dominante (*Artemisia diffusa* *A. turanica*) a une haute valeur nutritive (de l'ordre de 70 unités fourragères). Il y a aussi les éphéméroïdes telles que *Poa bulbosa* et *Carex pachystylis*, ainsi qu'une grande diversité d'éphémères. Le rendement des pâturages atteint environ 3 quintaux par ha. L'évolution florogénétique et la pédogénèse, extrêmement, lentes de cet écosystème sont liées aux processus prolongés de destruction des inselbergs, à ceux alluviaux, et ils visent à la formation des écosystèmes du type précédent.

Ecosystèmes de semi-arbrisseaux haloxérophiles associés aux sols gris-bruns salins rocailleux au régime automorphe à un faible lessivage des plateaux. Les plantes dominantes sont *Salsola arbusculiformis*, *S. laricina*, *S. gemmascens*, *S. rigida*, *Anabasis*

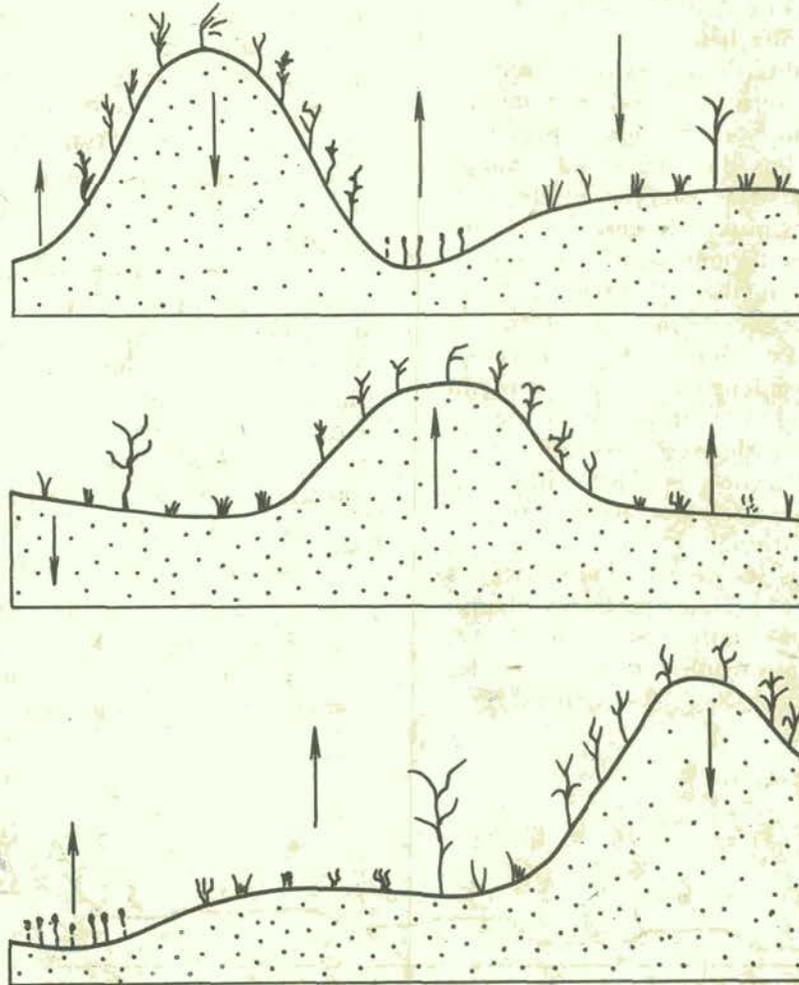


Fig. 5. Evolution cyclique des déserts de sable. Trois phases (de haut en bas) d'évolution exodynamique continue. Les flèches indiquent les variations des niveaux de déflation du sable et des successions

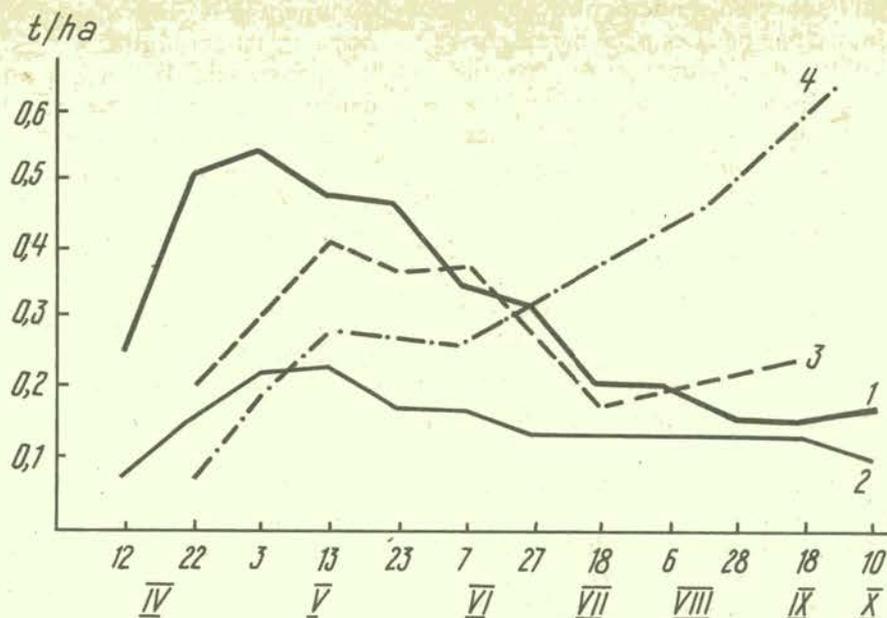


Fig. 6. Fluctuations de productivité saisonnières et annuelles du pâturage de semi-arbrisseaux

salsa, les absinthes et les germinés à une longue végétation jouent un rôle considérable (*Halimocnemis longifolia*, *Salsola turkomanica*, *Horaninovia anomala*).

La productivité biologique varie de 1 à 10 t/ha. Le rendement en fourrage est de 0,5 à 3,5 quintaux par ha. Les pâturages sont d'usage printanier et automnal (parfois hivernal). Les consommateurs de la phytomasse sont presque les mêmes que dans les écosystèmes xérophiles des semi-arbrisseaux.

La phytomasse des pousses graminées est, considérablement, cendrée (jusqu'au 15 % et plus).

L'ordre des éléments:

Salsola arbusculiformis K>N>Ca>Na>S>Mg>Cl>Al;

Salsola orientalis (rigida) N>K>Na>Cl>Ca>S>Mg>Al.

Ces écosystèmes subclimatériques peuvent être divisés en deux parties, dont la première — sur des plateaux rocaillieux, avec des flore et faune assez riches, aux sols privés de la croûte gypseuse; et la deuxième — sur des plateaux argileux avec une croûte gypseuse, aux sols, faiblement, altérés, au régime automorphique plus rude. Le premier groupe est plus vieux et le deuxième (le plateau d'Oust-Yourt, par exemple) est plus récent. Leur évolution ultérieure est liée aux désalinisations physique et chimique et altération des sols.

Ecosystèmes xérophiles d'arbres et d'arbrisseaux associés aux sols gris-bruns du type takyrien aux régimes autotrophes des anciennes terrasses (holocène) des cours d'eau (*Haloxylon aphyllum*). Il s'agit de la végétation à prédominance d'*Haloxylon aphyllum* et dans les étages inférieurs d'*Artemisia terrae-albae*, *A. sogdiana*, *Salsola ridida*, ou encore de lianes herbacées (*Bryonia melanocarpa*, *Rubia deserticola*).

La productivité biologique varie de 3 à 10 t/ha, le stock de bois 1–40 t/ha, le rendement en fourrages — 0,3–2,0 quintaux par ha.

Le principal consommateur de la phytomasse du saksaul (*Haloxylon aphyllum*) est le zisel, les insectes (plus de 100 espèces) et les champignons.

La phytomasse des pousses vertes *Haloxylon aphyllum* est considérablement cendrée (près de 18 % du poids sec abs), alors leur chute influe, sensiblement, la distribution des sels dans le sol — celui-ci devient alcalin. L'ordre des éléments cendrés est le suivant: Na>K>Ca>Mg>N>Cl>S>Si.

Ces écosystèmes sont exploités en qualité de sources du combustible à haute calorificité et de pâturages. En cas de modification radicale d'ancien régime hydraulique du delta vers la baisse des eaux souterraines le développement de ces écosystèmes proclimatériques se poursuivra vers le système de semi-arbrisseau climatérique associé aux sols bruns et gris-bruns. On connaît des processus de la démutation des saksauls après la coupe. Ce processus se poursuit 20 années, environ, en passant par plusieurs phases.

Ecosystèmes psammomésoxérophyles des semi-arbres, semi-arbrisseaux et des arbustes associés aux sols sablonneux primitifs, au régime automorphique du lessivage, aux horizons saisonniers des eaux souterraines (préplakors). Comme végétation, l'on y rencontre les saksauls (*Haloxylon persicum*, plus rare est *H. aphyllum*), les espèces de *Calligonum*, les *Salsola richteri*, *S. paletziana*, *S. arbuscula*, *Ephedra strobilacea*, *E. limatolepis* etc. Parmi les subdominants se distingue *Carex physodes* et la série des absinthes (*Artemisia*).

La productivité biologique est de 3 à 15 t/ha. Le stockage du bois est de 1 à 40 t/ha. Les pâturages

sont hivernaux de préférence au rendement des fourrages de 2 à 6 quintaux par ha. Les principaux consommateurs de la phytomasse sont outre des animaux domestiques des zisels, des gerboises, des tortues de steppe et des insectes. Les termites se servent de la masse morte. Les dominantes possèdent de grandes consortions.

La phytomasse produite est cendrée à 5–10 % à la succession suivante des éléments cendrés:

Haloxylon persicum Ca>K>N>Mg>Na>S>Si>Al;
Calligonum sp. Ca>K>Mg>N>S>Na>Al>Si;
Carex physodes K>N>Ca>Si>Mg>P>Cl>S.

Les sols sont les plus primitifs (l'humus de 0,05 à 0,30 %).

Les écosystèmes sont proclimatériques à une genèse loin d'être achevée, soutenu par le caractère cyclique accentué du relief sablonneux, et de la cynécogenèse (v. fig. 5). La genèse inachevée de l'écosystème est accompagnée par la formation impétueuse des espèces de plantes et des insectes. Il paraît que l'évolution générale est dirigée vers la transition aux écosystèmes xérophiles des semi-arbrisseaux aux sols bruns et gris-bruns. Actuellement, les écosystèmes sablonneux sont les plus vulnérables.

Ecosystèmes des arbrisseaux, semi-arbrisseaux et des semi-buissons haloxérophiles au régime accumulatif ou amphibial dans les dépressions.

La végétation dominante: *Nitraria schoberi*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium foliatum*, *K. caspicum*, *Salsola dendroides*, *Suaeda physophora*, *Limonium suffruticosum*, *Anabasis salsa*.

La productivité biologique n'est pas étudiée. Les stockages des fourrages sont d'habitude restreinte (inférieur à 1 quintal par ha), pourtant, dans de certaines formations ils peuvent constituer de 2 à 4 quintaux par ha. Les consommateurs de la phytomasse sont les ongulés et les insectes. Les consortions des dominantes ne sont pas étudiées.

La phytomasse est très cendrée — de 20 à 30 %. L'ordre des éléments:

Halocnemum strobilaceum Cl>Na>Ca>Mg>K>N>Si>Al;
Anabasis salsa N>Ca>Cl>N>K>Mg>Al>Si.

Les sols sont alcalins, sulfatés, à quantité insignifiante d'humus (moins que 0,5 %), aux indices de la reconstruction microbiologique du gypse (l'odeur d'hydrogène sulfuré).

Des cénoécosystèmes isolés ont le caractère microzonal, migrant (en fonction des variations pérenelles du volume d'humidités), borné souvent des procénoses *Salicornia herbacea*.

Ce type des écosystèmes hypoclimateériques doit être très ancien, bien que les écosystèmes eux-mêmes soient assez primitifs.

Les écosystèmes d'arbres et d'arbrisseaux xéromésophiles des sols alluviaux hydromorphes des vallées des fleuves désertiques. Dans ces populations pré-

dominent les arbres halophiles XM, les *Populus ruinososa* et *P. euphratica* et les *Elacagnus exycarpa* et *E. angustifolia*. Il y a également beaucoup de lianes ligneuses (*Clematis orientalis*, *C. glauca*) et herbacées (*Cynanchum sibiricum*, *Rubia deserticola*).

Les consommateurs principaux de la phytomasse sont les chevreuils, les sangliers, les oiseaux, les faisans, surtout, des insectes dendrophiles. Ce sont les écosystèmes assez dynamiques (climactériques d'une manière cyclique) à une capacité de se reconstruire vite après les violations, associés aux sols humusés (9 %). Ce type des écosystèmes bien ancien a été en grande partie détruit ce qui nous amène à mieux protéger ceux qui restent encore.

Tels sont les types des écosystèmes désertiques de l'Asie Centrale et du Kazakhstan. Actuellement, ils ne sont pas étudiés à fond, alors les lois de leur fonctionnement, la puissance des courants de la biomasse et de l'énergie, les particularités de la circulation des éléments au sein du système exigent une étude profonde. Il en est de même pour la stabilité d'un écosystème. Ceci explique bien facilement les difficultés dans le choix des voies et des normes en vue de les utiliser rationnellement.

Soumis aux conditions naturelles très rigoureuses, privés des étages souterrains et d'une bonne protection du sol, les écosystèmes des déserts sont très vulnérables.

Les écosystèmes des déserts ont encore d'autres particularités qui nous amènent à exploiter les pâturages situés dans ces zones avec une extrême prudence. N'en citons que quelques-unes.

Nous avons déjà démontré que le rendement en fourrages des pâturages des déserts avait de très grandes variations liées aux conditions climatiques. Ces variations atteignent $\pm 60\%$ (parfois même davantage) par rapport à la productivité moyenne. Cela veut dire que le pacage incontrôlé peut conduire à une forte dégradation des pâturages aux années de mauvaises récoltes. Il importe, donc, de mettre ces calendriers à jour tous les ans et en un temps opportun d'abord sur la base d'une prévision météo à long terme et puis après l'évaluation de l'état des pâturages. Précisons tout de suite, que la prévision des récoltes est parfaitement faisable.

Les parasites des plantes se reproduisent, également, à des périodes déterminées ce qui amène le service de protection des plantes à perfectionner le système de prévision des flambées endémiques et à mieux connaître les probabilités de leur extension.

Dans nos déserts l'équilibre entre le nombre de rongeurs (*Rhombomys*, *Moriones*, *Citellus*) et d'oiseaux de proie (*Aquila heliaca*, *A. nipalensis*, *Buteo rufinus*) a subi une altération profonde. Ainsi, les populations de rongeurs se sont accrues, fortement, alors que l'action des oiseaux de proie en tant que facteur régulateur de leur nombre a diminué en raison de leur quantité insuffisante. Les rongeurs influent, grandement, sur les réserves en fourrages et, leurs colonies occupent des surfaces considérables.

Il importe de ce fait de protéger, rigoureusement, les oiseaux de proie.

Des études réalisées sur nombre de biocénoses ont révélé que la productivité de la faune des phytotrophes utiles (les ongulés, plus particulièrement) était, directement, proportionnelle à la variété écologique et à l'éventail des plantes. Donc, l'élevage dans la zone désertique doit être aussi varié que possible. Il importe, surtout, de développer non seulement, l'élevage des ovins mais encore des chameaux. Les goûts et les besoins de ces animaux sont différents, par conséquent, ils utiliseront plus pleinement la végétation et produiront plus que les moutons seuls. De plus les chameaux se contentent de moins d'ali-

ments que les moutons. C'est pour les mêmes considérations qu'on devrait, également, veiller à accroître le cheptel d'antilopes.

N'oublions pas, enfin, que les déserts de la cuvette touranienne renferment de nombreuses plantes rares, endémiques la plupart du temps. Ces produits de l'évolution et leur fond génétique doivent, donc, être conservés ce qui signifie que de nombreuses exploitations devront faire figurer sur leurs cartes géobotaniques, les terrains à pâturage contrôlé et modéré afin de protéger les plantes et les animaux rares. Enfin, une série de mesures est indispensable afin de restaurer les pâturages détruits par des techniques de la phytobonification ou en les laissant reposer.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Bykov B.A.* «A propos de la méthode d'exemples pour déterminer la distribution spatiale et la quantité des plantes». *Révue botanique*, v. 51, n°7, 1966
2. *Bykov B.A.* *Géobotanique*, III^e Edition, 1978, Alma-Ata.
3. *Korovine E.P.* «Végétation d'Asie Centrale et du Kazakhstan du Sud», v. I, II, 1961, 1962. Tachkent.
4. *Korovine E.P., Chouvalov S.A.* «A propos de la complexité biogénique de la couverture végétale dans la zone aride». *Annales MOIP*, v. III, n°1, 1948.
5. *Laurenko E.M.* «Géographie botanique des déserts d'Eurasie et d'Afrique moderne». 1962.
6. *Rodine L.E.* «Productivité des associations de déserts». Tiré du livre: «Les ressources de la biosphère» t. I. Leningrad.
7. *Sérébriakov I.G.* «Morphologie écologique des plantes», 1962.
8. *Sotchava V.B.* «Associations végétales et évolution des écosystèmes». *Travaux de l'Institut de géographie de Sibérie et d'Extrême-Orient*, t. 2, 1968, Irkoutsk.
9. *Negri G.* Interpretazione individualista del paesaggio vegetale. "Nuevo Giornale Bot. Italiano", n° 61, 4, 1954.
10. *Warming E.* *Plantefund: Grundtraek at den økologiste Plante geografi*. Kobenhavn. 1895.

FORMES VITALES DES PLANTES, EXAMINEES EN RAPPORT AVEC LA PRODUCTIVITE DE LA VEGETATION DES DESERTS EN ASIE CENTRALE

par *N.T. Nétchayéva*. Académicien de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. Conseillé scientifique de l'Institut des Déserts de l'AS de la RSS de Turkménie (Achhabad)

La part des plantes à différentes formes vitales au sein de la couche de végétation dans le désert définit les particularités de la structure verticale et horizontale de la couche végétale, la quantité de la phytomasse produite, ainsi que la stabilité du rendement en fourrages vis-à-vis des conditions météorologiques variables. Les particularités biologiques et économiques des plantes jouent également un rôle impor-

tant dans le choix des plantes pour l'amélioration des herbages et pour la fixation des sables mobiles.

1. Composition par espèces et formes vitales des plantes

La couche de végétation des déserts d'Asie Centrale (environ 300 espèces) se compose de différen-

tes formes vitales des plantes (fig. 1). Le pourcentage des plantes dans le désert Kara-Koum [3] est donné dans le tableau 1.

Les plantes les plus répandues appartiennent aux familles botaniques des Chenopodiaceae, Gramineae, Leguminosae, Cruciferae, Compositae, Polygonaceae, Boraginaceae. Chacune de ces familles est représentée par 11 à 42 espèces. Les autres 51 familles sont représentées par un nombre d'espèces moins grand.

Plantes lignifiées. Ce sont les plantes dont la plus grande partie des pousses se lignifient et moins d'un tiers des pousses de longueur s'atrophient. On y rapporte les arbres et les arbrisseaux. La principale particularité morphologique des arbres c'est la présence d'un tronc bien développé (d'un axe) qui reste durant toute la vie de la plante. D'habitude cet axe est unique (c'est bien rare qu'il y en a 2 ou 3) bien qu'il

Tableau 1

Biomorphe	Nombre de biomorphes	%	Nombre de familles	%	Nombre d'espèces	%
Arbres	4	6,9	3	5,2	5	1,8
Arbrisseaux	9	15,5	5	8,6	28	10,1
Petits arbrisseaux	4	6,9	3	5,2	4	1,4
Sous-arbrisseaux	5	8,6	4	6,9	14	5,1
Petits sous-arbrisseaux	10	17,2	6	10,3	25	9,0
Herbes pérennes	19	32,9	14	24,2	60	21,6
Herbes bisannuelles	1	1,7	1	1,7	2	0,8
Herbes annuelles	6	10,3	22	37,9	139	50,2
Total:	58	100,0	58	100,0	277	100,0

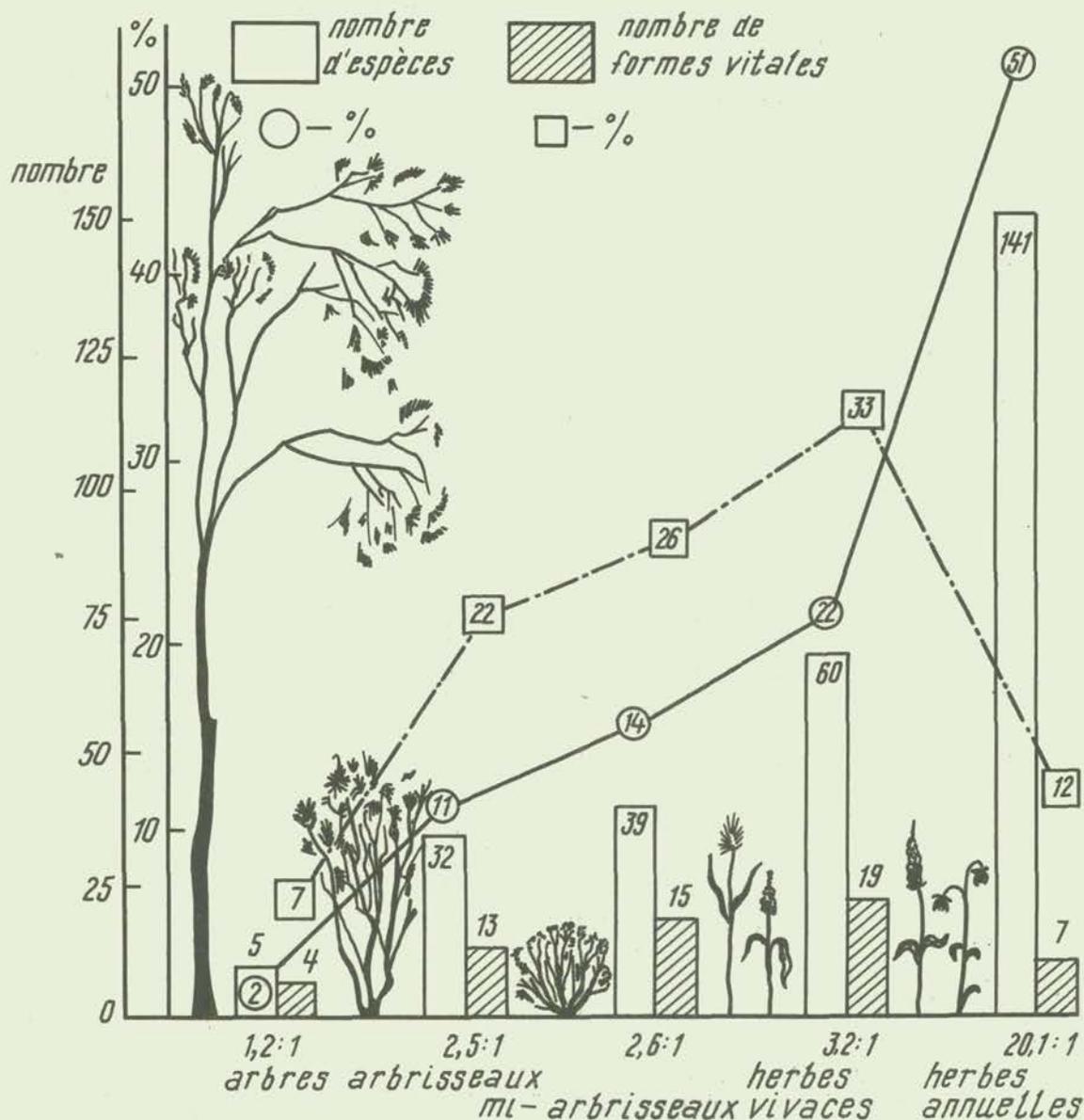


Fig. 1. Nombre d'espèces et celui de formes vitales des plantes supérieures du Kara-Koum

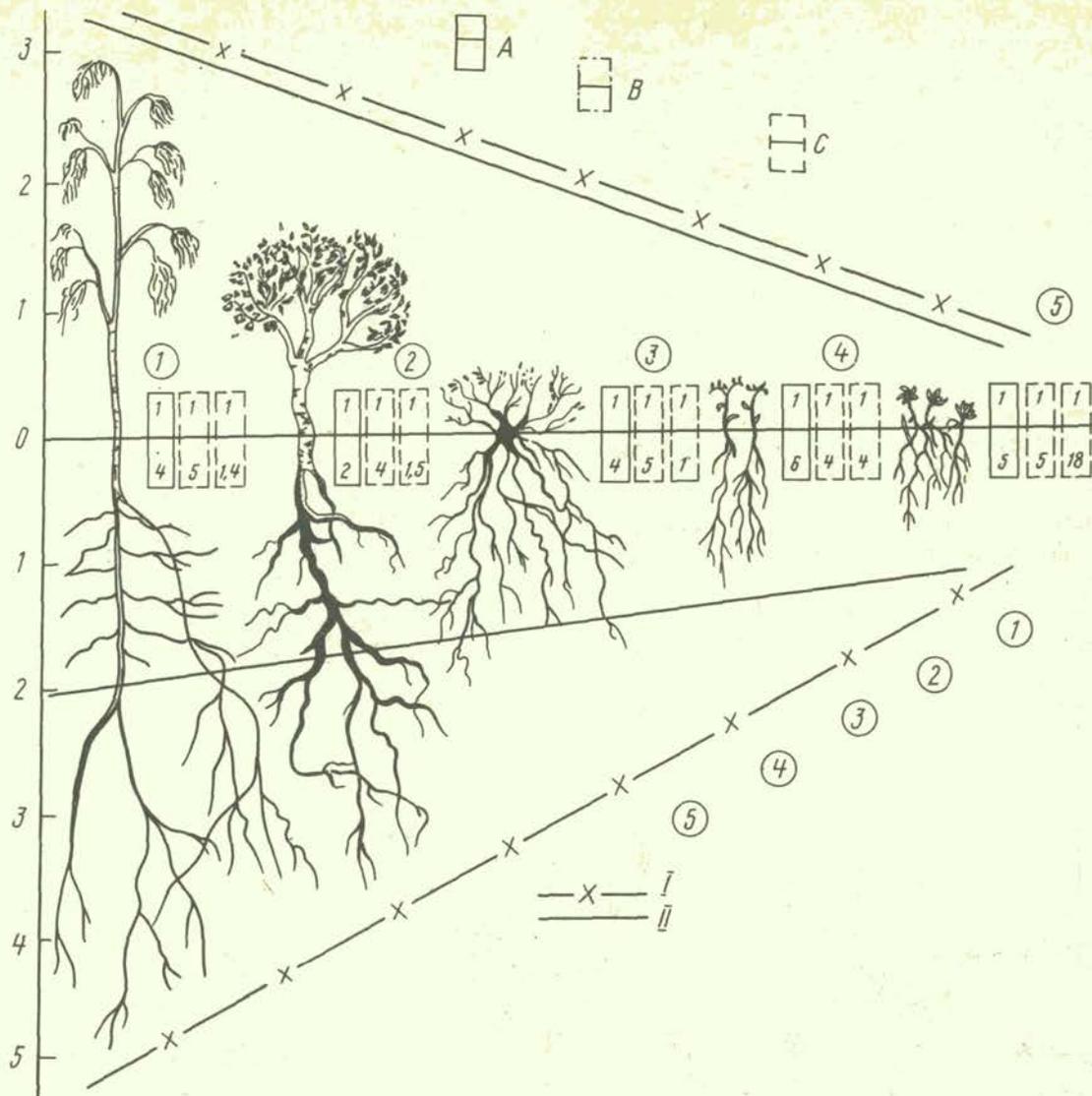


Fig. 2. Rapport entre la hauteur des plantes et la profondeur des racines, entre le volume spatial aérien et souterrain de l'espacement des organes des plantes, rapport entre le poids des parties aériennes et celui des parties souterraines pour les différentes formes de plantes vivaces du désert sablonneux;

A - rapport entre la hauteur des plantes et la profondeur de racines; B - rapport entre les volumes spatiaux aérien et souterrain d'espacement des plantes (m^3); C - rapport entre les biomasses des parties aériennes et souterraines

1 - arbres; 2 - arbrisseaux; 3 - mi-arbrisseaux; 4, 5 - herbes; I - hauteur des plantes et profondeur des racines; II - biomasse aérienne et souterraine

soit d'une longueur différente et se ramifiant dans la partie supérieure de la plante. Les arbrisseaux - ce sont des plantes possédant plusieurs troncs (axes) égaux.

En fonction de leurs dimensions on distingue parmi les plantes désertiques à plusieurs axes: les arbrisseaux - dont la hauteur est supérieure à 0,6 m et les petits arbrisseaux, leur hauteur étant inférieure à 0,5 m.

Plantes à moitié lignifiées. On y rattache les plantes dont les pousses aériennes meurent annuellement

à 2/3 et même plus. On distingue en fonction des dimensions: petits arbrisseaux - la hauteur est plus que 0,6 m; et les petits sous-arbrisseaux - la hauteur est inférieure à 0,5 m (fig. 2).

Les formes vitales caractéristiques pour telle ou telle espèce varient en fonction des conditions écologiques, favorables ou non. Par exemple, le *Haloxyton aphyllum* se développe d'habitude comme un arbre, mais souvent on peut le voir comme l'arbrisseau. Si l'axe principal a été abimé au début du développement, l'arbre devient multitronc, ce qui est propre à l'*Ammodendron conollyi*.

Ce sont les plantes lignifiées et semi-lignifiées dont la différenciation écologique est maximum. Les herbes pérennes sont aussi très variées tandis que les herbes annuelles sont différenciées moins, mais assez considérablement.

D'après le nombre d'espèces ce sont les herbes annuelles qui jouent le rôle principal dans les associations végétales. Pourtant, celles dominantes sont peu nombreuses, par rapport aux autres alors que la plupart des espèces des arbrisseaux et des sous-arbrisseaux sont dominantes dans la couverture végétale.

Les plantes désertiques ont la vie courte. Ce sont les arbres qui ont la vie la plus longue, qui peut atteindre 50 à 100 ans. Viennent ensuite les arbrisseaux (20 à 30 ans) et les sous-arbrisseaux (de 12 à 15 ans au plus).

2. Particularités biologiques, morphologiques et économiques des plantes

La profondeur, le caractère du développement, la masse des racines, ainsi que le rapport entre les or-

ganes aériens et souterrains au point de vue du volume envahi et de la biomasse (le poids), varient fortement pour les différentes formes vitales des plantes désertiques. Les plantes de désert comparées aux mêmes formes vitales de la zone modérée se distinguent par un système racinaire plus ramifié (fig. 3).

Les systèmes racinaires des arbres et des arbrisseaux sont plus vastes que les parties aériennes, tandis que le volume du sol occupé par les racines est supérieur au volume d'air occupé par les pousses, bien que le poids des racines des arbres et arbrisseaux soit deux fois moins grand, quelquefois égal et très rarement de 1,5 à 2 fois supérieur à celui des parties aériennes.

Les racines des sous-arbrisseaux ont un volume 2 fois plus grand que celui des parties aériennes; d'autre part, les poids de parties aériennes et souterraines sont égaux, ou la biomasse des racines est plus faible.

Les parties pérennes aériennes des herbes vivaces sont infimes. Les organes souterrains de la plupart

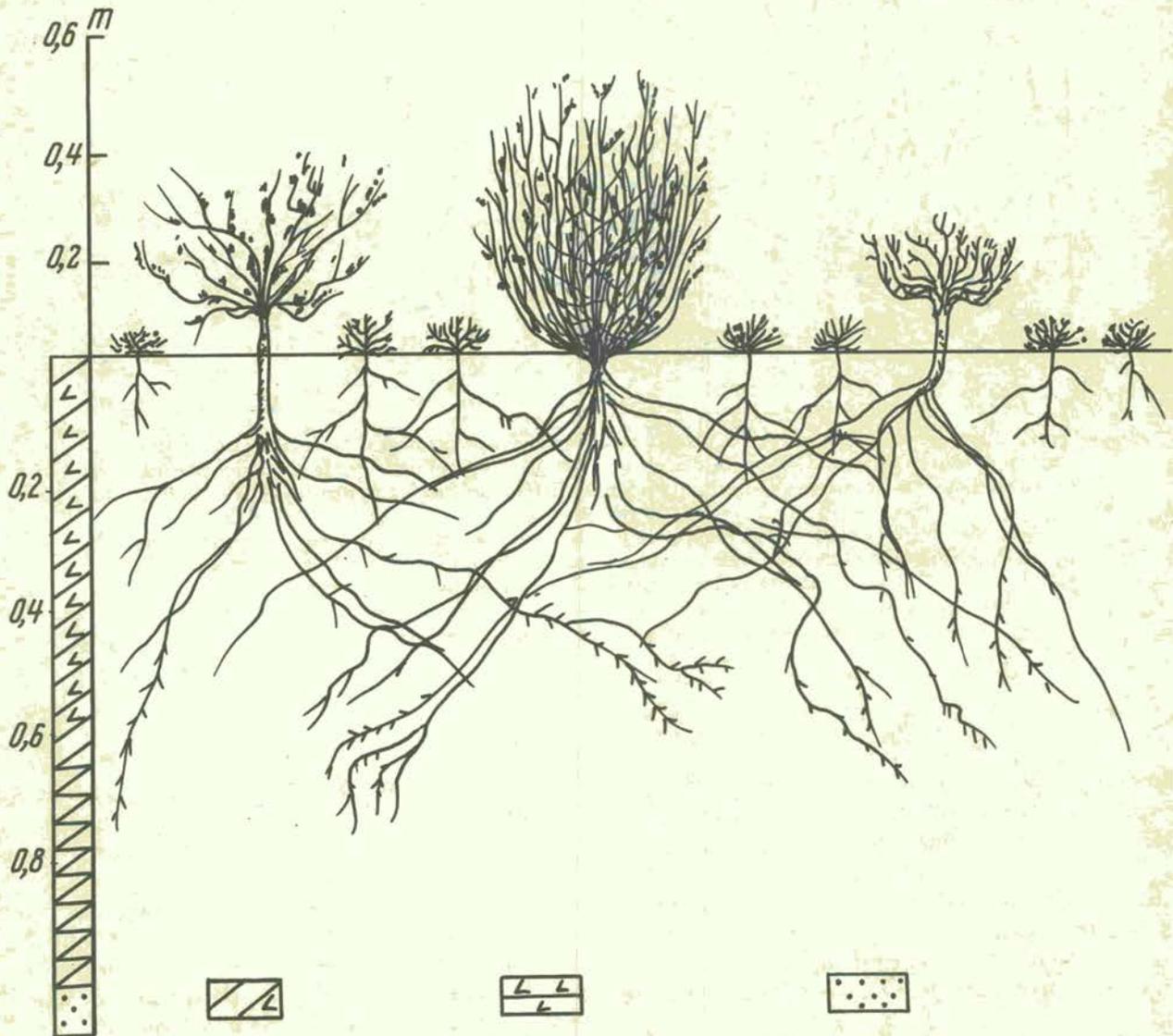


Fig. 3. Structure verticale de la végétation, genre mi-arbrisseaux (*Salsola gemmascens*+*Artemisia kemrudica* ass.).

des espèces dépassent considérablement, en volume et en masse, les organes aériens grâce aux grands rhizomes, tubercules et autres organes présentant une forte réserve de substances plastiques. Par exemple, le poids des racines et des rhizomes des représentants les plus répandus et les plus précieux pour les herbages du genre *Carex* (*C. physodes*, *C. pachystylis*) est de 15 à 25 fois plus élevé que le poids de parties aériennes. Cette particularité biologique conditionne une bonne capacité de regain de plantes pérennes au printemps, ainsi que leur résistance vis-à-vis du surpâturage. Ce sont les *C. physodes* (désert sablonneux) et les *C. pachystylis* (plaine de piémont) qui donnent le regain le plus important. Certaines plantes pérennes telles que l'astragale, peu nombreuses d'ailleurs, ont des systèmes racinaires peu développés; les animaux mangent volontiers leurs longues innovations, c'est un fait que de telles plantes résistent mal au surpâturage.

Pour les plantes annuelles, on note que leurs racines sont plus importantes que les organes aériens d'après leur profondeur et le volume occupé, tandis que leur masse est de 5 à 10 fois (rarement 2 fois) plus petite que celle de leurs organes aériens.

Le caractère des organes souterrains détermine sensiblement la résistance au surpâturage. Un système racinaire profond et suffisamment ramifié contribue au regain des arbrisseaux après que les innovations ont été broutées. Certaines plantes sous-frutescentes, telles que les espèces des genres *Artemisia*, *Smirnovia*, repoussent de nouveau après la période de pacage au printemps. Les laiches (*Carex physodes*, *C. pachystylis*) sont susceptibles de résister à deux périodes de pacage successives au cours de printemps pluvieux. Le bétail mange les pousses annuelles et une partie de petites branches de 2 et de 3 ans.

Les plantes pérennes se composent de parties annuelles et pérennes, dont les rapports peuvent

varier considérablement. Pour les plantes frutescentes ligneuses, les innovations constituent de 6 à 20 % de toute la partie exposée. Ce chiffre atteint 8 % pour les *Haloxylons* blanc et noir, 15 % pour les différentes espèces de *Calligonum*, 20 % pour *Ephedra strobilacea*. La part des innovations au sein des organes aériens des sous-arbrisseaux (*Astragalus*, *Smirnovia*, *Mausolea*) varie entre 31 et 35 %. Pour les petits sous-arbrisseaux, la part en poids des jeunes pousses varie entre 40 % (*Artemisia*) et 65 % (*Acanthophyllum*, *Convolvulus*). Les plantes pérennes herbacées présentent une petite tige pérenne, qui est absente chez les plantes annuelles. Ces chiffres permettent de se faire une idée de la quantité de fourrage offerte aux animaux herbivores en pacage; cette quantité est très faible pour les arbres et les gros arbustes et plus grande pour les sous-arbrisseaux. Quant aux herbes vivaces, elles sont mangées presque totalement, et les herbes annuelles, à cent pour cent. Ici implique beaucoup la différence en délais de la formation des pousses annuelles.

3. Phénologie des plantes et délais de leur consommation par le bétail

La durée de la période végétative de différentes plantes désertiques présente de fortes variations (tableau 2). Les animaux mangent certaines espèces de plantes seulement pendant la période de végétation de celles-ci, tandis que d'autres plantes ne sont consommées qu'à la fin de la végétation, à l'état sec; or, la grande partie de plantes sont acceptées par le bétail sur les pâturages tant à l'état vert qu'à l'état sec.

La plupart des plantes ligneuses et semi-ligneuses ont une durée végétative très prolongée. Pour certaines d'entre elles, la végétation commence encore en hiver (au mois de décembre) et ne se termine qu'au mois de novembre, ce qui est dû à la profondeur du système racinaire et à certaines particularités

Tableau 2

Durée de la période végétative de différents types de formes vitales des plantes du désert de Kara-Koum

Type de la forme vitale	Toute l'année		Hiver-printemps		Printemps		Printemps-début été		Printemps-été		Printemps-été-automne		Total	
	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Arbres	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,4	4	1,4	5	1,8
Arbrisseaux	2	0,7	—	—	—	—	3	1,1	10	3,6	13	4,7	28	10,1
Petits arbrisseaux	1	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,1	4	1,4
Sous-arbrisseaux	1	0,4	—	—	—	—	6	2,2	4	1,4	3	1,1	14	5,1
Petits sous-arbrisseaux	10	3,6	—	—	—	—	—	—	7	2,5	8	2,9	25	9,0
Herbes vivaces	—	—	14	5,1	25	9,0	—	—	12	4,3	9	3,2	60	21,6
Herbes bisannuelles	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,4	1	0,4	2	0,8
Herbes annuelles	—	—	80	28,8	—	—	31	11,2	15	5,4	13	4,7	139	50,2
Total:	14	5,1	94	33,9	25	9,0	40	14,5	50	18,0	54	19,5	277	100,0

morphologiques adaptatives (microphyllie, aphyllie, structure xéromorphe), au pouvoir de résistance à la chaleur et au froid. La durée de la végétation de ces plantes s'explique par leurs racines très profondes, qui atteignent des couches du sol renfermant des réserves d'eau peu fournies mais permanentes, et quelquefois elles vont jusqu'à la nappe phréatique. La constitution de ces bourgeons détermine la formation de la presque totalité des organes de la pousse aérienne et permet une ramification illimitée. Grâce à ces particularités, les arbustes donnent beaucoup de nouvelles pousses après que les animaux en ont mangé une partie ou après que les branches principales ont été brisées.

Parmi toutes les plantes arbustives ligneuses, ce sont deux espèces de *Haloxylon* qui ont le plus grand intérêt économique. Le *Haloxylon* est parfaitement accepté par le bétail, mais seulement en automne et en hiver, à la fin de principales phases de développement; au printemps et en été, les animaux n'en prennent que très peu, pour diversifier leur ration composée d'autres plantes. Beaucoup d'arbustes, dont de nombreuses espèces des *Calligonum*, ont leur période de végétation et sont mangées par le bétail pendant la seconde moitié du printemps et au début de l'été.

D'après les délais de végétation, les plantes sous-frutescentes sont divisées en groupes suivants:

1) Période de végétation à partir du début du printemps et jusqu'à la fin de l'automne. Ce sont des armoises; elles sont suffisamment bien acceptées (ou peu acceptées) par les animaux au cours de la végétation. A la fin de la période végétative et à l'état sec, ces plantes sont mangées volontiers par le bétail.

2) Période de végétation à partir du printemps et jusqu'à l'automne. Ce sont des soudes (*Salsola rigida*, *S. gemmascens*, *Anabasis salsa*) qui ne sont mangées qu'à la fin de la végétation, après qu'une modification de substances chimiques ait pu se produire au niveau de la plante. Le lessivage avec élimination des sels est favorisé par les pluies.

3) Période de végétation au printemps (*Astragalus unifoliolatus* et espèces analogues, *Smirnovia turkestanica*, *Convolvulus divaricatus*).

D'après leur rythme de croissance, la plupart des herbes vivaces sont des éphéméroïdes; leur activité vitale soutenue n'a lieu qu'en hiver et au printemps. Ce sont par exemple les espèces des familles des *Liliaceae* et des *Cyperaceae*, qui possèdent des bulbes, des tubercules, des rhizomes et autres organes d'accumulation. La durée de la période végétative de ces plantes varie fortement d'année en année, suivant les conditions météorologiques de l'hiver et du printemps. Si l'hiver est doux — la végétation est longue, si l'hiver est froid et sec, la végétation est moins longue. Toutes ces herbes vivaces sont mangées à l'état vert; les espèces qui se conservent bien à l'état sec, telles que les laïches, sont acceptées par le bétail sur les pâturages tout au long de l'année. Les plan-

tes pérennes dont la végétation se produit en automne et en été sont des plantes hautement spécialisées, présentant une structure xéromorphe et un puissant système racinaire, qui habitent dans des conditions écologiques particulières, telles que les sables à barkhanes (genres *Aristida*, *Tournefortia*, *Heliotropium*). La phase à laquelle elles sont mangées par le bétail n'est pas uniforme: les *Aristida pennata* et *A. karelini*, qui ont les feuilles vertes dures, ne sont acceptées qu'à l'état sec, en hiver, surtout après les précipitations atmosphériques, tandis que les autres espèces sont mangées pour la plupart à l'état vert.

La majeure partie des plantes annuelles se caractérise par la végétation d'hiver et de printemps et par un dessèchement prématuré (avril, début de mai), ce qui explique leur appellation «éphémères». Ces espèces proviennent généralement des familles *Gramineae*, *Cruciferae*, *Papaveraceae*, *Compositae*. Les animaux mangent volontiers ces plantes au cours de la période de végétation, et assez bien à l'état sec.

Or, à l'état sec, ces herbes printanières se conservent mal.

Pour la moindre partie des plantes annuelles, la période de végétation s'étend du printemps à l'automne; les phases principales de leur croissance ont lieu au cours des mois secs et chauds. Ce sont des espèces des familles des *Chenopodiaceae*, *Euphorbiaceae*. Les soudes ne sont bien mangées par les animaux qu'à la fin de la végétation, en automne et en hiver.

Les délais de végétation et les particularités d'acceptation des plantes par les animaux déterminent dans une large mesure les possibilités d'utilisation saisonnière des pâturages. En fonction des facteurs énumérés, on distingue des pâturages utilisés pendant toute l'année, des pâturages de printemps, des pâturages d'automne et d'hiver, etc.

4. Structure morphologique des associations végétales

Les associations de plantes désertiques présentent des structures différentes dans le sens vertical et horizontal, ce qui est dû principalement aux formes vitales des plantes qui y prédominent.

Les différents biomorphes ont des organes aériens et des racines de dimensions variées, qui se situent en l'air et dans le sol à des niveaux inégaux. En outre, il y a beaucoup de biomorphes (notamment les arbres et les arbrisseaux) qui ont une grande influence sur le milieu; la chute de leurs nouvelles branches provoque la formation de micro-associations particulières. Ce facteur, ajouté aux autres, conditionne l'inhomogénéité horizontale, l'articulation de la couche végétale.

On distingue trois types principaux d'associations végétales désertiques, en fonction des formes vitales des plantes qui y dominent:

1. Associations de gros arbustes, qui comprennent la presque totalité des formes vitales: grands arbris-



Fig. 4. Structure verticale de l'association des herbes
(*Carex pachystylis* + *Poa bulbosa* ass.)

seaux (genres *Haloxylon*, *Calligonum*), arbrisseaux moyens (genres *Salsola*, *Calligonum*), sous-arbrisseaux (genres *Astragalus*, *Artemisia*), herbes vivaces, herbes annuelles (hautes herbes à période de végétation en été), éphémères (petites herbes d'hiver-printemps). Au niveau de ces associations les organes aériens et souterrains utilisent d'une manière suffisamment complète le milieu aérien et le sol. La hauteur des branches atteint 3–7 m, et la profondeur des racines, 10 à 20 m (fig. 3).

2. Associations de petits sous-arbrisseaux. Elles sont formées de petites plantes sous-frutescentes et par quelques herbes dont la période de végétation se situe en été ou en hiver et au printemps. La hauteur au-dessus du sol ne dépasse pas 50 cm, et les racines ne vont pas au-delà de 1,5 à 2 m (fig. 3).

3. Associations herbeuses (herbes vivaces *Carex*, *Poa* et annuelles *Bromus*, *Malcolmia*, *Hypocoum* de petite taille). Ces associations sont les plus simples. Les organes aériens des plantes ont généralement une hauteur de 25 à 40 cm, tandis que le gros de la masse des racines est contenu dans la couche de sol de 1 m de profondeur. On y rencontre parfois des herbes plus hautes, généralement isolées (*Ferula*, *Dorema*), qui diversifient et compliquent la composition des associations végétales herbeuses (fig. 4).

Ce sont les associations de gros arbustes qui utilisent les ressources de l'environnement de la façon la plus complète et produisent la phytomasse la plus

abondante. Au contraire, les associations herbeuses ont la plus faible productivité (fig. 5).

Compte tenu de ces facteurs, la mise en valeur des pâturages dans la zone aride doit comprendre la création de nouvelles phytocénoses, constituées de plantes de différentes formes vitales. On y arrive en ajoutant aux herbes des biomorphes qui y sont absents, de préférence des arbrisseaux et des sous-arbrisseaux, qui ont une durée de vie prolongée, des propriétés biologiques et économiques précieuses et la faculté de transformer le milieu et d'utiliser ses ressources d'une façon complète.

5. Rendement des pâturages

Les particularités morphologiques et biologiques des plantes, c'est-à-dire les particularités inhérentes aux différents biomorphes, déterminent le rendement en fourrages et le degré d'insensibilité du rendement vis-à-vis des facteurs négatifs de l'environnement. Le tableau 3 résume les variations du rendement par rapport aux chiffres moyens annuels pour les différents biomorphes.

On remarque que le rendement est le plus stable pour les plantes présentant un système pérenne développé (arbrisseaux) et les herbes pérennes à gros organes souterrains (telles que les laïches). Le rendement des plantes annuelles est très variable. Les fonctions et les paramètres de variation du rende-

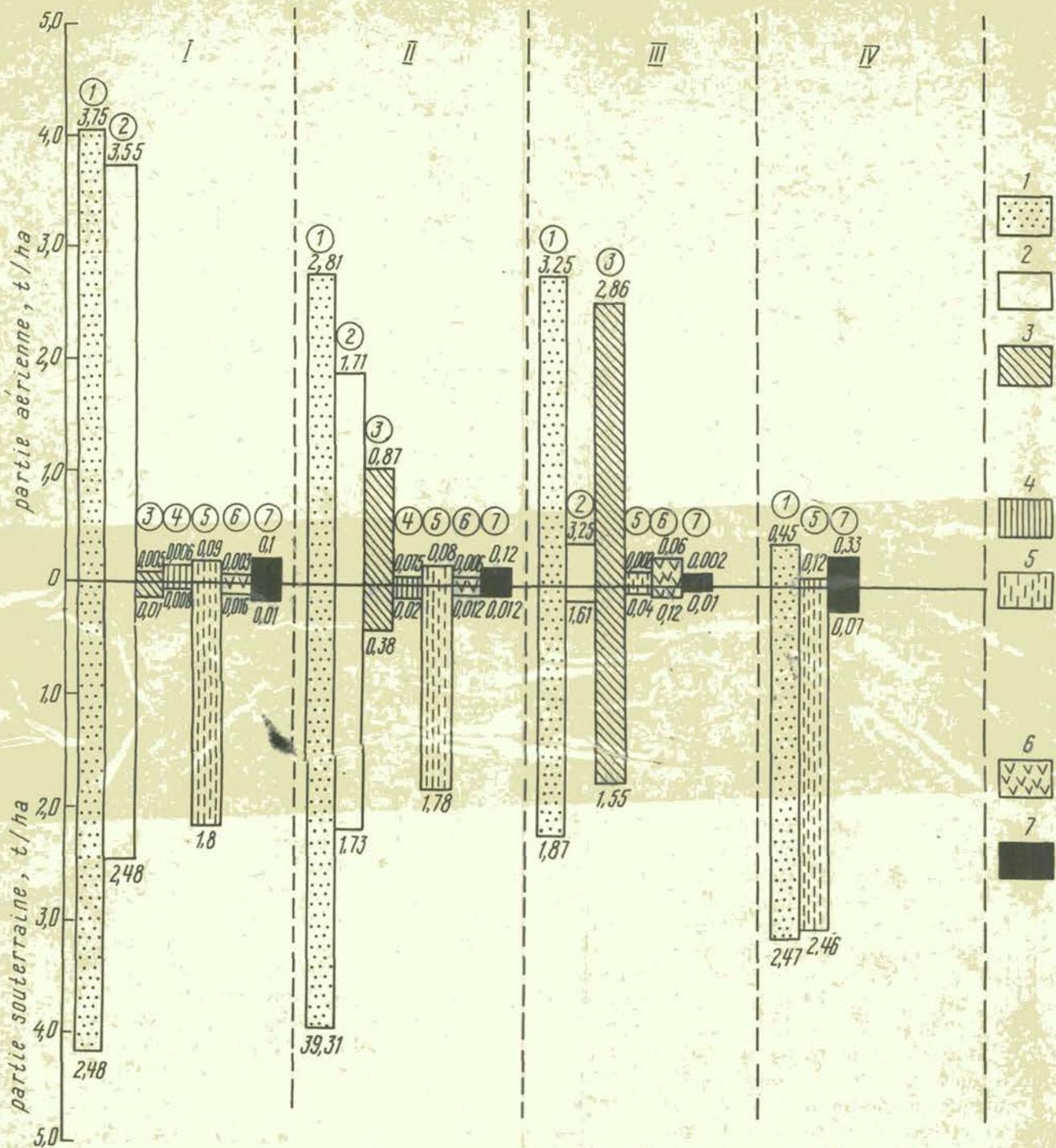


Fig. 5. Structure de la biomasse de biocénoses de désert en rapport avec la composition des formes vitales de plantes, t/ha:
 I - grands arbrisseaux; II - petits arbrisseaux; III - mi-arbrisseaux; IV - herbes

ment des plantes de différentes formes vitales restent valables aussi au niveau des associations végétales (types de pâturages) qu'elles constituent.

Le rendement global moyen des fourrages sur tous types de pâturages est assez stable: il ne varie qu'entre 4,5 et 5,1 q/ha. Or, les variations annuelles sont sensibles, en particulier en fonction du type du pâturage et de la composition des biomorphes.

Le rendement le plus stable est observé sur les pâturages des arbustes: ce sont les pâturages de désert où

prédominent les arbustes et le carex. Des variations plus prononcées sont observées sur les pâturages des sous-arbrisseaux (III) et herbeux (IV).

Dans le désert du Kara-Koum où les arbustes prédominent sur les pâturages, les rendements insuffisants sont observés dans 26% des cas (des années), et sur les plaines de piémont à pâturages herbeux, dans 40% des cas.

Les fluctuations du rendement de saison en saison sont également très prononcées (tableau 4). D'habi-

Tableau 3

Variations du rendement en fourrage de différents biomorphes végétales sous l'effet des conditions météorologiques

Biomorphes	Rendement moyen, q/ha	Variations du rendement en fourrages	
		q/ha	%
Arbrisseaux (genres Haloxylon, Salsola, Calligonum)	1,9	0,9-3,3	50-180
Petits sous-arbrisseaux (genres Artemisia, Salsola, Anabasis, etc.)	4,0	0,7-10,0	20-260
Herbes vivaces à végétation d'hiver-printemps (éphéméroïdes-Carex, Poa)	1,0	0,7-2,0	70-200
Herbes annuelles (éphémères) d'hiver-printemps (genres Bromus, Eremopyrum, Malcolmia, Tetracme, Hypecoum, etc.)	0,5	0,1-1,3	20-260
Herbes annuelles d'été-automne (genres Salsola, Gamanthus, Halimocnemis, etc.)	0,6	0,06-3,0	10-520

Tableau 4

Rendement en fourrages et ses fluctuations saisonnières sur les différents pâturages, q/ha

Pâturages	Rendement maximal annuel	Rendements saisonniers			
		printemps	été	automne	hiver
Arbrisseaux					
Haloxylon persium - Carex physodes	5,1	3,3	3,9	3,3	1,6
Sous-arbrisseaux					
Salsola gemmascens - Artemisia kemrudica	4,5	2,0	4,3	4,0	2,8
Herbes					
Carex pachystylis - Poa bulbosa	4,5	4,5	4,3	2,4	1,2

tude, les rendements les plus hauts sont observés en été ou au printemps, et vers l'automne, et surtout en hiver les réserves des fourrages diminuent brusquement. Cette diminution de la production des fourrages, est suivie d'une nette dégradation des qualités nutritives des fourrages entre le printemps et l'hiver [2, 4].

Au cours des années pauvres en rendement, ainsi que pendant l'hiver, on doit nourrir les animaux en profitant des fourrages grossiers ou concentrés préparés à l'avance ou livrés.

6. Méthode de calcul des réserves saisonnières globales et consommables de fourrages

Quand la couche de végétation sert d'herbage pour les animaux, le rendement (la réserve globale) et ses variations saisonnières revêtent une importance toute particulière.

Le chiffre du rendement maximal dépend de la composition des formes vitales, ainsi que de la diversité et de la densité de la végétation sur le pâturage. La réserve globale (la production) varie suivant les saisons de l'année, ce qui est dû aux états phénologiques des plantes et par la chute des herbes sèches avant l'arrivée de l'hiver.

Le regain annuel ne peut jamais être utilisé à cent pour-cent, parce que les animaux n'acceptent pas uniformément toutes les plantes en toute saison; d'autre part, une partie des fourrages périt inévitablement par piétinement au cours du pacage. La production saisonnière acceptée par les animaux n'est pas la même pour les différentes espèces d'animaux, en particulier pour les ovins et les chameaux.

C'est donc pour ces raisons qu'on a introduit la notion de «réserve consommable de fourrages» sous forme de tableaux indiquant cette réserve en pour-cent du rendement global pour les différentes espèces de plantes [1]. Les valeurs numériques dégagées sont utilisées pour calculer la gestion des pâturages. Un exemple de découpage de la réserve globale de fourrage (rendement) suivant les saisons et de calcul de la réserve consommable en fonction de la réserve globale pour certaines plantes est donné dans le tableau 5. La colonne «Réserve globale» de ce tableau contient les chiffres qui illustrent les variations du rendement global en pour-cent de sa valeur maximale; la colonne «Réserve consommable» indique la partie des fourrages qui peuvent être consommés en pour-cent du rendement global de la saison donnée. Les valeurs données au numérateur se rapportent aux ovins, celles dans le dénominateur, aux chameaux.

Connaissant la fraction des différentes plantes au sein de la production globale, on calcule les réserves saisonnières globale et consommable de fourrages pour l'ensemble du pâturage.

La capacité du pâturage, calculée sur la base de la réserve consommable, prévoit une charge modérée optimale et garantit une marge déterminée d'innovations intactes. Cela assure la fructification et la restauration des plantes, donc aussi une production normale de la végétation des pâturages dans l'avenir.

Variations saisonnières des réserves (rendement) globale et consommable. Coefficients pour le calcul des variations saisonnières des réserves (rendement) globale et consommable sur les pâturages désertiques, %

Noms de plantes	Printemps		Eté		Automne		Hiver	
	global	consommable*	global	consommable	global	consommable	global	consommable
<i>Haloxylon persicum</i>	60	$\frac{15}{40}$	100	$\frac{5}{50}$	85	$\frac{50}{70}$	50	$\frac{60}{80}$
<i>Artemisia kemrudica</i>	60	$\frac{30}{50}$	100	$\frac{25}{50}$	100	$\frac{40}{70}$	75	$\frac{50}{75}$
<i>Salsola gemmascens</i>	40	$\frac{0}{30}$	80	$\frac{0}{10}$	100	$\frac{35}{60}$	85	$\frac{50}{75}$
<i>Carex physodes</i>	100	$\frac{85}{30}$	85	$\frac{70}{25}$	45	$\frac{60}{20}$	35	$\frac{50}{20}$
Graminées annuelles de printemps (<i>Bromus</i> , <i>Eremopyrum</i>)	100	$\frac{70}{30}$	60	$\frac{60}{25}$	35	$\frac{60}{5}$	10	$\frac{60}{0}$
Herbes diverses annuelles de printemps (<i>Malcolmia</i> , <i>Hypocoum</i> , <i>Tetracme</i>)	100	$\frac{60}{50}$	40	$\frac{60}{15}$	10	$\frac{60}{0}$	0	0

* Les chiffres au numérateur se rapportent aux ovins, ceux dans le dénominateur, aux chameaux.

Il est à noter que pour préserver du surpâturage les terrains impartis au sovkhoe, à la ferme au troupeau d'après la réserve consommable calculée, on doit veiller à assurer leur utilisation uniforme.

7. Principe du choix des plantes pour l'amélioration des pâturages désertiques

S'appuyant sur une étude prolongée de la biologie et de l'écologie des plantes appartenant à des formes vitales diverses, ainsi que de leurs associations, on a pu évaluer et choisir les espèces les plus prometteuses de la flore aborigène (locale) susceptibles d'améliorer la qualité des pâturages.

Les plantes utilisées pour améliorer les pâturages doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- elles doivent avoir une durée de vie suffisamment prolongée, de 10 à 30 ans, voire davantage;
- elles doivent pouvoir bien mettre à profit les ressources limitées offertes par l'environnement et produire beaucoup de fourrages bien acceptés par le bétail.

Ces conditions sont remplies par les arbrisseaux et les sous-arbrisseaux de désert. Ils sont cultivés sous forme d'associations mixtes réunissant beaucoup d'espèces d'arbustes, de sous-arbrisseaux et d'herbes. Grâce au fait que les organes aériens se situent à des hauteurs différentes (à des étages différents) et que les racines des plantes vont à des profondeurs inégales, de telles phytocénoses artificielles présentent une productivité très élevée et une bonne résistance à l'aridité. Elles peuvent être utilisées en toute saison de l'année, et tout spécialement en automne et en hiver. Le semis se fait sur le sol labouré ou

sur les sables meubles. Ces biotopes se caractérisent par une bonne humidité. La réaction des plantes vis-à-vis de l'amélioration des conditions écologiques consiste dans la croissance accélérée et dans un rendement élevé en fourrages et en graines.

8. Choix des plantes pour la fixation des sables mouvants

Pour maintenir en place les sables mouvants on utilise les plantes psammophiles locales, qui se caractérisent par une écologie spécifique et par des particularités morphologiques adaptatives assurant leur vie sur les sables mouvants.

Ces plantes doivent présenter les qualités suivantes:

- elles doivent supporter sans dommage un recouvrement momentané ou prolongé par le sable de leurs parties aériennes, ainsi que la dénudation du collet et des racines;
- leurs graines (fruits) doivent présenter une bonne faculté germinative, et leurs pousses, une bonne faculté d'enracinement dans les conditions des sables animés d'un mouvement permanent;
- elles doivent avoir une période végétative et active prolongée s'étendant à la chaude saison de l'été, car seules les herbes vivantes sont susceptibles de retenir solidement le sable emporté par le vent pendant l'été;
- la masse aérienne des plantes poussant sur les sables doit être assez importante, et leur système racinaire, suffisamment ramifié.

Les conditions énumérées sont remplies par un grand nombre d'arbrisseaux, sous-arbrisseaux, herbes pérennes et annuelles qu'on utilise pour la fixation des sables mouvants.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Nétchayéva N.T., Mordvinov N.A., Mossolov I.A.* Les pâturages du Kazakhstan et leur utilisation. Ed. de la Filiale turkmène de l'Académie des Sciences de l'URSS, Achkhabad, 1943 (en russe).
2. *Nétchayéva N.T., Antonova K.G.* Productivité biologique de la masse végétale aérienne des formations principales. En: «Végétation du centre de Kara-Koum et sa productivité». Ed. «Ylym», Achkhabad, 1970 (en russe).
3. *Nétchayéva N.T., Vassilevskaya V.K., Antonova K.G.* Formes vitales des plantes du désert Kara-Koum. M., «Naouka», 1973 (en russe).
4. *Nikolaev V.N., Amangueldyev A.A., Smétankina V.A.* Pâturages désertiques et leur évaluation. M., «Naouka», 1977.
5. *Sérébriakov I.G.* Ecologie morphologique des plantes. M., Ed. de l'Ecole Supérieure, 1962.

TYPOLOGIE ET METHODES D'EXPLORATION DES PATURAGES DESERTIQUES

par *V.N. Nikolaev*. Docteur ès sciences agricoles.
Chef du laboratoire de l'Institut
des Déserts de l'Académie des
Sciences de la RSS de Turkmé-
nie (Achkhabad)

Les territoires désertiques de l'URSS occupent un territoire énorme qui s'étend du sud au nord à 20° et de l'ouest à l'est 36°. Ce territoire occupe une position géographique intermédiaire entre les pays de l'Asie Antérieure, Centrale et Orientale. Les frontières géographiques ouvertes de l'Asie Centrale soviétique avec les pays voisins ont créé les conditions favorables pour la propagation libre de la végétation d'un pays à l'autre.

La végétation de ces régions est constituée par plus de 5500 espèces et formes de plantes. La plus grande diversité des espèces est observée dans les régions de montagne, alors que dans les plaines on ne trouve que 800 à 1000 espèces dont la plupart a une certaine valeur fourragère pour le bétail différent.

La diversité de la végétation et sa dépendance bien évidente des conditions écologiques d'existence exigent une systématisation correspondante. Afin de réaliser une étude géobotanique de la végétation des pâturages il faut savoir choisir la base de la classification.

Un grand spécialiste des prés et pâturages, Ramensky L.G. [6], soulignait l'importance d'une telle classification pour les recherches géobotaniques et disait que l'élaboration de la classification est décisive dans le travail scientifique visant l'étude des terres produisant un fourrage naturel.

En URSS on a élaboré les différents schémas de classification utilisés lorsqu'on dresse l'inventaire des prés et pâturages. Les organismes scientifiques et industriels agricoles mettent en pratique le plus souvent une approche écologique complexe de

classification des pâturages basée sur les différentes conditions d'existence de la végétation. La généralisation de la classification des pâturages permet de dégager dans la zone désertique les unités taxonométriques suivantes: zone, sous-zone, classe, groupe de types, type, modification économique du type, diversité dans les limites du pâturage, contour du pâturage (tableau 1).

Zone. La zone désertique est délimitée par les particularités de géographie physique dont l'essentiel est le climat. Les territoires désertiques de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan, étant une zone naturelle autonome de l'URSS, occupent une région énorme à partir de la Mer Caspienne à l'ouest jusqu'aux piedmonts d'Alataï Djourgar, Tian-Schan et Pamiro-Alaï à l'est et au sud-est. La frontière nord suit à peu près la 48°N et celle sud les piedmonts de Kopetdag et de Paropamize.

Sous-zone. On la délimite à la base des particularités climatiques et géomorphologiques ce qui influe sur la variation des conditions de l'environnement pour la végétation. Dans les limites de la zone désertique de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan on peut dégager trois sous-zones principales.

Sous-zone du désert nord de plaine. Est caractérisée par une répartition régulière des précipitations par saisons (quantité totale: 120 à 170 mm par an). L'altitude au-dessus du niveau de la mer ne dépasse pas 600 m pour la partie principale du territoire. D'après l'indice géomorphologique y entrent: Mangytlak, parties nord du plateau Oustiourt et de

Tableau 1

Unités taxonométriques principales de la classification des pâturages de la zone désertique et leur représentation sur les cartes des pâturages à échelles différentes

Unités taxonométriques	Indices	Echelle cartographique
Cartographie à petite échelle		
Sous-zone	Particularités des conditions climatiques	1:25 000 000 – 1:10 000 000
Classe des pâturages	Sols	1:10 000 000 – 1:2 500 000
Cartographie à échelle moyenne		
Groupe de types des pâturages	Edificateur de la formation dominante de la végétation	1:2 500 000 – 1:1 000 000
Type des pâturages	Combinaison des groupes hétérogènes d'associations végétales	1:1 000 000 – 1:200 000
Modification économique du type	Variations de la végétation et des sols sous l'action de la coupe et du pâturage	1:1 000 000 – 1:200 000
Cartographie à grande échelle		
Diversité dans les limites du type	Groupe d'associations homogènes de la végétation	1:200 000 – 1:25 000
Contour du pâturage	Phytocénose concrète	1:25 000 et plus

Kyzyl-Koum, parties sur des plaines de Tourgai et de Kazakhstan du Nord (fig. 1).

Sous-zone du désert sud de plaine. Est caractérisée par une faible quantité de précipitations: 100 à 150 mm par an. Le maximum tombe sur la période hiver-printemps: 70 à 80 % de la quantité annuelle. Les repères gypsométriques de la partie dominante du territoire de pâturage sont à 400 m au-dessous du niveau de mer. Dans les limites de cette sous-zone on dégage facilement les régions géomorphologiques telles que Kara-Koum, Kyzyl-Koum, partie sud du plateau Oustiourt, dépression Caspienne dont l'âge et le caractère de développement sont différents.

Sous-zone du désert de piedmont. Est caractérisée par une quantité plus élevée de précipitations: 150 à 200 mm par an tombant également durant l'hiver et le printemps. Les altitudes absolues sont dans les limites de 400 à 1000 m au-dessus du niveau de mer. Cette sous-zone voisine avec les régions montagneuses en longeant par une bande étroite les montagnes Kopetdag, Paropamize, Tian-Schan, etc.

Classe des pâturages. La plupart de chercheurs qui dégagent cette unité taxonométrique utilisent comme indice principal les sols en les considérant comme un produit dérivé de la roche formant le sol. Dans ce cas, dans les différentes sous-zones de la zone désertique on peut dégager les classes principales

suivantes: pâturages des déserts sablonneux, à gypse, argileux, boisé, à solonetz, etc. En ce cas, les pâturages disposés sur les sols identiques, par exemple, dans les sous-zones nord et sud des déserts de plaine sont tout à fait différents à cause des particularités climatiques apportant un caractère et un rythme de développement de la végétation différents. L'exemple de dégagement des principales classes des pâturages dans les limites du territoire de pâturage de Turkménie est représenté sur la figure 2.

Groupe de types des pâturages. L'indice déterminant est la végétation au niveau de la formation. On réunit en un groupe autonome des pâturages les territoires dans la végétation desquels dominent les associations de la même formation. L'appellation est choisie en fonction des dominantes des formations. Par exemple, dans les Kara-Koum on peut dégager les groupes de types des pâturages, à *Haloxylon persicum*, à *Haloxylon aphyllum*, à différentes espèces de *Calligonum*, etc.

Type des pâturages. Une des principales unités de la classification est représentée en général sur les cartes à échelle moyenne. La plupart d'auteurs entendent sous ce terme un complexe territorial dans les limites du terrain homogène avec une composition déterminée et un rapport des associations hétérogènes connu. Le type est appelé d'après 3 ou 4 espèces dominantes des plantes fourragères économiquement les plus intéressantes pour le bétail. Un exemple d'une carte à échelle moyenne avec représentation des principaux types des pâturages est la carte générale des pâturages dans les régions désertiques du Turkménistan. On voit sur cette carte 80 principaux types des pâturages réunis en 26 groupes, 5 classes composant deux sous-zones: désert sud de plaine et désert de piedmonts.

Modification économique du type (variante anthropogène). Est dégagée à la prise en compte des changements qui surviennent dans la végétation et le climat sous l'action de l'activité humaine (coupe des buissons, surpâturage). Les groupements végétatifs formant la végétation dans les limites d'une modification économique sont artificiels et lorsque l'activité humaine cesse il y a une régénération jusqu'à l'apparition des associations d'origine*.

Diversité dans les limites du type. Est dégagée par séparation graphique d'un complexe de pâturage en groupes d'associations semblables (homogènes) et n'est montrée que sur les cartes à grande échelle. A l'heure actuelle l'échelle principale dans la cartographie des pâturages désertiques de l'URSS est 1:100 000. Un tel degré de détail pour montrer l'étendue de la végétation de pâturage est considéré suffisant pour résoudre les problèmes d'aménagement du territoire entre les différents organismes et à l'intérieur d'eux, ainsi que pour organiser le pâtura-

* La capacité de régénération est fonction du degré de dégradation du pâturage.

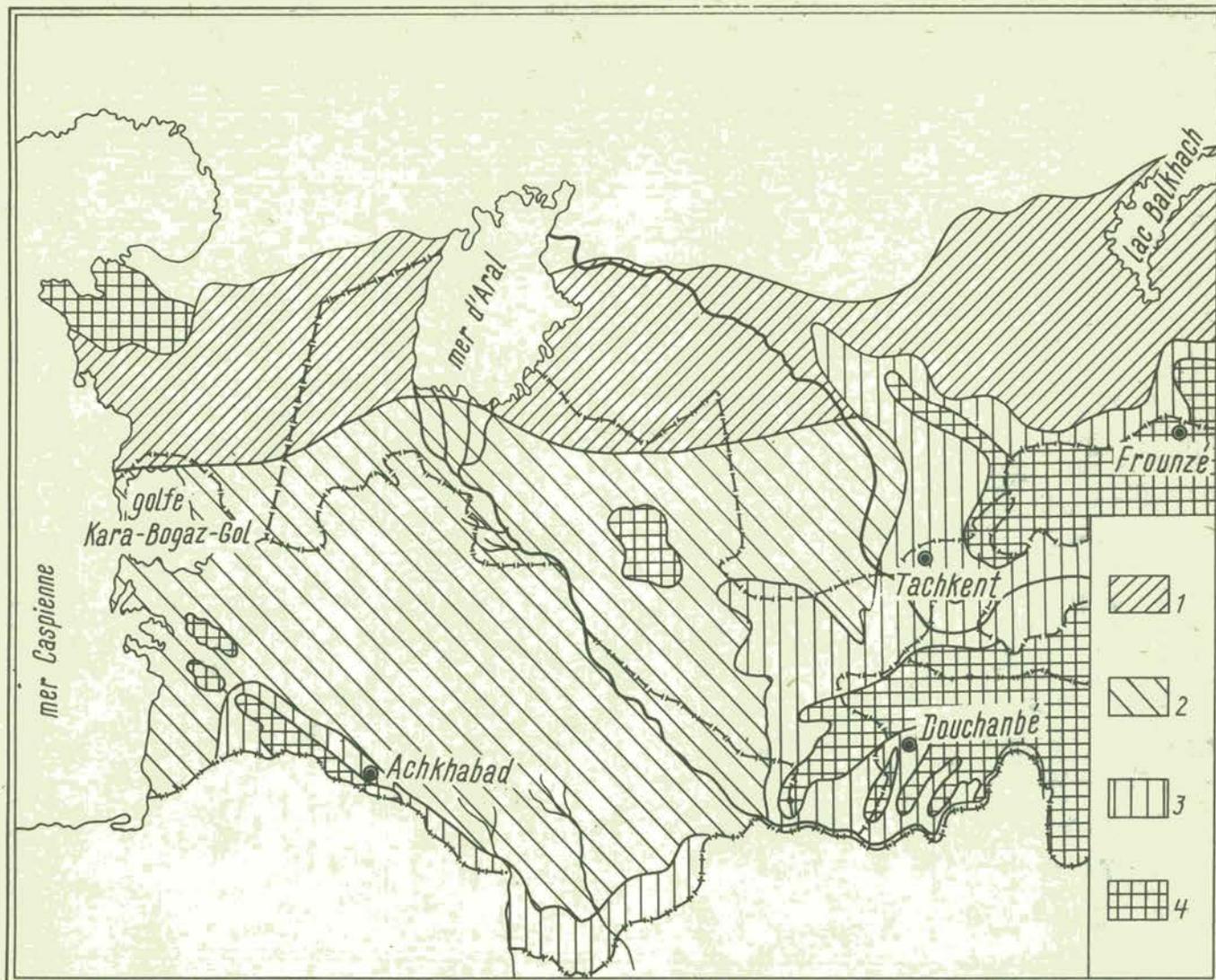


Fig. 1. Schéma de disposition des sous-zones du pâturage principal dans les limites de la zone désertique de l'Asie Centrale et du Kazakhstan:
 1 — sous-zone du désert nord; 2 — sous-zone du désert sud; 3 — sous-zone du désert de piémont;
 4 — zone montagneuse

ge par portion de territoire là où la capacité des pâturages est faible.

Contour du pâturage. Est dégagé dans les limites de l'unité précédente par séparation graphique en groupes d'associations homogènes de végétation. L'importance d'une association végétative longue parfois de quelques dizaines de mètres n'est montrée que sur les cartes à très grande échelle.

Sur les cartes des pâturages à échelles différentes on est souvent amené de tracer les contours industriels pour indiquer la valeur de la récolte du fourrage. Le dégagement des contours industriels n'est dû qu'aux intérêts purement économiques et ne doit faire partie d'unités taxonométriques de la classification des pâturages. En même temps le dégagement des contours industriels n'est pas lié à une seule unité taxonométrique. En fonction de la nécessité économique on peut tracer les contours industriels dans les limites du type des pâturages, de sa

modification économique, de la diversité ou du contour du pâturage.

En établissant les cartes des pâturages il faut veiller à l'uniformité dans les abréviations des noms (index) des unités de classification ce qui permet de lire correctement la carte. En élaborant un système d'index on utilise les combinaisons de chiffres et de lettres qui reflètent les niveaux de la classification des pâturages. La zone est désignée par la lettre Π et est prise de la classification des pâturages de l'URSS. La sous-zone est désignée par une majuscule respective: C — nord, Ю — sud, П — piedmont, И — introzonale. La classe est indiquée par un chiffre romain: I, II, III, IV, etc. Le groupe de types est indiqué par une majuscule de l'alphabet russe: А, Б, В, etc. Le type est désigné par un chiffre arabe: 1, 2, 3, 4, etc. La modification économique du type est désignée par une miniscule de l'alphabet russe: а, б, в, etc. La diversité, le contour du pâturage et le con-

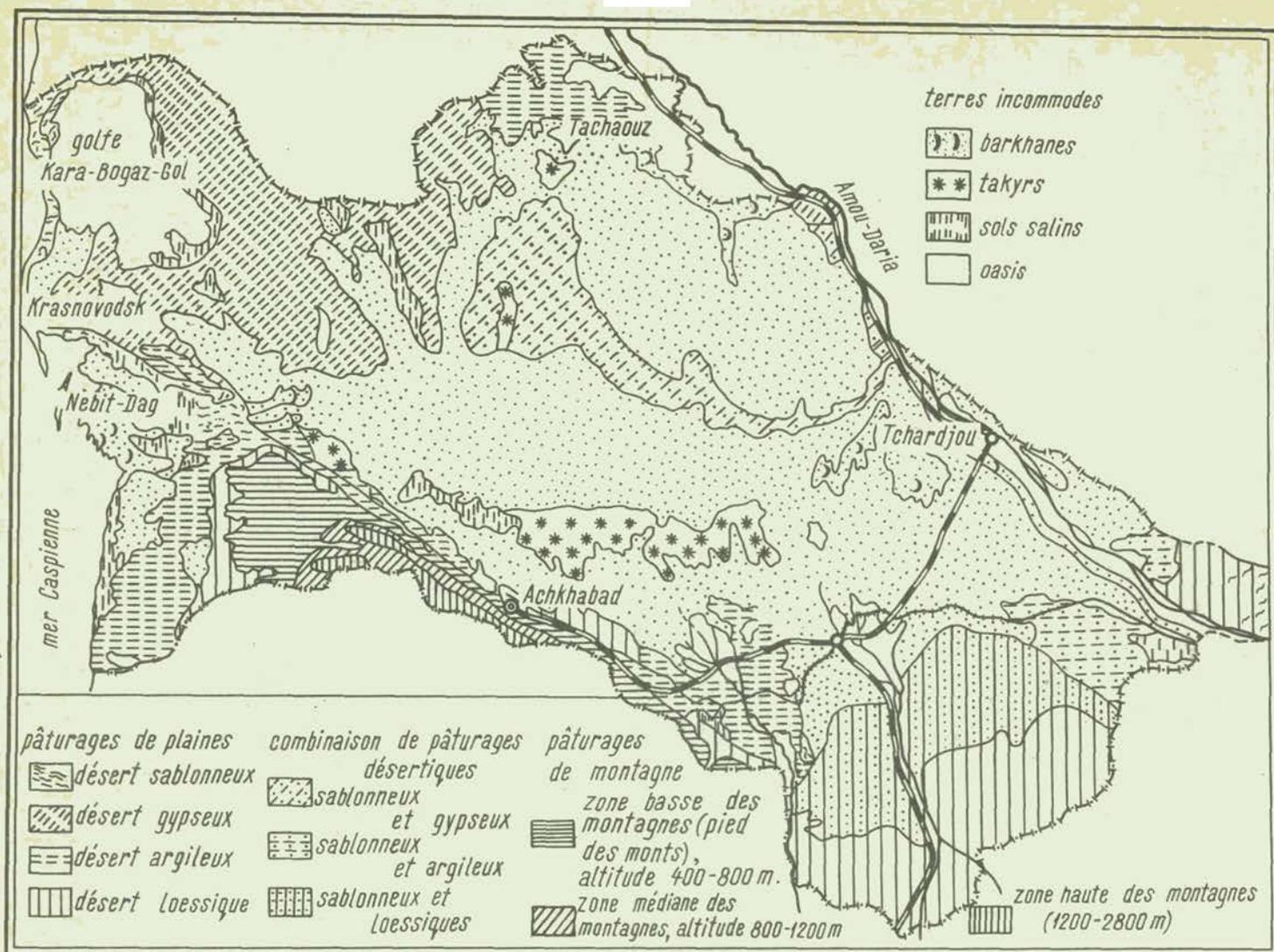


Fig. 2. Principales classes des pâturages de Turkménie

tour industriel sont également désignés par un chiffre arabe. Pourtant, au dégagement du contour industriel le chiffre arabe est placé au dénominateur. Dans le numérateur, on met en ce cas la désignation adoptée de l'unité taxonométrique dégagée sur la carte des pâturages.

Exemple d'établissement d'un système d'index de la classification des pâturages désertiques.

П : zone désertique avec sous-zones; ПС : désert de nord; ПЮ : désert de sud; ПП : désert de piedmonts; ПИ : désert introzonal. Classes des pâturages: ПЮ-I: désert de sable; ПЮ-II : désert de gypse; ПЮ-III : désert argileux, etc. Groupe de types de pâturages: ПЮ-1-A : à *Haloxylon persicum*; ПЮ-1-Б : à *Haloxylon aphyllum*; ПЮ-1-В : à *Calligonum*, etc. Types des pâturages ПЮ-1-A-1 : à *Haloxylon persicum* et à *Carex physodes*; ПЮ-1-A-2 : à *Haloxylon persicum*, à *Carex physodes* et à *Ephedra strobilacea*, etc. Modification économique du type : ПЮ-1-A-1a : à *Calligonum setosum*, à *Carex physodes* dégradée à la coupe de *Haloxylon persicum*. L'utilisation de la classification des pâturages et du système d'index reflétant ses niveaux taxonométriques permet d'établir les cartes des pâturages à différentes échelles. La cartographie du territoire des pâturages dans les

régions désertiques de l'URSS se fait durant une étude complexe géobotanique. Ce caractère complexe des travaux est dû à la nécessité de prendre en compte qualitativement et quantitativement les composantes les plus importantes des pâturages qui sont indispensables à la réalisation des travaux d'aménagement des pâturages à tous niveaux.

L'étude complexe des pâturages suppose la réalisation de différents travaux réunis en trois divisions: cartographie des pâturages, détermination de la dynamique des réserves par saisons, évaluation de la productivité fourragère générale et des possibilités potentielles des pâturages pour l'entretien et l'alimentation du bétail [3, 4].

Ces dernières années, lorsqu'on a réalisé les études géobotaniques détaillées des pâturages on a passé de la méthode traditionnelle d'exploration des surfaces avec un réseau serré d'itinéraires et d'études régulières du territoire exploré à une étude approfondie de la structure de la végétation, des sols et du relief sur les portions de territoire-clé. La méthode des terrains-clés avec organisation des profils écologiques et réalisation de tous les travaux de campagne y compris la détermination de la productivité des associations végétales isolées s'est avérée la plus

efficace en combinaison avec la photographie aérienne.

L'extrapolation des données obtenues aux terrains-clefs se fait suivant un schéma spécialement établi de division des pâturages. Ce schéma reflète la modification des facteurs naturels: climatique, des sols, géomorphologique qui sont pris en compte durant l'établissement des cartes géobotaniques des pâturages avec utilisation des méthodes de levée à distance.

Le schéma de division prévoit la subdivision du territoire des pâturages en régions et sous-régions homogènes d'après les particularités climatiques, le caractère des sols, du relief et de la végétation qui permettent de délimiter avec précision les frontières de l'extrapolation de l'information géobotanique. Sur le territoire de la partie plaine de Turkménie on a établi 82 terrains-clefs qui embrassent les principales régions géobotaniques. On y a réalisé les travaux de photographie aérienne et on a terminé leur étude en détail.

L'utilisation d'une très grande échelle à la photographie aérienne (de l'ordre de 1 : 10 000) en combinaison avec un profil écologique instrumental établi sur un terrain long de deux kilomètres permet d'étudier en détail la productivité et la structure de la végétation, son adaptation aux éléments du relief et aux sols. L'utilisation ultérieure d'une échelle moins grande de la photographie aérienne permet de déterminer le caractère de distribution des complexes du même type et des combinaisons de la végétation en étudiant la tonalité des images photographiques.

Outre les terrains-clefs, on a établi les terrains supplémentaires. Par exemple, lorsqu'on établit la carte des pâturages à l'échelle 1 : 100 000 (fig. 3) pour le territoire de la RSS de Turkménie, on doit établir environ 2,5 mille de terrains-clefs supplémentaires (à peu près une portion par 15 000 hectares).

Le caractère des travaux de campagne sur un terrain supplémentaire n'a pas de différences de principe. On y a établi également un profil écologique, on détermine le rapport des groupements végétatifs, on indique leur adaptation aux éléments du relief et aux sols, on détermine la productivité. Pourtant, pour ce terrain supplémentaire les éléments du relief peuvent être déterminés visuellement et la longueur du profil peut être diminuée jusqu'à un kilomètre.

Toutes les observations de campagne et les résultats du traitement de chambre sont portés dans un registre spécial et sont codés sur les cartes perforées en utilisant un système spécial de descripteurs. Ceci permet de réaliser une systématisation rapide et le traitement des matériaux obtenus. Le codage des matériaux d'étude géobotanique des pâturages sur les mêmes terrains-clefs d'une année à l'autre permet d'obtenir une information comparative objective sur l'état des pâturages aux années à conditions climatiques différentes.

En parlant de la technique de décodage des photographies aériennes et cosmiques pour l'établisse-

ment des cartes de pâturage il faut souligner que dans les conditions du désert avec végétation fortement clairsemée, le recouvrement projectif est en général inférieur à 50 %, l'utilisation de la téléphotoinformation aux échelles 1 : 25 000 et plus petites ne permet pas d'utiliser la végétation en tant qu'indice de décodage tels que relief et caractère des sols. Donc, seule étude combinée et complexe de tous les trois indices, possible aux profils écologiques permet d'aborder la détermination du caractère de la végétation des pâturages à l'aide des indices du relief et des sols. Durant l'étude géobotanique il faut combiner le travail des géobotaniciens, des aménagés, des pédologues et des géomorphologistes.

Un maillon important de l'étude géobotanique complexe des pâturages est une estimation qualitative des herbes compte tenu du fourrage consommé et de sa nutritivité. Depuis quelques années l'Institut des déserts poursuit les recherches de la valeur biologique de principales plantes de pâturage qui poussent dans les différentes régions du désert. Les études embrassent un large cercle de problèmes. En particulier, on étudie d'une façon détaillée la composition chimique des parties organiques et minérales du fourrage, on décompose les protéines en amino-acides, on détermine la présence des vitamines, des macro- et microéléments. Ces analyses se font par saisons en créant un tableau de dynamique saisonnière de la nutritivité de la végétation sur les pâturages du désert.

Ces dernières années, en RSS de Turkménie on a réalisé de grands travaux de généralisation des matériaux géobotaniques accumulés [5]. Ce travail a permis d'obtenir les données sur la structure de la végétation par types des pâturages. Les données sur la nutritivité des plantes isolées et leur comparaison avec les données sur la structure de la végétation permettent d'évaluer la dynamique saisonnière de la nutritivité des herbes par chaque type des pâturages. Une telle généralisation qui permet de passer de la détermination de la qualité fourragère des plantes à l'estimation du territoire du pâturage est devenue la base des cartes des pâturages de bonification et du cadastre des terres de pâturage (fig. 4, 5).

L'utilisation du territoire de pâturage dans la zone désertique est étroitement liée à l'approvisionnement en sources d'eau pour abreuver le bétail. Or, durant l'étude géobotanique complexe des pâturages de désert on dresse obligatoirement un inventaire des sources et on établit une carte des réserves d'eau des pâturages. Sur la plus grande partie du territoire de pâturage de la zone désertique de l'URSS l'approvisionnement en eau se fait essentiellement à l'aide des eaux souterraines douces ou à faible et moyenne minéralisation par construction des puits et des forages. Dans certaines régions désertiques, on utilise pour approvisionner le bétail en eau les ouvrages pour accumuler et stocker les précipitations qui s'écoulent des surfaces collectrices naturelles et artificielles. Ces dernières années, on emploie de plus en plus les aqueducs qu'on construit dans le

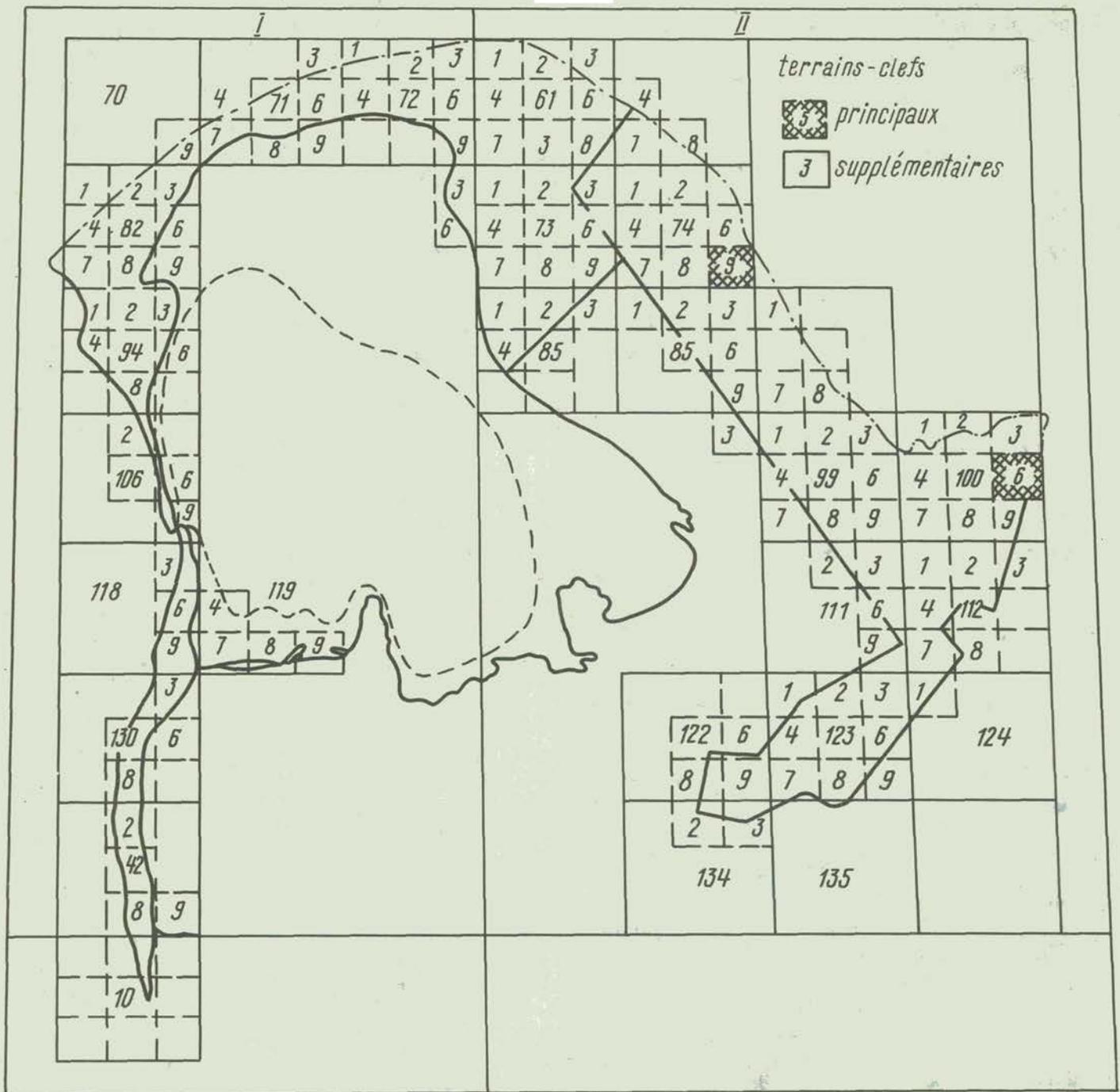


Fig. 3. Un exemple de division du territoire des pâturages de Turkménie nord-ouest sur les terrains-clefs principaux et supplémentaires

désert pour envoyer l'eau vers les pâturages. C'est pourquoi l'inventaire des points d'eau devient un maillon important de l'étude géobotanique complexe des pâturages et la carte d'approvisionnement en eau des pâturages qui permet de tenir compte de la quantité et de la qualité de l'eau sur le territoire est obligatoire dans la série de cartes botanico-fourragères établies pour la zone désertique.

Durant l'étude complexe du territoire de pâturage, on prête une attention particulière, lorsqu'il s'agit des fermes d'état autonomes, à l'établissement des cartes de l'utilisation actuelle du territoire de pâturage. Cette carte est dressée à la base des matériaux

sur la disposition saisonnière du cheptel de bétail par points d'eau mis en pratique récemment par les fermes. En utilisant plus rarement les mêmes points d'eau et en amenant dans certaines régions l'eau par les camions-citernes, les fermes puisent dans les réserves internes de mise en exploitation de nouveaux territoires de pâturage et augmentent la production de bétail par unité de territoire de pâturage. Les cartes botanico-fourragères permettent de résoudre correctement des problèmes multiples en réalisant les projets d'aménagement intérieur des fermes de moutons de la zone désertique.

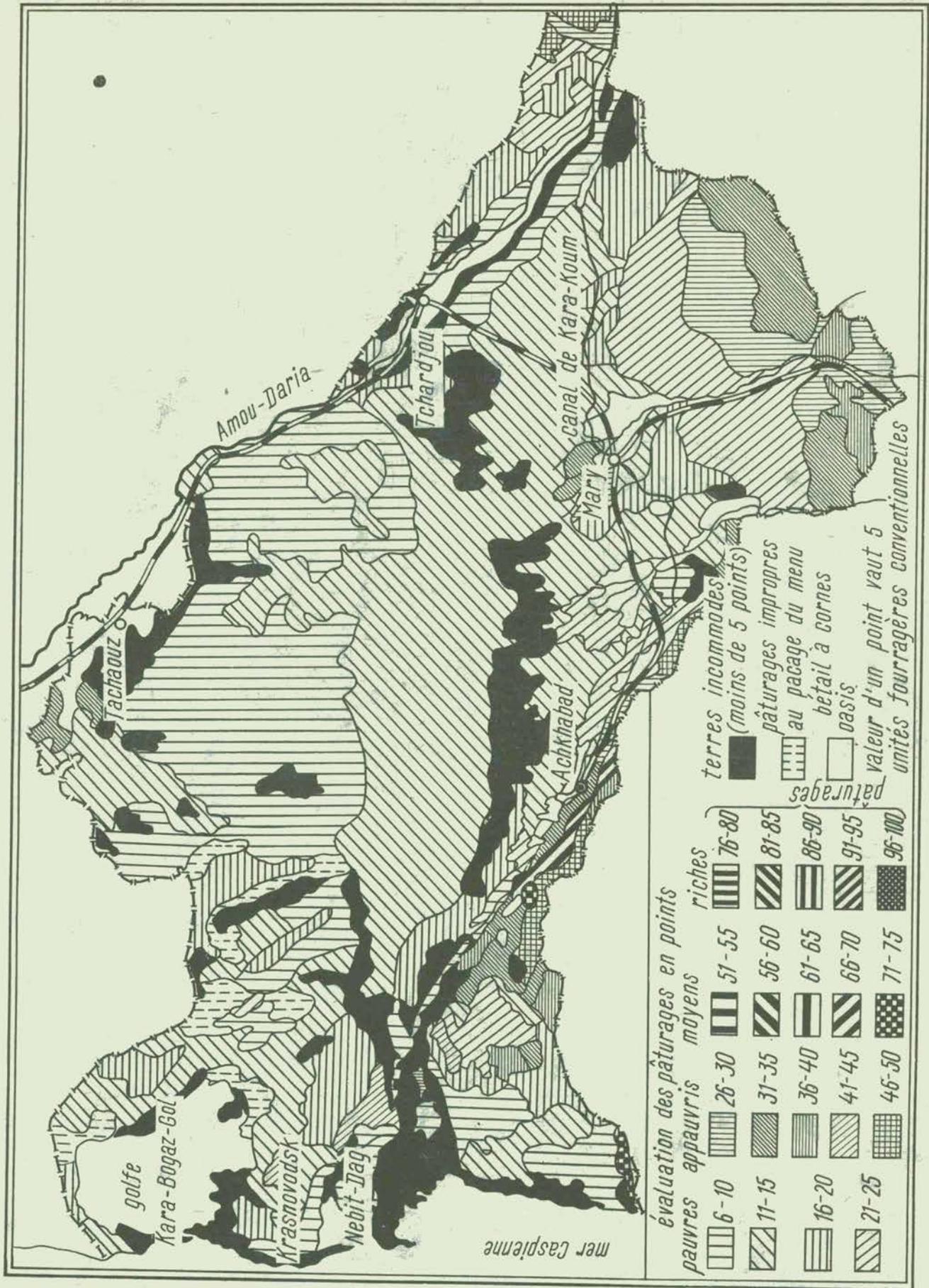


Fig. 4. Carte de bonification du territoire des pâturages de Turkménie d'après les indices moyens annuels de la qualité fourragère

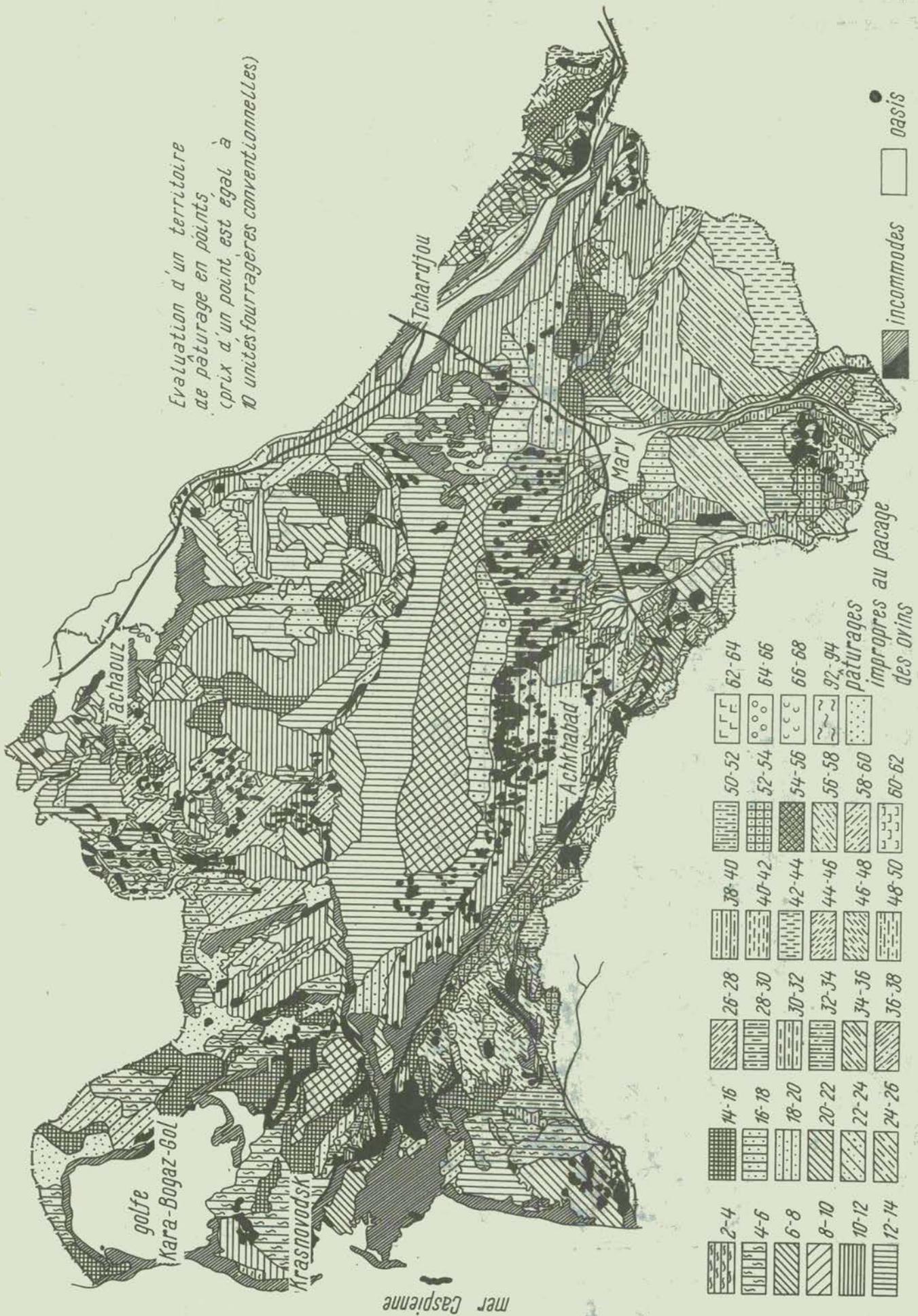


Fig. 5. Exemple d'une bonification du territoire de pâturage en Turkménie selon l'indice de la productivité fourragère dans la période printanière

Un type tout à fait nouveau dans la série de cartes botanico-fourragères dans la zone désertique de l'URSS est une carte annuelle opérationnelle qui estime la récolte des pâturages. L'étude géobotanique périodique a pour but de déterminer la productivité des pâturages pour une année de récolte moyenne. Pourtant, la productivité des associations dans le désert est une variable à fortes oscillations par années. C'est pourquoi, au calcul des indices moyens nous nous heurtons aux années de sécheresse à une grande difficulté d'alimentation du bétail aux pâturages, alors qu'une partie de fourrage va se perdre aux années humides.

Une des particularités d'élevage des moutons karakoul basée sur l'utilisation des pâturages désertiques durant toute l'année est la possibilité de manœuvre par le nombre de moutons à paître. Les spécialistes expérimentés obtiennent de grands succès en mettant à mort la plus grande partie d'agneaux dans les années sèches, alors que durant les années humides les jeunes sont préservés. Pourtant, la complexité du problème réside dans le fait que l'estimation de l'état des pâturages doit se faire le printemps lorsque commence la mise bas. Le but des cartes opérationnelles est de donner cette estimation le printemps dans les délais les plus courts et pour les territoires très grands.

Créé en Union Soviétique, la méthode de détermination aérophotométrique de la biomasse de la végétation désertique complétée ces derniers temps par l'étude de la structure et de la dynamique de mangeabilité des plantes par les animaux nous permet le printemps de chaque année de dresser durant la période de végétation la carte opérationnelle de l'état des pâturages pour toute la république et ceci en quelques jours. Compte tenu des données agrométéorologiques fournies par les postes météorologiques du désert et de la détermination sélective de contrôle sur le terrain de la récolte des pâturages, ainsi qu'en utilisant les courbes d'accroissement par décades de la masse fourragère sur les pâturages de type différent, on peut estimer au début de l'avril la récolte totale et les réserves de fourrage mangeables par principaux types des pâturages pour toutes les saisons de l'année.

L'établissement de la carte opérationnelle des pâturages se fait de la façon suivante. En tant que base géobotanique on utilise une carte préparée au préalable avec les frontières de principaux types des pâturages. Sur cette base préparée est transposé le schéma d'itinéraires aérophotographiques avec données corrigées sur les réserves des fourrages et on y place la grille des limites de l'extrapolation admissible des données obtenues pour le territoire environnant. Si nécessaire pour les buts pratiques, on peut établir cinq cartes de ce type par an pour caractériser l'état des pâturages pour chaque saison, ainsi que d'après les indices moyens d'année.

La caractéristique de territoire de pâturage d'après les résultats de l'exploration combinée et aéropho-

tométrique des pâturages est présentée dans une note explicative qu'on remet aux organismes intéressés avec les cartes opérationnelles des pâturages. Si nécessaire, elle est complétée de données qui caractérisent les régions géographiques ou administratives, soit toute la république. Il faut noter que dans la RSS de Turkménie et d'autres républiques de l'Asie Centrale soviétique on réalise depuis quelques années l'exploration aérophotométrique annuelle pour établir les cartes opérationnelles de l'état des pâturages, le travail étant fait en coopération avec les organismes de recherche et industriels.

Pour résumer ce qui a été dit sur les principes de l'établissement de différentes cartes botanico-fourragères, il faut avoir en vue que l'inventaire des cartes dressées durant l'étude géobotanique complexe dépend des buts posés et peut être différent dans les différentes régions géographiques. Si nécessaire, cet inventaire peut être plus long. En particulier, il faut prêter une attention particulière aux problèmes d'établissement de la carte reflétant les perspectives d'amélioration phyto du territoire de pâturage, des cartes d'applicabilité saisonnière des pâturages pour les différents types de bétail, etc. Pourtant, la carte botanico-fourragère principale est toujours la carte des pâturages dont la légende est faite à la base de la classification des pâturages de l'URSS.

A l'établissement des cartes des pâturages dans la zone désertique on utilise, en fonction des buts, quelques échelles principales. Ainsi, à l'étude géobotanique des fermes d'élevage de moutons (afin d'établir les projets d'aménagement interne et d'organisation du territoire dans les régions désertiques de l'URSS) on utilise l'échelle principale 1 : 100 000. La pratique du travail des organismes scientifiques et industriels des républiques asiatiques qui possèdent les pâturages désertiques à la productivité la plus faible du point de vue fourrage démontre que l'utilisation d'une plus grande échelle pour ces buts est peu efficace, prolonge fortement les délais des travaux et rend l'étude plus chère.

L'établissement des cartes des pâturages par régions administratives et, par conséquent, une certaine généralisation des données géobotaniques exige l'emploi de l'échelle 1 : 200 000. A l'établissement des cartes des pâturages pour tout le territoire de la république (en fonction de la nécessité de réaliser une généralisation géobotanique et géométrique des contours des pâturages tracés et d'avoir une vue générale du territoire de pâturage) on utilise deux échelles principales cartographiques: 1 : 500 000 et 1 : 1 000 000.

La détermination des réserves de fourrage sur les pâturages de désert a ses particularités. Avant tout, il faut tenir compte des associations végétatives isolées adaptées aux différents éléments du relief et aux sols; on doit déterminer le rapport de ces associations sur le terrain; il est nécessaire de mettre en relief la dynamique saisonnière de l'accroissement de la masse fourragère des plantes; on doit également

déterminer les réserves de fourrage générales et broutées pratiquement par le bétail par saisons.

La principale unité végétative avec laquelle opère un géobotaniste en déterminant les réserves de fourrage est l'association végétative. Dans la zone désertique, les phytocénoses concrètes d'associations végétatives occupent un territoire de quelques dizaines de mètres carrés jusqu'aux milliers d'hectares. Pour les massifs de sable des Kara-Koum et Kyzyl-Koum la plupart d'associations épousent les éléments des chaînes de barkhans. Donc, pour montrer correctement le rapport d'associations sur le terrain, il faut réaliser le calcul des réserves de fourrage sur une longue bande étroite (transect) passant perpendiculairement aux principaux éléments du relief.

La longueur du transect dépend du caractère du territoire de pâturage. Sa surface prise en compte est de 800 à 2000 m² avec la longueur de 400 à 500 m et la largeur de 2 à 4 m. La détermination des réserves fourragères se fait séparément pour la végétation buissons-arbrisseaux et herbes. Toutes les plantes du premier groupe rencontrées sur la bande sont portées dans un formulaire spécial sous la forme des symboles avec subdivision en quelques classes de taille. Ensuite, on les compte séparément pour chaque association. La masse fourragère des buissons isolés étalons est comptée pour savoir sa quantité, ensuite, on la multiplie par le nombre général de buissons ce qui permet de déterminer les réserves totales de la partie buisson-arbrisseau du fourrage par saison d'étude ramenée à l'unité de surface du pâturage.

Les plantes du deuxième groupe (herbes vivaces et annuelles) sont comptées sur les aires spéciales de 1 m² qu'on choisit tous les 20 à 50 m suivant l'axe du transect. On coupe les herbes de ces aires, les divisent en groupes principaux économiques d'après le même rythme du développement et la nutritivité pareille. La masse finale du fourrage est déterminée en état sec des plantes.

Dans les conditions des pâturages désertiques il est important de déterminer les réserves du fourrage de pâturage non pour une saison, mais pour toutes les saisons de l'année parce que les pâturages sont utilisés toute l'année. Il est très difficile de déterminer les réserves du fourrage 4 fois par an sur la même zone des pâturages. Afin de simplifier la technique de détermination des réserves fourragères sur les pâturages par saisons d'année dans les différentes zones du désert, on a réalisé pendant plusieurs années, une étude soigneuse de la dynamique de l'accroissement de la masse fourragère par saisons sur les plantes mangeables principales qu'on trouve dans la zone désertique. Les résultats de ces observations sont réunis en tableaux spéciaux, alors que le bilan d'accroissement des réserves fourragères totales et du fourrage que le bétail peut manger dans telle ou telle période est représenté sur les courbes annuelles. A l'aide de ces courbes il est possible de déterminer les réserves du fourrage pour le bétail pour toutes les saisons de l'année.

A la détermination du fourrage mangeable par le bétail on tient compte de plusieurs facteurs: si le fourrage est mangeable, la prise de la masse fourragère possible et rationnelle sans nuire à la végétation et, enfin, les pertes inévitables d'une partie de fourrage sous les pattes des animaux, etc. Ainsi, la valeur des réserves fourragères mangeable est égale à 0,5 ou 0,6 de la récolte. A l'organisation d'une utilisation rationnelle des pâturages dans la zone désertique nous prêtons une attention particulière à l'observation des normes adoptées de prise de la masse fourragère lorsqu'on fait paître le bétail. L'observation de ces normes garantit la préservation de la productivité des pâturages durant les années.

Le moment particulièrement important du travail de détermination des réserves fourragères sur les pâturages désertiques arrive lorsqu'on ramène les données à la récolte annuelle moyenne. La dépendance existante entre la récolte et les conditions météorologiques de l'année est fortement variable parce qu'on rencontre sur les pâturages les plantes différentes qui réagissent d'une façon différente sur le temps.

Dans la pratique de l'étude géobotanique des pâturages désertiques on utilise pour l'évaluation météorologique de l'année la graduation suivante: année très abondante, année abondante, année moyenne, année maigre et année très maigre.

L'année très abondante est caractérisée par une grande quantité de précipitations durant l'hiver et le printemps qui dépasse de plus de deux fois la norme moyenne pour plusieurs années. L'abondance des précipitations est suivie par une période chaude prolongée favorable au développement de la végétation. La végétation est très diverse, porte beaucoup de feuilles, les herbes sont hautes, les pousses annuelles des arbrisseaux sont plus longues et succulentes. La plupart de plantes possèdent un bon potentiel de vie et passent toutes les phases phénologiques du développement, florissent bien et donnent beaucoup de fruits.

L'année abondante se diffère de celle surabondante par le développement de la végétation moins prononcée. Dans ces années la quantité de précipitations en hiver et au printemps dépasse un peu les indices moyens pour plusieurs années. Dans ces conditions, deviennent importants le caractère et les délais de précipitations. Le jugement se fait d'après le développement d'un tel ou tel groupe biologique de plantes.

L'année moyenne est caractérisée par la somme de précipitations habituelle pour cette région en hiver et au printemps. La végétation se développe normalement, les plantes éphémères passent toutes les phases du développement phénologiques y compris la floraison, la fructification, la formation des grains. Les pousses annuelles des arbrisseaux ont une taille normale.

L'année maigre est toujours caractérisée par la réduction de la somme de précipitations durant les mois d'hiver et de printemps suivie souvent par la

Récolte du fourrage aux pâturages désertiques par groupes biologiques de plantes en % de l'année moyenne

Caractéristique économique de l'année	Arbrisseaux	Hautes herbes	Salsola		Ephéméroïdes	Ephémères	Artemisia
			vivaces	annuels			
Très abondante	120	165	180	180	200	150	175
Abondante	110	135	120	140	150	120	135
Moyenne	100	100	100	100	100	100	100
Maigre	90	85	60	65	60	75	75
Très maigre	80	75	40	25	15	30	50

complication des conditions climatiques (élévation rapide de la température de l'air, parfois des vents forts qui séchent le sol, etc.). La végétation se développe irrégulièrement. Sur les pâturages diminue sensiblement le nombre d'éphémères, les plantes ont un aspect abattu, florissent moins et ne donnent point de fruits. La diminution de la masse fourragère des arbrisseaux n'est pas tellement visible, mais la floraison et, ensuite, la fructification se font dans les différents délais et non partout.

L'année très maigre sur les pâturages est un phénomène exceptionnel et est due aux facteurs climatiques défavorables (très peu de précipitations, vents forts secs, arrivée rapide des hautes températures d'été). Les arbrisseaux ont un aspect abattu, les éphémères ne se développent point, les pousses des Salsola annuels périssent sans avoir le temps d'enraciner.

A l'estimation de la récolte de l'année durant l'étude géobotanique des pâturages il faut avoir en vue que même si les conditions climatiques sont identiques, l'accumulation des réserves aux différents massifs des pâturages a un caractère différent. La plus résistante aux facteurs défavorables est la végétation des sables ce qui est probablement lié aux meilleures conditions d'accumulation et de consommation ultérieure de l'humidité des précipitations. Un contraste frappant est donné par la végétation occupant les sols argileux qui se développe avec profusion aux années avec précipitations abondantes et presque disparaît aux années maigres.

A la base des observations de plusieurs années de la dynamique d'accumulation des réserves fourragères sur les pâturages désertiques dans les conditions de Kara-Koum, Nétchayéva N.T. propose d'utiliser pour l'évaluation objective de la situation fourragère de l'année par indices différenciés calculés pour les différents groupes biologiques de la végétation des pâturages (tableau 2).

Après la correction et après avoir ramené les données sur les réserves fourragères à l'année de récolte moyenne, on réalise le calcul définitif des réserves totales et mangeables du fourrage par saisons pour chaque association végétative dégagée durant l'étude géobotanique des pâturages. Ayant les données sur la productivité fourragère des associations végétatives isolées et en connaissance du rapport de ces associations sur le terrain, on peut faire des tableaux récapitulatifs pour les réserves du fourrage

totales et mangeables, pour la diversité, pour les types des pâturages, etc.

Afin de déterminer la capacité en bétail du territoire de pâturage, on calcule en général les réserves mangeables moyennes annuelles pour chaque contour industriel tracé sur la carte des pâturages, les réserves fourragères moyennes annuelles en tonnes par hectare sont multipliées par la surface des pâturages et les réserves fourragères sur la surface sont divisées par la norme annuelle du fourrage de pâturage nécessaire pour une tête de bétail.

Le bordereau récapitulatif des réserves fourragères avec les données sur la capacité du territoire de pâturage pour un type de bétail et la carte des pâturages sont les documents principaux pour déterminer les capacités potentielles du développement de l'élevage avec utilisation des pâturages et faire le planning interne de l'aménagement des terres.

Pour la réalisation d'une étude géobotanique complexe des pâturages désertiques on établit les mesures principales pour la protection de l'environnement. A l'heure actuelle, lorsque le progrès scientifique et l'action de l'Homme sur la nature font un impact de plus en plus lourd sur l'environnement, la préservation d'un tel système écologique fragile comme le désert est liée à beaucoup de difficultés et doit se baser sur des connaissances théoriques profondes. Aux instituts de recherches soviétiques est accumulée une grande expérience de l'étude complexe, de l'aménagement et de l'utilisation rationnelle des pâturages désertiques. Cette expérience est étudiée attentivement et largement utilisée par les différents organismes agricoles de production dans leur activité pratique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Nétchayéva N.T., Mordvinov N.A., Mosolov M.A. Pâturages des Kara-Koum et leur utilisation. Achkhabad. Turkmengiz. 1943.
2. Nétchayéva N.T., Pelt N.N. Base fourragère pour élevage des moutons dans la zone désertique de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan. Recueil « Conditions naturelles de l'élevage du bétail et base fourragère des déserts ». Achkhabad. Eds. de l'Académie des Sciences de la RSST. 1963.
3. Nikolaev V.N. Ressources naturelles du fourrage du Turkménistan. Achkhabad. « Ylym ». 1972.
4. Nikolaev V.N. Méthodes de l'étude géobotanique des pâturages désertiques durant l'aménagement complexe. Achkhabad. 1975.
5. Nikolaev V.N., Amangueldyev A.A., Smétankina V.A. Pâturages désertiques, leur évaluation en fourrage et bonification. M., « Naouka ». 1977.
6. Ramensky L.G. Classification des terres par végétation. « Problèmes de botanique ». F.I.M. 1950.

FORMATION DU RÉGIME HYDRAULIQUE ET DE SALINITE DU SOL SUR LES AIRES DE PATURAGE DE LA ZONE ARIDE

par *Zh. Ou. Akhanov*, Licencié ès sciences agricoles,
Sous-Directeur de l'Institut de
la Pédologie
de l'Académie des Sciences de
la RSS de Kazakhie (Alma-
Ata)

Les eaux du sol sont les ressources, absolument, indispensables pour la formation du corps végétal et un des facteurs principaux de l'existence des plantes.

L'instabilité de la productivité de la végétation originelle en années différentes dépend de l'instabilité de saison ou annuelle de réserves hydrauliques du sol. Donc, le perfectionnement de méthodes d'études des écosystèmes aussi que de facteurs déterminant leur dynamique est une des principales bases du fondement scientifique de l'exploitation rationnelle de terres agricoles, au sens général.

Un autre facteur non moins important dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des pâturages et de leur exploitation rationnelle; de même que de leur amélioration, est le régime de salinité des sols.

Le régime hydraulique et de salinité s'établit sous l'influence de beaucoup de facteurs tels que: physiques, physico-chimiques, biologiques, climatiques, géologiques, géochimiques, géomorphologiques, hydrogéologiques, pédologiques, hydrologiques

L'influence de tous ces facteurs sur les processus de la migration de l'eau et des sels n'est pas adéquate pour des sols différents. Donc, en établissant cette corrélation, il est important, chaque fois, de révéler la combinaison toute concrète de ces facteurs dans l'écosystème et de préciser le facteur déterminant la dynamique du régime hydraulique et celui de salinité.

Le groupe de facteurs physiques et physico-chimiques intègre toute une somme de forces naturelles de la migration des eaux et de leur transformation telles sont: évaporation, forces capillaires qui provoquent les montées de l'eau par rapport au niveau des eaux souterraines, migration de l'eau de sol, ainsi que des sels à propos d'une diversité de champs de température, de potentiel électrique, de pression osmotique, de gravitation.

Un des facteurs importants qui constituent un régime hydraulique et celui de salinité du sol de la zone aride est un facteur climatique. La dynamique du régime hydraulique de saison pour les sols automorphes dépend, entièrement, de l'intensité de précipitations, de température de l'air qui, à son tour, détermine le taux de l'évaporation et la salinisation des sols à des eaux souterraines attenantes.

Le groupe de facteurs géologo-géographiques comprend les facteurs géologiques, géomorphologiques, géochimiques et hydrogéologiques.

Les facteurs géologiques déterminent les conditions de la constitution des eaux souterraines, leur position, par rapport à la surface de terre, la vitesse de migration, le relief de la couche imperméable

régionale, le caractère de la couche hydratée (couche renfermant l'eau), la stratification, la porosité, la composition mécanique.

Les facteurs géochimiques — l'action de la composition minéralogique du sol (surtout, dans la partie colloïdale) sur les paramètres hydrophysiques, sur les valeurs du facteur de perméabilité à l'eau, diffusité. La géochimie de sels, facilement solubles, joue un rôle très important dans la formation du régime hydraulique et de salinité du sol, surtout, pour des sols à l'humidité intense des vallées de fleuve. Les paramètres physiques (de sols de terre) dépendent, dans une grande partie du type de la salinité. Ainsi, une forte salinisation de carbonate fait apparaître des couches dures, cimentées de type «arzyk» ou «chokh» qui compliquent la migration de l'eau du haut en bas, et au contraire.

Dans certains cas ces «horizons» représentent une couche imperméable, et «conditionnent, ainsi l'accumulation provisoire de l'humidité atmosphérique en établissant des «horizons biogéologiques» d'origine de la rizosphère.

La géomorphologie (type du relief et partie superficielle) détermine, dans une grande partie, la circulation de solutions et le régime hydraulique et de salinité du sol, aussi que l'orientation de processus de la salinisation et celui de désalinisation. De fortes pentes (jusqu'à 0,01) sont des zones du déport de sels, facilement solubles; des pentes moyennes forment des zones du transit de sels; des pentes faibles appropriées aux terrains bas — terrasses de rivières, deltas, parties périphériques du cône de déport etc. constituent des formes verticales de l'échange hydraulique de salinité et accumulent, ainsi, les sels facilement solubles dans le sol et dans les eaux souterraines.

Les facteurs hydrogéologiques de la zone aride sont déterminants pour la formation du régime hydraulique et de salinité du sol dans les vallées de fleuves. Le caractère de ce régime dépend de la position des eaux souterraines, de leur minéralisation, de la vitesse du courant et de sa puissance.

Les facteurs hydrauliques — les courants d'eau, les bassins d'eau prennent part dans la formation de ce régime, d'une façon indirecte, à travers les eaux souterraines, en tant que les sources d'approvisionnement des eaux souterraines locales ou régionales. Les crues des fleuves sont aussi un facteur propre à une montée de l'humidité de sol et du «lavage» du sol.

Les facteurs biologiques sont aussi très importants pour la constitution du régime hydraulique et celui de salinité du sol à travers le système de racine de la végétation qui absorbe l'eau et les ions de sels par

l'intermédiaire de la couche renfermant des feuilles et des racines mortes, qui à son tour réalise le transfert de sels, ainsi que par la transpiration due au fonctionnement de plantes.

Les recherches concernant l'établissement du rapport dans le cadre du système «sol-végétation» sont objet principal de l'écologie. Ce rapport étant un facteur déterminant des conditions du rendement élevé de la végétation, est celui déterminant le caractère du régime hydraulique et de salinité du sol.

Les facteurs pédologiques sont aussi classés parmi d'autres déterminants de la formation du régime hydraulique et salinité du sol, tels sont: structure du sol, sa composition mécanique, densité, surface spécifique, porosité, stratification, composition minéralogique, contenance de l'humus, pH du sol.

Dans la zone aride de l'URSS la norme moyenne annuelle de précipitations se trouve dans l'intervalle de 60—70 à 110—120 mm. Les précipitations les plus efficaces sont celles d'automne et d'hiver. Les précipitations de printemps et d'été ne sont pas susceptibles d'humecter le sol jusqu'à la profondeur suffisante, c'est-à-dire à 5—7 cm, et s'évaporent, donc, sous l'influence des températures élevées de l'air.

Une particularité des sols sablonneux de la zone à une forte différence de températures de l'air le jour et la nuit consiste à l'accumulation des vapeurs. Les sols sablonneux, les sables possédant d'une haute capacité de filtration conservent très bien l'humidité de sol, et sont susceptibles d'une réduction du débit de l'eau qui se dépense, habituellement, pour l'évaporation en conservant l'eau aux «horizons» de sol profonds. Le débit de l'humidité se dépense pour la transpiration bien que sur les terrains de pâturage dégradés il soit évaporation non productive.

Le tableau suivant illustre que l'humidité de sol est la plus dynamique bien que lors de la période d'été elle puisse atteindre son minimum, dans la couche de sol 0—20 cm. Pendant l'été, même il y a des moments où l'humidité de sol productive est égale à nul, jusqu'à la profondeur d'un mètre.

Rappelons, que d'après les données moyennes annuelles la profondeur de l'humidification de printemps ne dépasse pas 70—80 cm, tandis que les systèmes de racine des plantes dans les zones de déserts d'arbrisseau se trouvent dans l'espacement de 0 à 2,5 (4) m.

Le régime hydraulique des sols sablonneux extrêmement, arides de l'URSS, où le taux moyen de précipitations lors des plusieurs années se classe entre

60—70 mm (par an), dépend de différents facteurs tels que: relief, performances liantes du sol, litologie, niveau des eaux souterraines.

D'autre part, le régime hydraulique des sols sablonneux s'installe sous l'influence considérable de la composition de la végétation. Ainsi, pour les sols sablonneux (ass. *Haloxylon aphyllum*) la couche de sable à l'humidité minimale (1,0 %) au cours des mois d'été est égale à 5 m d'épaisseur, ce qui est, éventuellement, lié à la discussion de l'humidité du sol, par l'*Haloxylon*, et permet de traiter ce phénomène de sécheresse de sol de saison.

Le caractère de la dynamique du régime hydraulique pour des sols de désert argileux et sous-argileux, par rapport, aux sols sablonneux, est lié à l'accumulation de l'humidité de sol qui se forme avec les précipitations atmosphériques d'hiver. L'accumulation a lieu dans la couche supérieure (0—50, 0—70 cm). En même temps, une partie de précipitations se dépense pour l'évaporation avant de leur pénétration dans le sol. Le caractère de saison de la transpiration est lié à la morphologie des associations (étant donné les différentes écobioformes) et dépend de l'approvisionnement en eau des sols ou de l'éventualité de la consommation non seulement de l'humidité au printemps, mais, aussi, des eaux souterraines lors de la période d'été-automne.

Sur les sols argileux, à la suite d'une très faible filtration, toutes les précipitations atmosphériques se dépensent pratiquement pour l'évaporation superficielle. D'une façon générale, les sols argileux se transforment en «takyry's». Ce phénomène étant propre à l'évaporation superficielle de l'eau. Les «takyry's» se caractérisent de l'absence totale de la végétation.

Donc, le régime hydraulique des sols automorphes, arides se forme d'après le type élluvial (précipitations atmosphériques), et sa dynamique est conditionnée de l'évaporation et, essentiellement, de la transpiration. Les caractéristiques quantitatives et qualitatives du régime hydraulique des écosystèmes sont les indices les plus nécessaires pour l'évaluation de la dynamique de la productivité des pâturages.

Sur les sols sablonneux à la végétation éphéméroherbale, le débit intense de l'eau du sol a lieu dans la couche supérieure d'un mètre — vers le début de l'été, mais dans les couches inférieures elle garde une hypodricité qui s'élève aux 2—3 valeurs maximales (en mg).

A côté de précipitations atmosphériques et facteurs biologiques, un rôle important, dans la formation du régime hydraulique sur les sols sablonneux, revient à leur capacité de se refroidir rapidement la nuit; cette faculté provoque la formation de l'humidité vaporeuse dans la couche au ras de sol, condensée au fur et à mesure qu'elle pénètre dans la couche inférieure.

Les vallées de fleuves de la zone aride ayant une très riche végétation sont utilisées pour la fenaison, le regain s'utilise pour le pâturage.

Notamment, on distingue deux types des sols dans les vallées fluviales, deux types essentiels qui se diffèrent par la dynamique des régimes hydrauliques et de salinité et par conséquent, par les particularités de leur évolution végétale.

Tableau

La dynamique de l'humidité productive pour les sols sablonneux

L'épaisseur de la couche en cm	L'humidité de sol en mm		
	Printemps	Été	Automne
0 — 20	de 7 à 28 moyen 22,1	de 0 à 16 moyen 4,6	de 0 à 19 moyen 7,0
0 — 50	de 34 à 73 moyen 56,6	de 0 à 33 moyen 9,3	de 0 à 30 moyen 11,7
0 — 100	de 76 à 149 moyen 104,5	de 0 à 67 moyen 31,8	de 10 à 45 moyen 30

C'est le sol de rives basses marécageuses qui reçoit la plus forte quantité d'eau, car chaque année les rives sont couvertes de crues; il s'en suit une juxtaposition des eaux souterraines et superficielles au début de printemps.

Le rôle primordial dans la formation du régime hydraulique et de salinité des sols revient aux facteurs géomorphologiques, hydrologiques, hydrogéologiques, climatiques et biologiques ainsi qu'à leurs combinaisons.

Les sols de rives basses marécageuses sont caractérisés par une saturation complète au printemps à la suite du ruissellement naturel et l'emplacement proche des eaux souterraines (0,8–1,2 m). Pourtant, en été la teneur en eau dans la couche d'un mètre de profondeur diminue, brusquement. Ainsi, dans la couche de 0–30 cm l'eau se trouve au niveau moyen de mobilité et de disponibilité pour les plantes, et dans la couche de 30–100 cm elle est facilement mobile et disponible. Plus bas la teneur en eau correspond à la saturation complète. Vers l'automne quand le niveau des eaux souterraines baisse, on observe une réduction ultérieure de l'humidité du sol; dans la couche de 0–30 cm elle est moyennement mobile et moyennement disponible; dans la couche de 150–200 cm elle est facilement accessible et mobile.

Dans le régime de salinité des sols la dynamique est exprimée très nettement aussi bien pour le régime de lavage que pour le régime de transpiration.

Le régime de lavage se caractérise par le suivant. Des sels facilement solubles accumulés lors de la période d'été-automne se délavent et s'évacuent. Le régime de «transpiration» assure l'accumulation de sels facilement solubles dans la période d'été-automne à travers l'évaporation de l'eau de sol.

L'accumulation de saison de sels (A.s.s.) pour une couche de 0–200 cm est égale à 1,0–1,1 %. L'accumulation la plus intense par saisons est observée dans les couches supérieures. Ainsi, dans la couche de 0–30 et de 30–50 cm l'A.s.s. fait 1,72 % et 1,70 % et dans la couche de 50–100 et 100–150 cm elle fait 1,08 % et 0,29 %.

Un tel caractère de l'A.s.s. témoigne d'une dynamique de sels saisonnière d'après le profil, cette dynamique reste en fonction du ruissellement naturel et l'évaporation qui s'en suit.

De cette façon, l'eau du sol sur des rives basses marécageuses se forme, dans la couche d'un mètre, grâce aux eaux de crues. Elle est consommée par la transpiration de la végétation de jonc abondante et par l'évaporation superficielle. Autrement dit, la formation du régime hydraulique et de salinité est soumise aux facteurs climatiques, hydrogéologiques, géologo-géomorphologiques et biologiques, ainsi qu'à leurs combinaisons.

Les sols de prés alluviaux dans les plaines de deltas se développent, généralement, sur les remblais fluviaux (les deltas anciens et actuels de fleuves Syr-daria et Ily), sur des terrains élevés des abaissements entre les lits (le delta du fleuve Talas), ces zones étant soumises aux crues périodiques de court terme et disposant des eaux souterraines faiblement minéralisées. La végétation y est représentée par des arbustes et des tainis aux herbes de prés diverses à l'étage inférieur.

C'est la combinaison de facteurs géomorphologiques, géologiques, biologiques et d'autres qui jouent

un rôle important dans la formation du régime hydraulique et de salinité des sols de prés alluviaux.

Le régime d'eau et de salinité des sols en question est classé d'après les données annuelles moyennes. Il est caractérisé dans la couche de 0–30 cm par un taux d'humidité qui dépasse la moyenne au printemps, et tombe brusquement vers l'automne. Autrement dit, déjà au printemps la couche superficielle se trouve au niveau de mobilité et de disponibilité moyennes, et en période été-automne l'eau passe dans la forme immobile et inaccessible. Dans la couche de 30–50 cm l'eau du sol est immobile mais moyennement disponible pour les plantes. Dans la couche de 50–100 cm l'eau du sol est d'une mobilité et d'une disponibilité moyennes. A la profondeur de 100–150 cm où sont alternés le sable aux grains fins, les sols argileux et arénoargileux, le taux d'humidité est au maximum au printemps (l'eau du sol est mobile et largement disponible). Pourtant, en été, ce taux tombe au plus bas pour monter au moyen vers l'automne.

De cette façon, la dynamique de régime des eaux des sols de prés alluviaux au composé mécanique léger est conforme, à notre avis, aux conditions suivantes: une haute teneur en eau du sol, dans la couche supérieure de 0–30 cm au printemps, est due à l'accumulation de précipitations atmosphériques pendant la période hivernale. Vers l'été cette réserve d'eau, à la suite de l'évaporation et, surtout de la transpiration, diminue brusquement et devient immobile. Dans la couche de 30–50 cm le débit de l'eau du sol concerne uniquement la transpiration. C'est ce fait qui détermine une certaine baisse de l'humidité en été quand la transpiration s'intensifie, et une certaine augmentation vers l'automne quand la transpiration se voit réduite d'un coup. La dynamique analogue est observée dans la couche du sol de 50–100 cm.

La transpiration effectuée en majeure partie par la végétation d'arbustes, influence le régime hydraulique dans la couche de 100–150 cm. Le taux d'humidité tombe à partir de la saturation capillaire au printemps jusqu'à l'assèchement intense en été pour accuser une légère augmentation en automne. Le fait d'une augmentation quantitative et qualitative de l'eau du sol en automne, dans la couche au-dessous d'un mètre de profondeur, sur tout le profil — ce fait témoigne d'un rôle actif des eaux souterraines pour la formation de régime aquatique des sols, ces eaux se trouvant à la profondeur jusqu'à 3,5 mètres. Cela est dû, à notre avis, à la présence de pédotermes stratifiées.

Les régimes de salinité des sols de prés alluviaux font preuve d'une dynamique peu accentuée. Le profil du sol est doux, à l'exception de la couche supérieure de 0–30 cm, où la teneur en sels facilement solubles varie dans les limites de 0,30–0,40 %. Les changements saisonniers dans la teneur de sels ne sont pas observés ce qui prouve une absence d'influence active de la part des précipitations atmosphériques et des eaux souterraines sur le régime d'eau et de salinité des couches supérieures. Les sels sont, en majeure partie, constitués par les sulfates de sodium, de calcium et de magnésium. L'analyse de la composition de sels démontre qu'au printemps (dans la couche de 0–30 cm) Na_2O_4 fait jusqu'à

45 %, CaO_4 — jusqu'à 30 %, et la quantité de NaCl est égale à 1,7 %. En été on voit surgir certains changements dans la composition — une augmentation de NaCl jusqu'à 22,4 %. Vers l'automne le tableau est renversé, c.-à.-d. le pourcentage monte jusqu'à la teneur en sels printanière. Les couches inférieures ne présentent pas de changements quantitatifs ou qualitatifs notables quant à la composition de sels.

Il en ressort que les territoires les plus arides du globe démontrent non seulement une évaporation de l'eau du sol, mais aussi une accumulation et la formation des eaux souterraines. L'alimentation des eaux souterraines se fait du haut, à travers une assise de pédotermes. C'est pourquoi l'étude du régime hydraulique, la connaissance de la dynamique de ce dernier revêtent une portée non seulement théorique, mais pratique — pour déterminer la productivité des pâturages désertiques.

La méthode la plus acceptée en URSS pour l'étude du régime hydraulique des sols est celle « de poids ». Elle sert d'étalon pour toutes autres méthodes. Le nombre et les délais d'observations dépendent des buts et des tâches de recherches. Dans la zone aride, où les précipitations atmosphériques (et la condensation de l'humidité vaporeuse) servent d'unique source de pénétration de l'eau dans le sol, il est souhaitable de procéder à l'étude du régime hydraulique chaque décennie. Il est recommandé de prendre des échantillons tous les 10 cm par couche (0—10,

10—20 etc.) jusqu'à la profondeur d'un mètre, et tous les 20 cm au-dessous d'un mètre (100—120, 120—140 etc.), et en même temps assurer l'observation synchrone de précipitations atmosphériques. Afin d'avoir des données plus fiables relatives aux régimes aqua-salicole, il est nécessaire de disposer des chiffres concernant au moins trois années. Ensuite, tenant compte des constances aquatiques qui caractérisent les sols envisagés, on dresse les chronoisoplèthes de la teneur en eau du sol pour l'année moyenne et la profondeur initiale. Partant de ces données, on élabore des recommandations propres à l'augmentation de l'efficacité des pâturages (le choix de cultures, la détermination de délais d'ensemencement, du traitement d'irrigation etc.).

La dynamique du régime de salinité étant active on procède à son étude une fois par mois ou une fois par saison (au printemps, en été, en automne).

Quant aux sols de la zone aride à l'humidification élevée où les eaux souterraines jouent un rôle de premier plan dans la formation des régimes d'eau et de salinité l'observation mensuelle se révèle optimale, lorsqu'on mesure la teneur du sol en eau et en sels. Cela étant, on détermine parallèlement le niveau des eaux souterraines et la teneur en sels solubles dans l'eau. Ces données sont traitées d'une façon analogique — en chronoisoplèthes, on dresse, également, des profils de salinité qui reflètent la teneur en sels quantitative et qualitative.

EVALUATION DES PATURAGES A L'AIDE DE L'ANALYSE D'INFORMATION

par *V.N. Antropov*,

A.A. Kavokine.

Licencié ès sciences agricoles.
Chercheur supérieur de l'Institut de pédologie de l'AS de la RSS de Kazakhie (Alma-Ata)

Licencié en mathématiques.
Chercheur supérieur de l'Institut de Pédologie de l'AS de la RSS de Kazakhie

L'évaluation des sols est une classification utilitaire et numérique en fonction des objectifs précis à atteindre lors de sa réalisation.

L'évaluation des sols poursuit des buts très divers tels que la productivité potentielle des sols, leur productivité efficace et leur productivité moyenne, la production d'une espèce quelconque des plantes satives ou des groupements végétaux naturels, la densité éventuelle du bétail, la production des unités fourragères, des protéines, des unités fourragères protéiques, l'évaluation en espèces numériques, le choix de chantiers de construction, l'irrigation, l'alimentation etc. Toute évaluation des sols est toujours précise, il n'existe pas et il ne peut y avoir d'évaluations abstraites ou généralisées. A cet égard on voit apparaître un problème de choix des critères d'évaluation. Si pour les terres cultivables ce problème n'est pas tellement aigu, alors il devient actuel quand

il s'agit des herbages naturels. La difficulté de choisir un critère d'évaluation des pâturages réside dans le fait qu'il est impossible d'adopter un critère généralisé en raison du caractère saisonnier des récoltes des plantes fourragères, de leur nutritivité qui varie suivant les saisons de l'année. Cependant, l'évaluation des pâturages doit indiquer combien et quels sont les animaux pouvant recevoir des aliments provenant d'un pâturage donné sans provoquer pour cela une régression notable de la végétation et la destruction des sols. En même temps, cette évaluation doit fournir une information objective sur la capacité productive des sols en unités fourragères, en protéine ou en biomasse végétale. Il en résulte que le critère d'évaluation doit satisfaire aux conditions ci-dessus avec la moindre erreur dans l'interprétation des données naturelles et présenter un indice ou un système d'indices de l'objet étudié.

Ainsi, le critère-indice d'évaluation est une propriété ou un état de l'objet par rapport auquel on vérifie (on établit) le bon choix d'un volume et d'une structure dans l'espace renfermant des indices indispensables pour décrire (identifier) une propriété ou un état donné de l'objet.

Pour ce qui est du critère d'évaluation des pâturages, il ne peut y être question que de l'un des indices (soit d'un système d'indices) de rendement qui doit contenir sous forme évidente ou non évidente un élément permettant la détermination de la densité éventuelle des animaux. D'une façon où d'une autre le choix du critère connaît des restrictions y compris le point de vue subjectif de l'expert. C'est ainsi, par exemple, qu'en URSS on se sert de divers critères pour évaluer les pâturages parmi lesquels on pourrait indiquer la biomasse végétale et notamment sa valeur moyennée pluriannuelle (le critère le plus utilisé), la meilleure récolte du meilleur pâturage (comme référence) [5], la meilleure récolte de l'année la plus abondante [17], la récolte en unité fourragère [7], la récolte en protéines [15]. Il s'agit dans le dernier cas de la réserve réelle de la protéine (RRP) obtenue d'après la formule suivante:

$$RRP = RG \cdot K \cdot QPD$$

où RG est le rendement global en q/ha,

K le coefficient d'utilisation des pâturages,

QPD la quantité de protéine digestible en kg/q.

On peut également citer le double critère des unités fourragères et de la protéine digestible [8], le critère unifié des unités fourragères protéiques (UFP) [1, 13] obtenues comme suit.

$$UFP = R \frac{UF (PD \cdot K)}{2}$$

où R est la récolte en q/ha,

UF l'unité fourragère en kg/q,

PD la teneur en protéine digestible en kg/q,

K le coefficient de conversion de la teneur en protéine digestible en unités protéiques par rapport à la plante-étalon (PE)

$$K = \frac{1}{PD_{PE}}$$

La plante-étalon est choisie pour le pays tout entier.

Parmi les critères, indiqués ci-dessus, certains peuvent devenir trop optimistes et insuffisamment objectifs. Par ailleurs, il y a lieu d'insister une fois de plus sur le fait que le choix d'un critère dépend pour une très large part du but de l'évaluation. Cependant, lors du choix de ce critère l'expert peut se guider par certaines méthodes formelles. Le recours à ces méthodes est valable vu le caractère indéfini du choix à partir d'un massif d'indices également égaux, c'est-à-dire quand l'expert se trouve en difficulté d'indiquer le critère le plus approprié pour une situation donnée. Le choix du critère peut se faire comme montré dans [3] en procédant à l'analyse d'une matrice de coefficients de corrélation. Les calculs des coefficients de corrélation se réalisent en tenant compte des critères possibles et de l'objectif global de même que des éléments de l'espace d'indices. Le dernier facteur est important pour limiter le

volume de l'espace contenant les indices. En d'autres termes, le choix des paramètres éventuels se rapportant à l'objet étudié sera réduit à deux ou trois dizaines de variables ce qui rend sans aucune doute moins onéreuse la réalisation de l'expérience. Par ailleurs, pour l'établissement de l'échelle de qualités des sols de pâturages naturels dans la basse contrée Précaspicienne et le choix d'un critère d'évaluation et de minimisation des études expérimentales une matrice de coefficients de corrélation a été constituée (tableau 1). Le tableau comporte une partie de données de l'analyse de corrélation de la dépendance entre certaines propriétés des sols et le système d'indices caractérisant le rendement de la végétation naturelle dans deux zones climatiques. Le calcul de chacun des coefficients se faisait avec 60 observations.

Comme on le voit, la majorité des coefficients ont des valeurs voisines, la différence étant incertaine. Il faut en choisir les paramètres du rendement des plantes qui sont liés étroitement avec les propriétés des sols. A cette fin, on marquera dans chaque colonne par deux astérisques deux coefficients les plus élevés. Dans la première colonne ces signes sont attribués aux coefficients de la première et de la troisième lignes. Mettons cette information sous la forme (1,3)₁ pour la première colonne; (2,4)₂ pour la deuxième; (2,4)₃ pour la troisième; (1,4)₄ pour la quatrième; (3,5)₅ pour la cinquième et (1,2)₆ pour la sixième. Un calcul élémentaire fait apparaître que dans les paires, formées de nombres, le numéro de la quatrième ligne se répète le plus souvent: c'est le chiffre « quatre ». Pour être plus sûr rajoutons dans chaque colonne le coefficient suivant (d'après sa grandeur) et le marquons à cet effet par un astérisque. A en juger maintenant d'après trois niveaux de valeurs (1,3,4)₁, (2,3,4)₂, (2,3,4)₃, (1,2,4)₄, (1,3,4)₅, (1,2,4)₆ le numéro de la quatrième ligne fait partie de toutes les combinaisons. C'est dire que la récolte des plantes en unités fourragères protéiques se distingue par le lien le plus étroit avec les propriétés des

Tableau 1

Matrice de coefficients de corrélation entre certaines propriétés des sols et les paramètres du rendement des plantes

Récolte	Zone désertique et steppique			Zone désertique		
	Profondeur du sol A+B	Réserve d'humus dans A+B	Réserve d'humus dans 0 - 50 cm	Profondeur du sol A+B	Réserve d'humus dans A+B	Réserve d'humus dans 0 - 50 cm
Biologique	**	0,67	0,72	**	0,92	0,75
En unités fourragères	0,26	**	0,85	0,73	0,84	0,75
En unités protéiques digestibles	**	0,71	0,76	0,70	**	0,69
En unités fourragères protéiques	0,63	**	0,82	**	**	0,74

sols et peut être considéré comme le plus proche d'un critère optimal.

L'analyse des propriétés des sols se fait de façon analogue. La seule différence consiste dans le fait que les combinaisons sont constituées par lignes et non pas par colonnes. Par exemple, dans la première ligne les coefficients les plus élevés se rapportent à la quatrième et à la cinquième colonnes et plus loin on a $(2,3)_2$; $(3,5)_3$; $(3,5)_4$. Alors l'incertitude concernant les colonnes 3 et 5 est éliminée, car ces colonnes interviennent dans les combinaisons à titre égal. Introduisons encore un coefficient pour obtenir les combinaisons de trois éléments, à savoir: $(4,5,6)_1$; $(2,3,5)_2$; $(1,3,5)_3$; $(2,3,5)_4$. Les calculs ont fait ressortir que la réserve d'humus dans la couche A + B des deux types de sols (colonnes 2 et 5) était présente dans le plus grand nombre de combinaisons et, par conséquent, ce critère doit être considéré comme étant plus proche de l'optimum vis-à-vis de tous les autres critères. L'analyse de la matrice (tableau 1) a permis en effet de choisir, pour critère d'évaluation des sols, le rendement des plantes exprimé en unités fourragères protéiques, tandis que la prise et l'analyse d'échantillons des sols étaient limitées par les horizons A et B. En même temps, les formes d'aliments qui se prêtent facilement aux variations, étaient éliminées de l'analyse.

Ainsi, à l'heure actuelle, la théorie d'évaluation des sols ne permet pas d'obtenir une réponse univoque concernant la forme et le contenu du critère d'évaluation et son choix dépend dans la majorité des cas du point de vue subjectif de l'expert.

Le deuxième aspect du problème d'évaluation des sols consiste à faire une expérience en vue de choisir les variables de l'espace contenant les indices.

Le recours à l'analyse d'information définit de manière précise la règle pour la tenue de l'expérience. Conformément à cette règle il est indispensable de respecter le principe de «choix par points» lorsqu'on veut sélectionner les variables se trouvant dans l'espace indiciaire. Autrement dit, tout état des variables de l'espace indiciaire doit correspondre dans le temps et dans l'espace à l'état de l'indice-critère. A cet égard, la zone de choix doit absolument recouvrir non seulement la zone des grandeurs maximales de l'indice-critère, mais aussi la zone de son absence totale.

C'est ainsi, par exemple, que lors de l'expérience ayant pour but de choisir les variables de l'espace indiciaire (propriétés des sols) en vue de les classer suivant leur rendement (indice-critère), il est nécessaire d'effectuer les prises d'échantillons pour l'analyse physique et chimique tant dans les sols assurant des récoltes quelconques que dans les sols dépourvus de végétation. Cette approche permet d'avoir des informations complètes et suffisamment justes sur les relations réciproques entre l'espace des indices et le critère choisi.

Le réseau d'observations par points peut être divisé en trois catégories. La première: observation totale de toutes les différences des sols ce qui est assez difficile à l'étape actuelle. La deuxième: réseau destiné spécialement aux observations par points lorsque une variété de sol est représentée ne serait-ce que par deux ou trois descriptions. Cet objectif est réalisable mais demande d'importants investisse-

ments. La troisième: réseau probabiliste recouvrant de façon plus ou moins égale la région à étudier et nécessitant des dépenses moins élevées. Des systèmes hiérarchiques combinés peuvent se former à partir de ces trois catégories d'observations.

L'expérience dans la basse contrée Précaucasienne était effectuée, par exemple, avec la méthode d'observation combinée faisant appel à la troisième et à la deuxième catégories. A cet effet, la région à étudier était divisée en quadrants. Les quadrants portaient des numéros et les endroits de prises d'échantillons étaient déterminés à l'aide d'une table des nombres aléatoires. La prise d'échantillons se faisait par série à partir de quelques horizons (de 4 à 10) présentés sous forme d'un alignement allant généralement du niveau inférieur vers le niveau supérieur de la ligne de micropartage des eaux. Chaque échantillon de sol subissait l'examen pour l'ensemble des propriétés physiques et chimiques.

Chaque propriété est une variable. L'ensemble de variables constitue un espace d'indices. Au point de vue de toute classification les plus informationnels sont les indices diagnostiques. Un ensemble de ces indices présente une structure hiérarchique allant des indices porteurs d'information vers les indices fournissant un minimum d'information.

Par conséquent, par indices diagnostiques on entend le volume et la structure de l'espace indiciaire dont les états servent à décrire (identifier) une propriété ou un état donné de l'objet.

Le troisième aspect de l'évaluation se rapporte aux problèmes de quantification qui consistent à définir les limites optimales des classes au sein de la variable. Autrement dit, il s'agit d'obtenir un groupement d'éléments de la variable autour des centres quelconques en vue d'avoir une information maximale sur l'objet et supprimer l'influence des autres variables sur les modifications de la variable en question.

Aujourd'hui on dispose de deux versions de base. La première version est la plus simple et a pour principe la division uniforme de l'axe numérique du critère ou la répartition d'égale densité des fréquences dans les limites des classes. Avec cette méthode on sait d'avance qu'une partie d'information se perd. La seconde version est légèrement plus compliquée. Elle est basée sur les connaissances et la logique du chercheur qui se guide par certaines règles dont les principales sont:

a) La règle de A.A. Tchouprov [18] concernant des dimensions optimales des groupes.

b) Les conditions d'augmentation du rapport signal/bruit qui consistent à accroître la largeur de la bande (classe), c'est-à-dire de la plage des valeurs limites pour la variable [12, 16, 11].

Cependant, à la frontière des classes l'incertitude reste toujours et on hésite à ranger un état frontière dans telle ou telle classe et, pour cette raison, même la quantification idéale apporte inévitablement des erreurs et donne naissance à un «bruit» de quantification. Lors de la transmission de l'information avec des intervalles suffisamment petits l'interférence mutuelle conduit au décalage dans un sens ou dans un autre du flux d'information frontière et donne lieu, par conséquent, à une identification incorrecte de l'état supposé de l'objet (le rendement, par exemp-

le). Avec de larges rangs englobant un grand flux d'information on assiste également à une perte d'information.

Il faut signaler que la première variante de quantification peut être utilisée pour l'organisation des observations conformément à la deuxième et troisième catégories. Dans ce cas l'expert n'aura pas à faire des recherches supplémentaires.

La seconde version de quantification dépend pratiquement dans son ensemble du niveau de connaissances de l'expert et peut être utilisée avec tous les procédés d'organisation des observations suivant chacune des catégories.

Les plus développées sont les méthodes permettant de choisir un système d'indices informationnels (indices diagnostiques) à partir d'un volume initial où l'opération essentielle est la minimisation qui consiste à sélectionner une quantité minimale d'indices tout en conservant leurs possibilités de fournir une description suffisamment complète de l'objet. Dans le cas général la minimisation peut se présenter sous la forme suivante [6]:

$$p = \prod_{i=1}^n t_i$$

où t_i est la quantité de fragmentations sur le 1^{er} axe ($i=1, 2, 3, \dots, n$).

On voit que la minimisation se fait en tenant compte tant de la quantité de fragmentations (t_i) que de la quantité d'indices (n). La minimisation par fragmentations est très difficile. D'une part, lorsque la quantité d'indices n et de leurs fragmentations (t_i) est élevée de même que lorsqu'il existe une dépendance statistique entre les indices ce qui est toujours le cas dans les études biologiques, la complexité du problème de minimisation dépasse les possibilités des ordinateurs modernes [6]. D'autre part, l'évaluation se fait en principe avec un nombre de fragmentations donné d'avance. Par conséquent, le nombre d'indices (n) devient l'objet de la minimisation. Il semble que c'est plus avantageux vu le fait qu'avec la diminution du nombre d'indices (n) le volume de l'espace (p) décroît de façon plus efficace qu'avec la diminution des fragmentations (t_i) tout en rendant moins élevées les dépenses pour la détermination des indices.

Compte tenu des conditions naturelles et climatiques il peut y avoir des cas où lors de la solution des problèmes de choix et de minimisation de l'espace indiciaire, chaque région aura son propre système d'indices diagnostiques. Cela signifie que le nombre de systèmes d'indices diagnostiques pour la solution du même problème (ce qui est tout à fait probable) sera égal au nombre de régions.

Examinons brièvement certaines méthodes de minimisation du volume de l'espace indiciaire dont les algorithmes ne font pas appel à un tri de tous les indices [20]. Pour trouver l'algorithme on agit de la façon suivante: à tour de rôle on élimine un indice à partir d'un système d'indices (n) et il en résulte la formation des sous-espaces $n-1$. Ces sous-espaces sont ensuite comparés entre eux compte tenu de la grandeur informationnelle J_{n-1} . Si, en l'absence d'un indice, le sous-espace $n-1$ atteint sa valeur maximale J_{n-1} , cet indice ne fait plus partie de l'analyse ultérieure. Ceci étant, on supprime du sous-espace $n-1$

encore un indice $n-2$ et on compare les sous-espaces $n-2$ entre eux d'après J_{n-2} . En se basant sur la grandeur J_{n-2} on élimine l'indice le moins précieux au point de vue de la perte d'information. Par ailleurs, le nombre total de pas se chiffre à:

$$n + (n-1) + \dots + (n-m) = \sum_{i=0}^m (n-i)$$

et se trouve moins important qu'un dénombrement de combinaisons C_n^m dans tout le volume de l'espace indiciaire.

L'algorithme suivant [4] prévoit à l'étape initiale le choix de l'indice (n) le plus informationnel. Au sein du système on rajoute à cet indice encore un indice $n+1$ qui fournit, de concert avec le premier indice, la quantité maximale d'information. Ensuite, le système, formé par ces deux indices, reçoit le troisième indice $n+2$ qui communique l'information maximale avec les deux premiers. Le nombre de pas à effectuer avec cet algorithme est égal au nombre de pas prévus par l'algorithme précédent, à savoir:

$$\sum_{i=0}^m (n-i)$$

Cependant, le nombre d'opérations avec chaque pas qui suit diminue. Dans les conditions d'une sélection non représentative cet algorithme [4] est plus acceptable parce qu'il permet d'obtenir des résultats qui sont plus proches de solutions optimales [10].

Algorithme RAA (recherche aléatoire avec adaptation) [10]. On suppose que tous les indices ont la possibilité d'égale probabilité de faire partie de toute combinaison de (m) indices. Un transmetteur des nombres aléatoires avec une répartition uniforme de 0 à 1 sélectionne (m) à partir de (n) sections sur l'axe numérique de probabilité $\frac{1}{n}$. Le système des indices choisis est évalué d'après la quantité d'information J_m sur l'objet. Ensuite le processus de sélection se poursuit jusqu'au choix du système suivant comportant les indices (m'), l'évaluation se faisant également d'après $J_{m'}$. Cette procédure se répète S_1 fois. Si $J_m > J_{m'}$, la largeur de la section (m) sur l'axe numérique 0-1 augmente d'une valeur 1 quelconque et devient égale à $\frac{1}{n} + 1$. La largeur de la section (m') diminue de la même valeur et devient $\frac{1}{n} - 1$ et ainsi de suite.

La répétition à plusieurs reprises de la procédure S_1, S_2, \dots, S_n conduit à ce que les plus heureuses combinaisons des indices (c'est-à-dire les indices fournissant l'information maximale) occupent presque la totalité de l'axe numérique 0-1 et alors le transmetteur des nombres aléatoires commence à choisir la même combinaison (m) des indices. Pratiquement, la « saturation » se manifeste au bout d'un nombre de pas approximativement égal au nombre de pas des algorithmes précédents:

$$\sum_{i=0}^m (n-i), \text{ le choix du système des indices étant}$$

finalement suffisamment proche d'un choix optimal.

Très souvent la minimisation du volume de l'espa-

ce d'indices connaît des moments où un ou plusieurs indices ont les mêmes chances de se retrouver au sein du système contenant des indices informationnels. C'est le cas où l'on peut faire recours à la règle de minimisation des dépenses pour les mesures à effectuer. En tant que critère il suffit alors d'utiliser «l'efficacité informationnelle» [6]. L'efficacité informationnelle (W) se définit comme le rapport de la contribution utile (J), apportée par l'indice en question, aux frais de sa mesure (R):

$$W = \frac{J}{R}$$

D'autre part, en faisant l'évaluation des sols, l'expert pour décider du sort de tel ou tel indice en fonction de son importance dans la détermination de la fécondité des sols.

C'est ainsi, par exemple, que la teneur en humus et azote total dans le sol reflète de la même manière sa productivité au point de vue de la théorie d'information. Cependant, lors du choix du système des indices informationnels l'humus doit avoir la préférence car pour les sols il constitue une propriété plus intégrante.

Après avoir choisi un système nécessaire et suffisant des indices informationnels on passe à l'étape de choix d'un modèle correspondant. Le choix du modèle ne se fait qu'en fonction des suppositions du chercheur, les règles formelles de choix n'existant pas pour le moment.

Tous les modèles possibles utilisés pour l'évaluation des sols peuvent être divisés conventionnellement en quatre groupes: analytiques, programmés, logiques et combinés.

Les modèles analytiques les plus répandus présentent une équation de régression de forme:

$$y = abx + c.$$

Si $b=1$, l'équation décrit une droite: $y = ax + c$, et si $c = 0$, elle devient $y = ax$.

Pour décrire les systèmes hiérarchiques compliqués le coefficient b_i ($0 > b > 0$) peut être toute fonction de tout niveau. Par exemple, le modèle ayant la forme

$$y = a_1 b_1 x_1 + a_2 b_2 x_2 + \dots + a_n b_n x_n, \text{ avec } b_1 = d \log x'$$

$$\text{et } b_2 = d a' \frac{1}{x} + c \text{ devient}$$

$$y = a_1 (d \log x') x_1 + a_2 (d a' \frac{1}{x} + c) x_2 + \dots + a_n b_n x_n.$$

A son tour le coefficient a_i ($0 > a > 0$) peut aussi être soit tout simplement un nombre (cas dégénéré), soit une équation.

Les modèles du deuxième groupe sont programmés. Ils comportent la description de l'objet dans un langage faisant appel au vocabulaire des indices. De façon générale, il s'agit des expressions du type «si . . . , alors . . . ». Les déterminants des plantes, des insectes etc. constituent un exemple typique pour ce groupe de modèles.

Le troisième groupe est constitué par des modèles logiques. Ces derniers sont réalisés en notions de la logique plurivalente de Post. Il existe plusieurs types d'expressions logiques dont les plus répandues pour décrire les liens des systèmes biologiques sont la conjonction, la disjonction et le produit logique non linéaire [9]. Une grandeur de la fonction de conjonc-

tion (Λ) correspond à la grandeur minimale de l'argument. L'information maximale est communiquée par l'état ayant le nombre ordinal minimal et l'information minimale est donnée par l'état à nombre ordinal maximal ($x_1 \Lambda x_2 = \min(x_1, x_2)$).

Une grandeur de la fonction de disjonction (V) correspond à la grandeur maximale de l'argument. Là, l'information maximale est présentée par l'état possédant le nombre ordinal maximal et l'information minimale provient de l'état à nombre ordinal minimal ($x_1 V x_2 = \max(x_1, x_2)$).

La fonction logique du produit non linéaire est présentée par une matrice (tableau 2):

Tableau 2

Matrice pour produit logique non linéaire

$x_1 \boxtimes x_2$	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3
2	1	2	3	3	4
3	2	3	3	4	4
4	2	3	4	4	5
5	3	4	4	5	5

$$\text{où } x_1 \boxtimes x_2 = \log_2 1,6 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Avec la fonction logique du produit logique non linéaire l'information minimale est fournie par les états ayant des nombres ordinaux moyens, tandis que les états aux nombres ordinaux minima portent l'information maximale. Le trait caractéristique du produit logique non linéaire est la rupture dans la direction du lien lorsque, selon les coefficients de lien, on établit la direction allant vers les deux états voisins. Dans ces cas le lien est orienté physiquement entre eux [14].

La forme générale d'un modèle logique peut être présentée comme suit:

$$y = x_1 L x_2 L \dots L x_n,$$

où L est l'opération logique de conjonction, disjonction ou produit logique non linéaire.

Le quatrième groupe de modèles présente des combinaisons des trois premiers. Il existe des diverses variantes de combinaisons. Aussi s'avère-t-il impossible de donner ici des règles généralisées.

En tant que critère de choix de tel ou tel modèle on emploie le rapport de la quantité d'états non identifiés de l'objet (m) au nombre total d'états (M) exprimé en pour-cents:

$$K = \frac{m}{M} \cdot 100 \%$$

Plus faible est ce rapport, mieux est décrit l'objet par le modèle. Les frais liés à la réalisation d'un modèle donné jouent également un rôle important. Le facteur de coût (R) permet de retenir un modèle acceptable. Ce facteur est le rapport entre le pourcentage d'erreur (K) ou la quantité d'états non identifiés (m) et le coût de réalisation (V) du modèle (A):

$$R = \frac{K}{V} \text{ ou } R = \frac{m}{V}$$

Soit, par exemple, V_1 le coût de réalisation pour le modèle A_1 ; V_2 pour le modèle A_2 ; m_1 la quantité de points non identifiés par le modèle A_1 et m_2 par le modèle A_2 .

Si $V_1 = V_2$ et $m_1 > m_2$, alors $R_1 > R_2$ et on donne la préférence au modèle A_2 . Si $V_1 < V_2$, $m_1 < m_2$ et $R_1 = R_2$, la préférence va au modèle A_1 (car $V_1 < V_2$). Dans tous les autres cas on prend en compte la valeur minimale de R .

Il convient de dire quelques mots sur les modèles hiérarchiques. En faisant recours aux procédés graphiques on peut présenter les modèles hiérarchiques (à plusieurs niveaux) sous la forme d'un dendrogramme (fig. 1).

Le caractère hiérarchique permet d'avoir à chaque niveau un nombre peu élevé de variables tout en obtenant en revanche une grande souplesse dans le fonctionnement du modèle, la perte d'information étant minimale. On obtient ainsi une précision suffisante dans la description de l'objet.

Maintenant, après avoir pris connaissance des aspects généraux et importants de l'évaluation des sols, considérée en tant qu'une variété des classifications, nous allons aborder le problème d'évaluation à partir des positions bien précises en examinant un exemple de contrôle.

Le choix de l'objet à étudier est déterminé d'avance par l'objectif posé par les autorités gouvernementales. En règle générale, l'objet de l'évaluation constitue une unité taxonomique inférieure. Pour l'évaluation des sols en URSS il s'agit de la variété pédologique (ou encore pédon), aux USA c'est la série, au Canada c'est le type de sols et ainsi de suite et pour l'évaluation de la végétation des pâturages c'est la cénoze végétale élémentaire. Comme il a été déjà dit précédemment, le choix du critère dépend entièrement du but global et du point de vue de l'expert et ne peut être formalisé que dans les conditions de l'incertitude d'un choix fait parmi quelques uns d'égaux possibilités. L'expérience est montée selon le schéma suivant: on définit les conditions limites en se basant sur les données de la littérature et sur les résultats de la première année de l'étude effectuée conformément à un programme élargi et on établit également une liste approximative de variables du volume initial de l'espace contenant des indices. Ensuite, en utilisant une méthode quelconque, on choisit dans le volume initial de l'espace indiciaire un système d'indices diagnostiques nécessaire. Ceci étant, on calcule la quantité d'information contenue dans les variables se rapportant à l'objet. L'analyse des résultats obtenus permet d'apporter des corrections dans l'expérience en cours. A ce stade on choisit de nouveau le volume initial (déjà corrigé) de l'espace renfermant les indices, on définit le système d'indices diagnostiques, on calcule la quantité d'information et ainsi de suite. Le processus se répète ainsi jusqu'au moment où les résultats des derniers calculs et la liste d'indices diagnostiques commencent à réapparaître. Là-dessus le processus prend fin.

La définition du caractère informationnel de chaque variable commence par la quantification. D'après leurs réserves d'humus (H) les sols semi-désertiques de la basse contrée Précaaspienne formaient des groupes, les cinq classes (rangs) étant pré-déterminées: groupe 1: sols avec réserves d'humus allant de 0 à 60,0 t/ha; groupe 2: réserves d'humus de 60,0 à 120,0 t/ha; groupe 3: réserves d'humus de

120,0 à 180,0 t/ha; groupe 4: réserves d'humus de 180,0 à 350,0 t/ha; groupe 5: réserves d'humus dépassant 350,0 t/ha. Ces groupes sont désignés respectivement par h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 . Le rendement associé en unités fourragères protéiques (UFP) avait les groupes suivants: $y_1 - 0 - 0,2$ t/ha; $y_2 - 0,2 - 0,45$ t/ha; $y_3 - 0,45 - 0,65$ t/ha; $y_4 - 0,65 - 0,9$ t/ha; $y_5 - 0,9$ t/ha et plus. Plus loin il est donné la répartition de fréquences (chiffres au centre à gauche), c'est-à-dire la quantité d'éléments d'une variable intervenant dans une classe donnée. Ainsi, dans la classe $y_1 h_1$ il y avait 123 sols (pour être plus précis, ce sont les profils de sol ou les points d'observation), la classe $y_2 h_1$ en avait 67 etc. Pour calculer la quantité d'information fournie par H_0 sur Y de même que le coefficient de transmission de cette information, on définit pour chaque classe la valeur de la probabilité inconditionnée, c'est-à-dire le rapport entre les fréquences de classe et le nombre total d'observations:

$$P(y_1, h_1) = \frac{123}{503} = 0,2445$$

$$P(y_2, h_1) = \frac{67}{503} = 0,1332$$

etc.

Les grandeurs de la probabilité inconditionnée sont portées dans la partie inférieure de chaque case. La partie supérieure de la case est réservée aux grandeurs d'entropie définies à l'aide de tables correspondantes [19] soit d'après la formule: $-P \log_2 P$.

$$N(y_1, h_1) = -0,2445 \log_2 0,2445 = 0,4966$$

$$N(y_2, h_1) = -0,1332 \log_2 0,1332 = 0,3871$$

De façon analogue on fait les calculs dans l'avant-dernière et la dernière (à droite dans le tableau et en bas) colonne (ligne) etc. et on définit également

$$P(y_i) = \frac{191}{503} = 0,3797$$

$$H(y_i) = -0,3797 \log_2 0,3797 = 0,5305,$$

l'entropie des réserves d'humus

$$N(H) = 0,5224 + 0,5292 + 0,2915 + 0,2780 + 0,0955 = 1,7166$$

l'entropie du rendement

$$N(y) = 0,5305 + 0,4991 + 0,4599 + 0,3985 + 0,1727 = 2,0607$$

l'entropie conjointe

$$N(y, H) = 0,4966 + 0,3871 + 0,2329 + 0,0179 + 0,3903 + 0,3525 + \dots + 0,0766 = 3,3306$$

(c'est-à-dire on obtient la somme de toutes les grandeurs se trouvant dans la partie supérieure de chaque case) et la quantité d'information que les réserves d'humus transmettent sur l'importance du rendement en unités fourragères protéiques (UFP)

$$J(y, H) = 2,0607 + 1,7166 - 3,3306 = 0,4467$$

d'où le coefficient de transmission d'information

$$K(y, H) = \frac{0,4467}{2,0607} = 0,22$$

Il y a lieu de signaler qu'il est possible d'augmenter la quantité d'information transmise et la grandeur du coefficient de sa transmission en jouant sur les

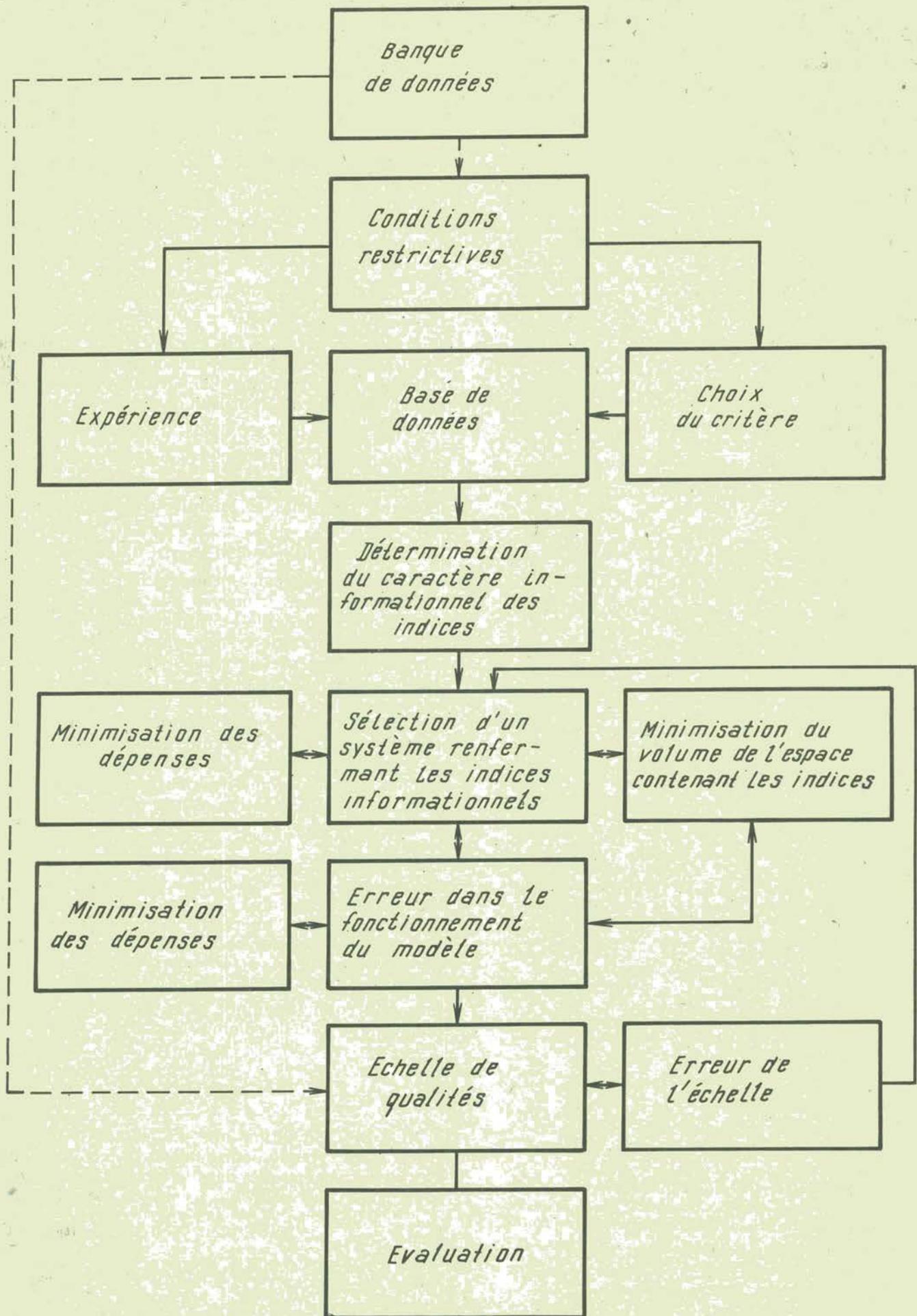


Fig. 1. Organigramme de l'évaluation

limites des intervalles (en le déplaçant dans un sens ou dans l'autre).

On doit également calculer la quantité d'information en termes de la probabilité conditionnée. A cet effet, on établit des tableaux, des soi-disants «voies de communication» de la répartition des fréquences. La probabilité conditionnée est le rapport de la fréquence d'apparition de chaque état (y_1, h_1) à la fréquence d'apparition en commun pour toute la classe (h_1)

$$P_{y_1}(h_1) = \frac{123}{219} = 0,562$$

$$P_{y_2}(h_1) = \frac{67}{219} = 0,306$$

$$P_{y_1}(h_2) = \frac{68}{199} = 0,342 \quad \text{etc.}$$

Les grandeurs obtenues se mettent dans la partie inférieure de la case. Ceci fait, on obtient l'entropie conditionnée $N_{y_i}(h_i)$ pour chaque état en utilisant l'expression

$$N_{y_i}(h_i) = -P \log_2 P.$$

Alors

$$N_{y_1}(h_1) = -0,562 \log_2 0,562 = 0,4672$$

$$N_{y_2}(h_2) = -0,306 \log_2 0,306 = 0,5228 \quad \text{etc.}$$

et sont portées dans la partie supérieure de la case.

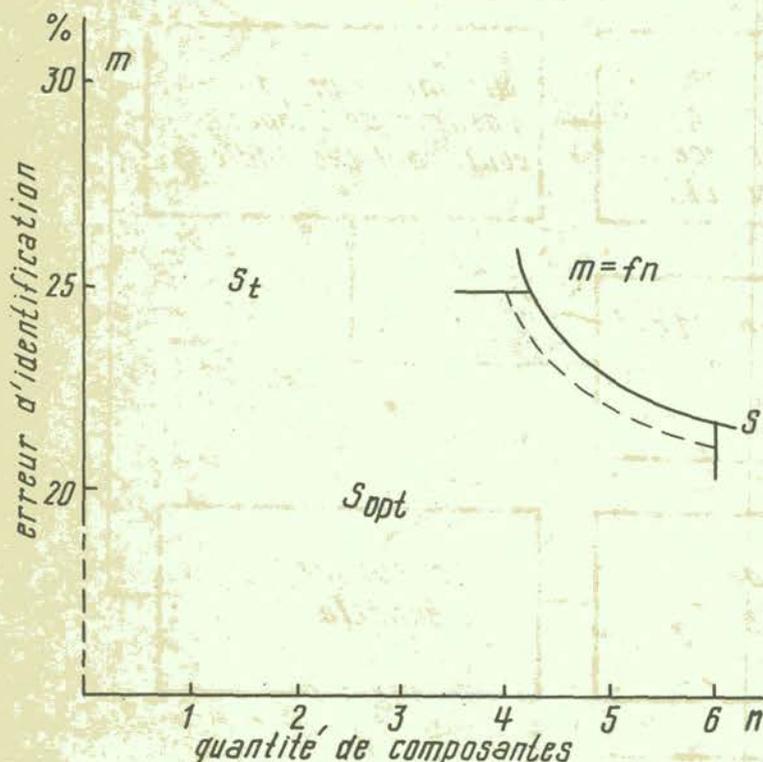


Fig. 2. Dépendance de l'erreur d'identification de la quantité de composantes (indices):

S_t — zone de l'erreur maximale; S_{opt} — zone de l'erreur optimale; S — zone non rentable au point de vue économique

L'entropie de chaque classe présente la somme des grandeurs occupant la partie supérieure des cases

$$N_{y_1}(h_1) = 0,4672 + 0,5228 + 0,3796 + 0,0383 = 1,4078$$

$$N_{y_i}(h_2) = 0,5294 + 0,5146 + 0,4947 + 0,3841 + 0,0382 = 1,9610 \quad \text{etc.}$$

Maintenant on définit l'information dans les classes $J(y_i, h_i)$ qui est la différence entre l'entropie inconditionnée (absolue), obtenue précédemment ($N(Y) = 2,0607$) et les entropies conditionnées pour chaque classe $N_{y_i}(h_i)$

$$J(y_1, h_1) = 2,0607 - 1,4078 = 0,6529$$

$$J(y_i, h_2) = 2,0607 - 1,9610 = 0,0997$$

et on détermine quelle est leur part dans l'information totale sur Y . A cette fin, il est nécessaire de multiplier l'information obtenue dans chaque classe par la probabilité d'élimination de chaque classe

$$J(y_1, h_1) \cdot P(h_1) = 0,6529 \cdot 0,4354 = 0,2843$$

$$J(y_i, h_2) \cdot P(h_2) = 0,0997 \cdot 0,3956 = 0,0394$$

La somme de toutes les parts d'information ainsi obtenues représente la quantité d'information que porte H sur Y .

$$J(Y/H) = 0,2843 + 0,0394 + \dots + 0,0199 = 0,4551$$

Les calculs de chaque propriété de sols se font de la même manière. L'analyse des résultats obtenus consiste à comparer les informations, les entropies et les coefficients de transmission d'information et permet de dégager les propriétés des sols qui influencent le rendement des plantes en UFP. Le coefficient de transmission d'information nous renseigne sur le degré de précision du point de vue énoncé. Si le coefficient est égal à l'unité, l'incertitude n'existe pas et la connaissance rien que de cette propriété suppose la présence de l'information totale sur l'état de la récolte. La situation change et devient juste le contraire quand le lien est faible ou fait totalement défaut. C'est le cas où le coefficient de transmission d'information est égal à un nombre très proche de zéro soit à zéro même et la somme des entropies est égale à l'entropie conjointe. De plus, dans chaque voie de communication on peut mettre en évidence les états les plus typiques en se servant d'un coefficient d'association (C). Ce coefficient est le rapport entre la probabilité conditionnée $P_{y_i}(h_i)$ de chaque état dans une colonne donnée et la probabilité inconditionnée $P(y_i)$ de la colonne

$$C = \frac{P_{y_i}(h_i)}{P(y_i)}$$

Si $C > 1$ on estime que cet état de la propriété des sols est typique pour l'état de la récolte donnée. Ces états sont marqués dans le tableau par le signe +. C'est ainsi que pour y_1, h_1 le coefficient $C > 1$ ($C_{1,1} = \frac{0,562}{0,3797} = 1,48$), pour y_2, h_1 la situation est la même ($C_{2,1} = \frac{0,306}{0,2485} = 1,23$). Une analyse plus poussée prévoit la comparaison des coefficients et

des probabilités conditionnées respectives. Etant donné $C_{1,1} > C_{2,1}$ et $P_{y_1}(h_1) > P_{y_2}(h_1)$, il en résulte que h_1 est le plus typique pour y_1 ce qui s'écrit $h_1 \rightarrow y_1$.

Ensuite vient la sélection du système des indices diagnostiques à l'aide de l'algorithme [10] examiné ci-dessus. A cet égard, on choisit l'indice le plus informationnel ayant un important coefficient de transmission d'information (dans notre cas c'est le degré hydromorphique des sols $J(Y/A) = 0,8601$ et $K(Y/A) = 0,32$ et on réalise une voie de communication à deux composantes avec chacun des indices qui restent. Après avoir examiné tous les indices, la paire d'indices la plus informationnelle s'est révélée la suivante: le degré hydromorphique des sols (A) et les réserves d'humus (H). Maintenant le système composé de deux indices, reçoit encore un indice que l'on choisit parmi ceux qui restent. Alors le degré hydromorphique (A), les réserves d'humus (H) et les réserves de phosphore total (Ph) ont constitué dans notre cas les trois indices les plus informationnels. Le processus de trier se répète jusqu'à obtenir un volume d'indices diagnostiques nécessaire. En dehors des trois indices mentionnés ci-dessus, le volume en question comprenait également les réserves d'azote total (N) et le degré de salaison (C). La dernière voie de communication à cinq composantes peut servir d'exemple, illustrant les calculs effectués à chaque niveau. Tout comme avec la voie à une seule composante le processus commence par l'obtention de la probabilité conditionnée, mais cette fois en fonction de cinq variables (j)

$$P_{y_1}(a_1, h_1, ph_1, N_1, C_1) = \frac{6}{6} = 1,000$$

$$P_{y_1}(a_1, h_2, ph_1, N_2, C_5) = \frac{15}{20} = 0,750$$

$$P_{y_2}(a_1, h_2, ph_1, N_2, C_5) = \frac{5}{20} = 0,250$$

Alors l'entropie pour chaque état est nulle:

$N_{y_1}(j) = -1,0 \log_2 1,0 = 0$. Cela veut dire qu'il n'existe pas d'incertitude et l'information $J(y_1, j) = 2,0607 - 0 = 2,0607$ est égale à l'entropie de récolte (2,0607 obtenue avec les voies à une seule composante).

De façon analogue on calcule pour l'état a_1, h_2, ph_1, N_2, C_5 avec $y_1: N_{y_1}(j) = -0,750 \log_2 0,750 = 0,3113$;

avec $y_2: N_{y_2}(j) = -0,250 \log_2 0,250 = 0,5000$,

la quantité d'information (pour la ligne)

$$J(y_1, j) = 2,0607 - (0,3113 + 0,5000) = 1,2494$$

et, enfin, les parts de chaque combinaison

$$J(y_1, j) \cdot P(j) = 2,0607 \cdot 0,0119 = 0,0245$$

$$J(y_1, j) \cdot P(j) = 1,2494 \cdot 0,0398 = 0,0497$$

La somme de toutes les parts calculées donne la quantité d'information totale sur la récolte contenue dans les cinq variables

$$J(Y/j) = 0,0245 + 0,0041 + 0,0124 + \dots + 0,0497 + \dots + 0,0041 = 1,7774.$$

En comparant la grandeur obtenue avec la somme des informations issues des voies à une seule composante $\sum J(Y/Z_i) = 2,1571$ (où Z_i sont les variables

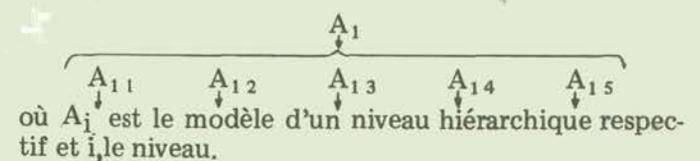
$i = 1, 2, \dots, n$ et Z_{1-5} sont $J(Y/A) = 0,8601$, $J(Y/H) = 0,4551$, $J(Y/Ph) = 0,2952$, $J(Y/N) = 0,3949$,

$J(Y/C) = 0,1218$ on voit que ce système d'indices diagnostiques renferme une assez grande quantité d'information indirecte $2,1571 - 1,7774 = 0,3797$. L'information indirecte s'accumulait à commencer par la voie à deux composantes, mais cette accumulation se faisait lentement. La plus grande partie de cette information est due aux réserves d'azote total que nous avons dû introduire dans le système d'indices diagnostiques pour pouvoir définir très nettement les états se trouvant à la frontière des classes. Le nombre de grandeurs de récolte identifiées atteignait 3 - 5%. L'information indirecte s'accumulait grâce à l'interdépendance (esprit corrélatif) des variables.

Le choix du modèle servant à décrire le système «propriété des sols/récolte en UFP» était fait de façon univoque et logique. L'identification des fonctions logiques était réalisée par voies de communication à une seule composante car elles se distinguent par une propriété magnifique faisant apparaître le lien qui existe entre la variable et l'indice-critère. Par ailleurs si les grandeurs des informations par classe sont en régression de haut en bas, on constate une conjonction (\wedge). Dans le cas contraire (les grandeurs des informations accroissent de haut en bas) on a la disjonction (\vee). Dans tous les autres cas on pourrait dire sans faire une erreur importante qu'il s'agit d'un produit logique non linéaire (\boxtimes) ce qui est vrai d'après le tableau. Il existe encore un critère pour identifier le produit logique non linéaire qui consiste à prendre en compte la rupture des liens (voir ci-dessus).

Tous les calculs étant terminés, on obtient la fonction $Y = A \boxtimes (H \boxtimes (Ph \boxtimes (N \boxtimes C)))$. Cette fonction ne décrit que cinq classes d'états de la récolte Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 . Tous les calculs, effectués ci-dessus, étaient faits pour la deuxième étape et commençait par la quantification de toutes les variables dans chaque classe. A cette fin la récolte, par exemple, de la première classe 0-2,0 t/ha était divisée encore une fois en cinq rangs (classes) de 0 à 0,7 t/ha pour y_{11} ; de 0,7 à 0,9 t/ha pour y_{12} ; de 0,9 à 1,25 t/ha pour y_{13} ; de 1,25 à 1,75 t/ha pour y_{14} ; 1,75 t/ha et plus pour y_{15} et de la même façon pour la deuxième, la troisième classes etc. C'est dire que toutes les variables subissent la même opération; voilà encore un exemple: les réserves d'humus (deuxième classe $h_2 = 60,0 - 120$ t/ha) ont donné lieu aux rangs (classes) suivants: moins de 70,0 t/ha pour h_{21} ; 70,0 - 80,0 t/ha pour h_{22} ; 80,0 - 100,0 t/ha pour h_{23} ; 100,0 - 110,0 t/ha pour h_{24} et, enfin plus de 110,0 t/ha pour h_{25} .

A la suite des calculs, indiqués ci-dessus, on a obtenu un modèle qui décrit alors 25 états de la récolte. La forme générale de ce modèle peut être présentée comme suit



Dans toutes les étapes le passage à chaque fonction se fait en tenant compte du nombre obtenu à l'étape précédente et pouvant servir conventionnellement de numéro de modèle. Ce passage s'écrit $A_{i-1} \rightarrow A_i$

(où \rightarrow est l'implication (si... alors...)). Là-dessus les calculs et l'établissement préliminaire du modèle prennent fin. En utilisant les modèles obtenus à tous les niveaux et en faisant intervenir les coefficients que l'on choisit dans chaque cas, on établit un système unique permettant d'obtenir les résultats sous forme d'une échelle des points soit en unités de mesure du critère employé (par exemple, en t/ha etc.). Il y a lieu de signaler que toutes les procédures examinées sont suffisamment faciles à réaliser sur ordinateur.

Une question reste pourtant ouverte: pourquoi la division en cinq classes? En principe on peut adopter

n'importe quelle quantité de classes. Cependant, en diminuant le nombre de classes on rend les liens plus grossiers ce qui provoque la perte d'information, et par contre, si le nombre de classes croît, on perd également une certaine partie d'information en raison de l'influence que subit la variable étudiée sous l'action d'autres variables prises en compte.

En conclusion il faut dire que le modèle comporte cinq propriétés des sols. Ceci est dû au fait qu'avec 5-6 variables on constate une saturation d'information et la variable qui s'ajoute, augmente très peu le pourcentage des états de récolte identifiés correctement. En même temps les frais de mesure des paramètres de cette variable «de plus» ne sont pas comparables avec la contribution qu'elle apporte dans la décroissance de l'incertitude lorsqu'il s'agit d'identifier les grandeurs de la récolte.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Antropov B.N.* Expérience d'utilisation de l'analyse informationnelle et logique dans l'évaluation des sols. Dans le livre «Méthodes mathématiques dans la biologie et la pédologie». Alma-Ata, 1976 (en russe).
2. *Antropov B.N.* Au sujet de la simulation des liens dans le système sol/plante. «Nouvelles de l'Académie des Sciences de RSS de Kazakhstan», collection biologique, 1979, n° 3, (en russe).
3. *Antropov B.N.* Méthode de choix d'un indice optimum. «Nouvelles de l'Académie des Sciences de la RSS de Kazakhstan», collection biologique, 1979, n° 3, (en russe).
4. *Barabach You. L.* et coll. Identification automatique des images. Kiev, 1963 (en russe).
5. *Gaevskaia L.S.* Au sujet du cadastre des pâturages dans une zone aride. «Problèmes de mise en valeur des déserts», 1968, n° 2 (en russe).
6. *Zagorouiko N.G.* Méthodes d'identification et leurs applications. M., 1972 (en russe).
7. *Ivanov A.I.* Evaluation des herbages naturels fourragères dans le livre «Evaluation des sols dans la RSS de Kazakhstan» (thèses du rapport). Ousth-Kaménogorsk, 1972 (en russe).
8. *Klopotovskiy A.P.* Principes d'évaluation des sols compte tenu de leurs propriétés et des éléments essentiels du climat. Dans le livre «Etude, prise en compte et estimation des sols», fascicule 5, M., 1974 (en russe).
9. *Cowen G.* Logiques à plusieurs significations et automates fiables. Dans le livre «Principes d'auto-organisation», M., 1966 (en russe).
10. *Lbov G.S.* Choix d'un système efficace d'indices interdépendants. Dans le livre «Systèmes informatiques». Cahiers de l'Institut de la Mécanique de la Filiale Sibérienne de l'Académie des Sciences de l'URSS, fascicule 19, Novosibirsk, 1965 (en russe).
11. *Liapounov A.A.* Quelques problèmes d'apprentissage des automates. Dans le livre «Principes d'établissement des systèmes à apprentissage». Kiev, 1962 (en russe).
12. *Olivier B.M., Pears G.R., Shanon K.E.* Principes de modulation par impulsion et codage. Dans le livre «La théorie de l'information et ses applications» (traduit de l'anglais), M., 1959.
13. *Prokhortchik A.F.* Au sujet de l'évaluation et de l'estimation des sols dans la RSS de Biélorussie. Exposé par l'auteur de sa thèse de candidat ès sciences. Jodino, 1970 (en russe).
14. *Pouzatchenko You.G., Mochkine A.V.* Analyse informationnelle et logique dans les études médicales et géographiques. Dans le livre «Géographie médicale», publication 3, M., 1969 (en russe).
15. *Sakharov S.I.* Principes d'évaluation des pâturages. «Agriculture», 1963, n° 9, (en russe).
16. *Hartley R.V.L.* Transmission d'information. Dans le livre «La théorie de l'information et ses applications» (traduit de l'anglais), M., 1959.
17. *Tcherkasova A.G.* L'évaluation des sols des pâturages et des herbages de la région Issik-Koul de la RSS de Kirghizie. Exposé par l'auteur de sa thèse de candidat ès sciences. Frounzé, 1972 (en russe).
18. *Tchouprov A.A.* Les problèmes essentiels de la théorie de corrélation. M., 1960 (en russe).
19. *Yaglom A.M., Yaglom I.M.* La probabilité et l'information, M., 1973 (en russe).
20. *Marill T., Green D.M.* Statistical recognitions and the design of pattern recognitions. IRE Trans. on Electron, Comp. 1960, vol. EC — 9.

APPROVISIONNEMENT EN EAU DES TERRES RESERVEES AUX PATURAGES

par S. P. Chapiro. Docteur en géologie. Chef du laboratoire de l'Institut de l'Hydrogéologie de l'Académie des Sciences de Kazakhstan (Alma-Ata)

Dans l'ensemble des problèmes relatifs à la mise en valeur des territoires destinés aux pâturages une place importante revient au problème de leur approvisionnement en eau à des fins alimentaires (abreuvoir), mais aussi pour leur irrigation, bonification et arrosage des oasis en vue de créer une base fourragère.

A la différence des eaux superficielles celles souterraines et surtout artésiennes ne sont pas sujettes à la pollution et peuvent être utilisées sans épuration onéreuse. Leurs ressources et leur régime ont le caractère permanent, leur débit est faible, elles ne sont pas prises en glace en hiver. L'arrosage des cultures agricoles avec des eaux artésiennes faiblement thermales, contenant souvent des éléments-traces, permet d'accroître le rendement des champs, accélère le mûrissement des cultures agricoles surtout de celles maraichères. Mais le plus important consiste en ce que les eaux souterraines ayant une grande superficie peuvent être sorties à tout endroit nécessaire pour mettre en valeur des bassins artésiens et des cours d'eau souterrains. La réalisation de puits permet de fournir des prises d'eau regroupées en un peu de temps et aux frais minimum (avec le débit de 8,6 jusqu'à 430—860 m³ par jour). Sur la base de ces prises d'eau on peut installer un réseau permanent de postes et de retenues d'eau renouvelables et réglables au cours de l'utilisation destinés à l'arrosage des terres, le ravitaillement des pâturages et l'approvisionnement de l'agriculture sur un vaste territoire.

La mise en place d'un nombre considérable de puits, dont la commande est automatisée à la façon des pétrolieres permet de mettre en valeur progressivement de grands espaces des terres les plus fertiles et accommodées pour l'arrosage et pour la cultivation de plantes agricoles garanties et à une valeur calorifique élevée destinées pour l'élevage.

Etudions sur l'exemple de la Kazakhie et de l'Asie Centrale la possibilité de la solution du problème de l'approvisionnement en eau de pâturages en valorisant des eaux souterraines. Dans ces régions l'élevage est en train de l'intensification et il est mené sur la base de l'utilisation des pâturages naturels désertiques et ceux créés artificiellement à l'aide de l'irrigation. Or, cela n'est devenu possible qu'après la découverte dans les sous-sols de déserts de grandes réserves d'eaux souterraines douces et peu salées (jusqu'à 3 g/l) concentrées dans les grands bassins artésiens et les puissants cours d'eau souterrains.

Suite aux recherches des savants soviétiques sur les vastes territoires de la zone aride considérés auparavant comme dépourvus de réserves d'eaux ont été découverts d'importants gisements d'eaux souterraines et a été faite leur évaluation en vue de leur éventuelle exploitation. La valeur totale de réserves utilisables de la Kazakhie et de l'Asie Centrale s'élève

à 3000 m³/jour pour la durée de l'exploitation ininterrompue égale à 100 ans. L'utilisation rationnelle sur la totalité des territoires de ressources explorées des eaux souterraines dans de différentes régions de cette zone a pour but non seulement l'approvisionnement de l'industrie et de l'économie communale de ravitaillement de plus de 300 millions d'hectares de pâturages mais aussi l'irrigation de surfaces considérables en vue d'y créer une base fourragère stable.

L'exploration des ressources importantes des eaux souterraines de régions arides s'est opérée à la base des études scientifiques fondamentales relatives aux processus de la formation des eaux souterraines, aux particularités de leurs emplacement, accumulation, écoulement et soulagement, à la mise au point des méthodes de prévisions, de levé et établissement des cartes thématiques et de l'évaluation régionale des ressources de sous-sols, entrepris par des chercheurs et praticiens soviétiques.

Les régions arides des territoires mentionnés se différencient sur le plan naturel, et, par conséquent, les voies de leur mise en valeur agricole sont aussi différentes. Pour cette raison il est rationnel d'examiner leurs conditions hydrogéologiques par provinces.

La Kazakhie du Sud

Les sous-sols de ces régions ont accumulé des réserves énormes des eaux souterraines peu minéralisées (artésiennes et plutoniennes) ce qui ouvre de grandes perspectives au développement de l'élevage, notamment des moutons. Partout dans les montagnes sont répandues des eaux douces et ultradouces de diaclasses. De multiples sources ont des débits de 10 à 430 m³/jour et dans les zones des failles jusqu'à 5000 m³/jour. Dans toutes les plaines des régions frontales et dans tous les creux intermontagneux se forment des cours d'eau plutoniens liés aux dépôts alluviaux et proluviaux de gros galets et de graviers des traînes de l'avant-pays et aux roches sableuses et de gravier propres à la plaine des régions frontales. La capacité des nappes aquifères se varie entre les quelques mètres et 500 mètres au pied des plus hautes montagnes. La profondeur des gisements des eaux souterraines dans les traînes de l'avant-pays est de 100—200 m et dans les plaines de 2—5 m.

Elles sont abondamment alimentées grâce aux pertes par percolation des eaux fluviales et irrigatoires, à l'infiltration des précipitations atmosphériques et à la condensation des vapeurs atmosphériques. La profusion en eau des roches aux cônes de déjection et dans les vallées des fleuves est de 400 —

3000 m³/jour et seulement sur les territoires pris entre deux fleuves elle est de 3–5 m³/jour.

Dans les aregs de Moiunkum, de Kyzyl-Koum et dans ceux situés au sud du Balkhach, les eaux plutioniennes sont largement répandues. Dans la dépression de Balkhach elles forment des cours d'eau puissants et se rapportent aux sables à grain fin alluviaux, lacustres, éoliens ayant la profondeur du gisement de 5–10 à 100 m et la capacité jusqu'à 250 m.

La minéralisation des eaux plutioniennes de la région du Balkhach varie dans la plupart des cas de 1 à 3 pour atteindre 15 g/l seulement près des rivages du lac. Le rendement des ouvrages est de 10 à 430 m³ par jour.

Dans l'areg de Moiunkum, où de richissimes pâturages désertiques occupent la surface de plus de 4 millions d'hectares, les eaux plutioniennes forment de puissants torrents qui partent de montagnes vers la vallée de Tchou. Elles sont liées aux sables alluviaux lacustres, éoliens avec la capacité jusqu'à 200 m et dont la profondeur dans la zone de sables en grandes rangées est de 100 m et dans celle de sables mamelonnés et en petites rangées est de 3–5 m. Normalement leur minéralisation atteint à peine 1 g/l et seulement près de Tchou, dans les endroits de la dispersion des cours d'eau plutioniens elle est de 5 g/l et même plus. Le rendement des ouvrages destinés à faire valoir les eaux souterraines varie entre 20 et 430 m³/jour. Dans la plaine en rangée mamelonnée de Kyzyl-Koum, située dans une zone plus aride, les eaux plutioniennes coïncident avec les dépôts éoliens à grain fin et les dépôts sous-jacents néogènes et quaternaires inférieurs. Elles ont la faible minéralisation dans les parties élevées du sud et du sud-est du désert et à côté de la mer d'Aral. Elle est d'environ de 10 g/l. La productivité des puits et forages est de 10–90 m³ par jour.

Dans les sous-sols des déserts du Kazakhstan du Sud un nombre de bassins artésiens a été creusé contenant des ressources importantes des eaux douces souterraines de charge et même à auto-efusion. Elles se rapportent aux dépôts quaternaires, néogènes, paléogènes, crétacés et jurassiques à la profondeur de 100 à 3000 mètres. La capacité des nappes aquifères varie de 20 à 200 m. Leur minéralisation est de 0,5 à 3 g/l et la productivité des puits est de 300 à 10 000 m³/jour. Très souvent ces eaux ont des températures élevées, de 20 à 100 °C, ce qui permet de les utiliser pour le chauffage des localités, centres de pâturage et pour la mise en place des serres.

Le total des ressources des eaux souterraines dans les pâturages du Kazakhstan du Sud est évalué à 4 000 milliards de m³ où 5–30 millions de m³ pour chaque km² de surface quant aux ressources séculaires et à 15 milliards de m³ quant à celles annuellement renouvelables. D'après les prévisions les ressources aptes à être utilisées se chiffrent à 970 m³/jour, ce qui offre la possibilité de créer de grands espaces irrigués et de mettre en valeur de vastes territoires de pâturages.

Au nord des aregs du sud du Kazakhstan est situé le désert rocailloux et argileux de Betpak-Dala, dans sa partie rocailleuse de l'est sont sporadiquement répandues des eaux plutioniennes de diaclases et à

l'ouest, dans la partie argileuse — l'eau interstitielle. Les eaux de diaclases douces et saumâtres sont parfois liées à la zone de la désagrégation de granitoïdes, grès et schistes et ont la capacité de 20 à 40 m, la productivité de rares sources et puits atteint 1–10 m³/jour, et dans les cassures tectoniques on trouve des eaux douces et peu saumâtres avec le débit de sources de 70 à 260 m³/jour.

La partie rocailleuse du désert dans son ensemble est faiblement approvisionnée sur le plan hydraulique. Et même si l'eau est présente, elle est de mauvaise qualité. Dans la partie argileuse de l'ouest les eaux plutioniennes coïncident avec les aleurolites crétacés, oligocènes et quaternaires ainsi qu'avec des sables et grès, le plus souvent elles sont peu saumâtres et leur écoulement moyen est de 0,1 l/jour par km². Là, elles se situent à la profondeur de 5 à 30 m. Le total des ressources exploitables est d'ordre 0,9–1 m³/jour. Les eaux souterraines sont extraites à la surface par le creusement des puits de mine et sont destinées pour l'approvisionnement en eau des pâturages et de petites entreprises agricoles.

Dans la Kazakhie Occidentale où de vastes territoires peuvent être irrigués et ravitaillés sur le plan hydraulique, sont largement répandues les eaux artésiennes et plutioniennes liées en règle générale aux dépôts crétacés et sableux paléogènes et néogènes. La capacité des roches crétacées aquifères varie entre 10–30 et 150–200 m, celle du paléogène et du néogène entre 10 et 50 m et la profondeur du gisement des eaux artésiennes change de 50–100 à 500–700 m pour les dépôts crétacés et de 20 à 650 m pour ceux paléogènes. La minéralisation des eaux dans les zones d'alimentation ne dépasse 1 g/l et avec l'affaissement de la nappe aquifère elle s'accroît jusqu'à 1,5–3 g/l. Des forages ont le rendement entre 300 et 3500 m³ par jour. Des réserves régionales séculaires des eaux souterraines se chiffrent à 2000 milliards de m³ si celles annuellement renouvelables ne sont pas moins de 3 milliards de m³. Dans ce cas d'après nos prévisions les ressources régionales utilisables seront d'ordre 370 m³/jour. Elles sont suffisantes pour l'approvisionnement en eau de dizaines de millions d'hectares de pâturage de plusieurs centaines d'ouvrages agricoles et industriels aussi bien que de vastes surfaces irriguées du plateau Oural-Embène et situées au nord de la mer d'Aral. Dans cette partie du Kazakhstan les eaux plutioniennes existent dans de différents dépôts. Dans les montagnes Mougodjar les eaux souterraines douces sont liées à la zone de la désagrégation des roches du paléozoïque et du prépaléozoïque. La capacité de l'assise saturée d'eau varie entre 30 et 70 m et dans les zones des perturbations tectoniques atteint 250–300 m et même plus.

Les eaux souterraines douces et peu saumâtres sont très répandues sur le plateau Oural-Embène, dans Zaouralski Syrte, dans la crête de partage des eaux de Tchelkar-Ouvinski. Dans de différentes parties du Mangychlak, au nord d'Ousturt et de la mer d'Aral, où elles sortent à la surface des profondeurs de 10 à 100 m (parfois même de 150 m) par des puits et forages dont les débits varient entre 20 et 1000–1500 m³/jour.

Dans la dépression Caspienne les eaux souterraines douces et peu saumâtres, liées aux dépôts marins,

ne sont répandues que sporadiquement, elles sont extraites de la profondeur de 1 à 10 m et les débits obtenus sont faibles (1–25 m³/jour). Sont plus répandues des eaux souterraines peu profondes (1–20 m) douces et peu saumâtres dans les dépôts alluviaux de sables et de graviers dans les vallées des fleuves Oural, Ylek, Kouchoum, Ouila, Emba, Irguiz (dont la capacité est de 1 à 20–45 m) et dans les formations éoliennes de la dépression Caspienne (Naryn, areg de Kara-Koum), d'Ousturt du Nord (Sam, Mutaikum), de Mangychlak (Saouskan, Bostandykum, Senguirkum, Kyzyl-Koum) et des régions situées au nord de la mer d'Aral (Bolchyé et Malyé Barsouky, Kara-Koum d'Aral). La capacité des sables aquifères à grain fin et moyen varie ici entre 2–10 (sables de Naryn) et 30 m (Barsouky). Les débits des forages dans ces dépôts sont dans les massifs sableux de 10 à 850 m³/jour et dans les vallées des fleuves de 25 – 50 à 2500–3000 m³/jour.

Des réserves séculaires substantielles (environ 1000 milliards de m³) et des réserves annuellement renouvelables (0,8–1 milliard de m³) des eaux souterraines assurent l'obtention de 40 m³/jour de ressources utilisables. Cela couvre les besoins en eau pour l'approvisionnement des pâturages et de l'agriculture dans des vastes territoires du Kazakhstan Occidental.

Des ressources importantes utilisables en eau souterraine douce et peu saumâtre ont été découvertes dans la plaine rocailleuse en petite colline du Kazakhstan Central.

Dans le Kazakhstan Central un rôle important sur le plan de l'utilisation revient aux eaux souterraines des roches calcaires karstifiées d'un nombre de texture géologique qui s'ouvrent à la profondeur de 10–30 à 50–100 m, la capacité des roches aqueuses atteint 100–300 m. Normalement leur minéralisation ne dépasse par 1 g/l et seulement dans les zones centrales des structures synclinales s'élève jusqu'à 3 g/l. Les débits des forages au cours de l'exploitation varie entre 50 et 4500, parfois ils atteignent 800 – 10 000 m³/jour, abaissement de la nappe d'eau étant relativement minimal. Certaines fontaines ont des débits jusqu'à 17 000 m³/jour. Des réserves séculaires des eaux karstiques et de diaclases représentent quelques 100 milliards de m³, la valeur spécifique étant de 1 à 5 millions de m³ par 1 km², et les ressources globales exploitables d'après les prévisions se chiffrent à 50 m³/jour. Cela assure non seulement l'approvisionnement des ouvrages agricoles et industriels mais aussi l'irrigation des milliers d'hectares de terres fertiles. Elles sont déjà utilisées à une large échelle pour le ravitaillement en eau des villes et entreprises industrielles.

Dans le Kazakhstan Central sont également répandues des eaux de diaclases dans les roches effusives sédimentaires et sédimentaires et les corps intrusifs dont la mise en valeur s'effectue à la profondeur de 0–10 à 30–50 m. Les débits des fontaines atteignent 100–500 m³/jour, ceux des forages – 250–850 et parfois même 4000–4300 m³/jour, l'abaissement étant de 5–10 m. Pour la plupart des territoires la minéralisation est de 1 g/l, seulement parfois elle augmente jusqu'à 3–5 g/l. Les capacités de leur utilisation pour l'approvisionnement local de l'agriculture et des pâturages sont d'ordre 10–13 m³/jour.

Un rôle important sur le plan d'utilisation pratique revient également aux eaux plutoniques douces et peu saumâtres des dépôts alluviaux sableux, de gravier et de galet dans les vieilles et jeunes vallées des fleuves Tokraou, Chéroubai-Noura, Taldi, Jarli, Mointi, Saryssou où la capacité des couches aquifères varie entre 3–5 et 10–50 m, la profondeur de gisement ne dépassant 5 m. Si les niveaux n'abaissent que de peu, le rendement des forages peut être de 80 et jusqu'à 1300 m³/jour, et dans la vallée de Tokraou il atteint 2500–6000 m³/jour. Des réserves séculaires des eaux souterraines des dépôts alluviaux représentent quelques 50 milliards de m³, si ceux annuellement renouvelables sont égaux à 1 milliard de m³, alors que des réserves régionaux utilisables pronostiquées se chiffrent à 50 m³/jour. Ces ressources offrent d'énormes possibilités aussi bien pour le ravitaillement en eau des pâturages et localités adjacents aux fleuves que pour la mise sur pied de l'irrigation des oasis sur des surfaces importantes.

On trouve des eaux souterraines douces et peu saumâtres, entre autres, dans la partie nord de la plaine de Tourgaï, dans la région située entre les fleuves Togouzak, Tobol, Oulagan et Ichim ainsi que sur le plateau de Tourgaï où on les rencontre le plus souvent dans les vallées jeunes et vieilles, dans les sables à grain différent d'oligocène dont la capacité totale sur les lignes de partage des eaux est de 60 à 75 m, et dans les vallées ensevelies de 5–30 m. La profondeur des gisements est inférieure à 30–50 m et le rendement des ouvrages varie d'habitude entre 80–100 et 1000–1300 m³/jour. Parfois à la profondeur de 30–100 m et même plus au-dessous des couches susmentionnées on trouve les eaux saumâtres de charge qui ont le rendement 800–2600 m³/jour. Le total des réserves séculaires des eaux souterraines de ces régions atteint 50 milliards de m³ (1–10 millions de m³ par 1 km²), les réserves annuellement renouvelables – quelques 3,5 m³/jour et celles utilisables des eaux douces et saumâtres sont évaluées à 19 m³/jour. Ces réserves réunies avec les eaux superficielles et des cours d'eau temporaires peuvent être utilisées à une large échelle pour le ravitaillement et l'approvisionnement en eau des pâturages et partiellement pour la petite irrigation des oasis.

De principaux pâturages de l'Asie Centrale utilisés pour l'élevage sont situés dans les déserts de Kara-Koum et de Kyzyl-Koum, ainsi que dans les régions montagneuses et en petites macalubes.

Dans la partie montagneuse de la zone des pâturages des rares localités sont situées dans les lieux de déversements naturels des eaux souterraines ou près des cours d'eau superficiels et elles sont pleinement approvisionnées en eau de bonne qualité. De nos jours sont moins bien approvisionnés des pâturages dans les régions de piedmont et en petites macalubes. Or, des ressources découvertes en eau souterraine douce et peu saumâtre sont largement suffisantes pour ravitailler les pâturages et parfois même pour la création de petits oasis irrigués et centres culturels.

Les conditions d'approvisionnement en eau des pâturages situés dans le plus vaste désert de notre pays de Kara-Koum sont extrêmement difficiles. Des cours d'eau superficiels y manquent, des précipita-

tions atmosphériques sont parcimonieuses. Dans ce contexte une importance particulière revient aux eaux souterraines ayant la profondeur de gisement de 20—40 m. Or, on ne trouve l'eau douce que dans les lentilles d'étendue limitée qui flottent dans l'eau salée. Pourtant, elles sont toujours l'unique source accessible pour l'alimentation en eau des pâturages.

Des lentilles plus importantes des eaux souterraines douces se rapportent aux zones de transition des aregs aux plaines de piedmont. Parmi elles la plus grande est celle d'Yashkhan dans la partie centrale de Priouzbouisky Kara-Koum. La superficie de cette lentille, dont la minéralisation de l'eau est inférieure à 1 g/l, est de 2000 km², environ, la longueur étant de 66 km et la largeur maximum est de 30 km. La capacité des eaux douces change amplement, étant également à 80 m au centre, elle diminue d'une façon substantielle vers ses pans. Les débits des forages ouvrant la nappe aquifère des sables à grain différent de la lentille sont de 220—540 m³/jour et dans la partie centrale ils atteignent même 1170 m³/jour. Parmi les grandes lentilles on peut mentionner celle d'eau douce dans les sables de Tchilmamedkum avec la surface de 5400 km² (longueur — 100 km, largeur — 20 km). La capacité des sables aquifères est de 10—50 m, et la profondeur des gisements d'eau douce — 15—100 m.

Les réserves séculaires des lentilles douces se chiffrent à 4 milliards de m³. Vers la périphérie de toutes les lentilles on rencontre des eaux salées et saumâtres.

En plus, il y a également des lentilles d'eau douce comme celle de Tcherkezli, de Verkhné-Ouzbojskoé, de Kara-Koum Transoungouz, d'Oktoumkoum, etc. qui se trouvent dans les régions sablonneuses à la profondeur de 10 à 90 m. L'épaisseur de la couche d'eau varie de 10 à 70 m en partant de la périphérie vers le centre des lentilles, et leur superficie va de 300—500 à 2000—4000 km². Il y a aussi d'autres lentilles peu profondes dans la région de texture géologique qui s'ouvrent à Kyzyl-Koum, qui se trouve à l'interfleuve de l'Amou-Daria et du Syr-Daria, sert depuis bien longtemps de principale base pour l'élevage nomade. Ces sont les sables et les grès du haut crétaqué qui contiennent l'eau de la meilleure qualité, leur gisement se trouvant à la profondeur de 100 à 300 m (et même jusqu'au 400 m — dans la partie centrale). Le débit des puits varie de 170 à 4000 — 8000 m³ par jour. L'eau de ces lentilles est douce ou saumâtre et quelquefois salée.

L'analyse de la nappe phréatique dans les différents bassins hydrogéologiques des régions arides du Kazakhstan et de l'Asie Centrale prouve que la grande partie de ces bassins possèdent des réserves d'eau souterraine de bonne qualité et en quantité suffisante pour l'irrigation de grands territoires de pâturage, et l'alimentation en eau de l'agriculture aussi bien que pour créer des oasis irrigués assurant le ravitaillement en fourrage du bétail dans les régions des pâturages des républiques asiatiques.

Cependant en utilisant largement les eaux souterraines et de surface, surtout pour les arrosages, on pourra faire d'une pierre deux coups et accomplir parallèlement plusieurs tâches économiques importantes: premièrement, grâce à l'exploitation des

ressources supplémentaires d'eau souterraine il serait possible d'irriguer, et, par conséquent, de défricher plus de terres; deuxièmement, on sera en mesure de lutter contre la salinisation et l'emménagement des terres et augmenter leur fertilité; troisièmement, l'exploitation massive des eaux souterraines pour l'irrigation dégagerait une partie importante d'eaux de surface que l'on pourra mettre à profit pour maintenir, ne soit ce que provisoirement, le niveau d'eau optimal dans la mer d'Aral, dans le lac Balkhach, etc.

Analysons d'une façon détaillée certains aspects de l'utilisation éventuelle des eaux souterraines:

1. Dans les régions des pâturages les eaux souterraines servent de principale source d'alimentation en eau de la population et d'abreuvement du bétail. On connaît très bien que le sous-sol dans ces régions recèle beaucoup d'eaux souterraines dont les gisements sont plus ou moins régulièrement espacés sur tout le territoire des pâturages. Et puisque les besoins en eau pour l'alimentation de la population et l'irrigation des pâturages y sont très modestes (de 10 à 100 m³ par jour pour une source) il est possible d'y subvenir moyennant les réserves d'eau souterraine prospectées, en faisant creuser des puits à ciel ouvert.

A l'heure actuelle, le type le plus répandu des ouvrages de captage d'eau dans les pâturages est le puits à ciel ouvert, dont les principaux avantages sont: construction simple, inspection et réparation faciles, longue exploitation, possibilité d'y installer des pompes de différentes dimensions et constructions. La partie du puits, enfoncée dans la formation aquifère est de 5 à 10 m. Si les eaux souterraines se trouvent à une petite profondeur (le cas dans les vallées fluviales, dans les terrains bas, dans les parties périphériques des cônes alluviaux et les terrains sablonneux), pour les capter on peut creuser des galeries filtrantes, des fossées et des fouilles ainsi que d'autres ouvrages primitifs. Mais quand le gisement des eaux souterraines se trouve à une grande profondeur on est obligé de creuser des puits tubulaires.

L'utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau de l'agriculture et l'irrigation des pâturages préconisée par la science, s'est avérée, en pratique, d'une grande rentabilité économique. Les frais de l'irrigation d'un hectare des pâturages ne se chiffrent qu'à 3—4 roubles et les dépenses sont vite couvertes. Par conséquent, déjà en 1970 dans les pâturages du Kazakhstan en plus de 4 mille sources d'eau de surface on utilisait 3,3 mille km des canaux, 220 mille km du réseau hydraulique, plus de 6 mille puits tubulaires, 30 mille puits à ciel ouvert, 5,5 mille fossés et 9 mille sources.

A l'étranger dans certains pays de la zone aride on recourt également à l'eau souterraine pour irriguer les pâturages et alimenter en eau l'agriculture.

Ainsi, sur le territoire de la Mongolie 30 mille sources d'eau (puits, marées de vive-eau, trous) sont utilisées pour les besoins de l'élevage du bétail au pâturage. Dans l'avenir les eaux souterraines y seront utilisées, sur une plus grande échelle, en vue d'intensifier l'élevage grâce à la création des pâturages irrigués.

En Australie pour l'irrigation des pâturages on utilise à l'heure actuelle 200 mille puits alimentés par

l'eau souterraine et artésienne des bassins, tels que Murray, Grand Artesian, Désert, UCLA, North-West, Coast Valley et autres qui occupent le territoire supérieur à 2700 mille km².

En Inde l'irrigation et l'arrosage des pâturages par les eaux souterraines étaient pratiqués depuis les temps très anciens, mais ces dernières années l'exploitation de leurs ressources devient une importante tâche à l'échelle naturelle.

Les eaux souterraines sont souvent utilisées pour l'irrigation des pâturages aux Etats-Unis, au Canada, en Mexique, au Brésil, au Japon et dans d'autres pays; dans certaines régions de l'Afrique l'eau douce souterraine représente la seule source d'alimentation et d'irrigation des pâturages.

2. L'eau souterraine est la principale source d'eau d'irrigation, assurant la base fourragère de l'élevage dans la zone aride des pâturages au Kazakhstan et dans les républiques de l'Asie Centrale.

Le fait important: l'usage de ces eaux pour les besoins de l'irrigation ne peut être recommandé qu'à condition que les pâturages n'en souffrent pas. L'analyse des données concernant les réserves d'eau souterraine sur les pâturages de la zone désertique, de même que l'expérience de leur utilisation pour l'irrigation montrent, qu'à l'heure actuelle il existe dans ces régions un excédent important d'eau souterraine, que l'on n'arrive pas à mettre à profit, ou que l'on gaspille tout simplement. Par conséquent, nous sommes en possession d'importantes réserves d'eau souterraine qui pourraient être utilisées pour l'irrigation.

En URSS presque toutes les républiques fédérées attachent une grande importance à la création des pâturages irrigués grâce à l'utilisation des eaux souterraines et de surface. Déjà en 1976 les pâturages et les prés irrigués en URSS occupaient le territoire de 970 mille hectares, environ, y compris 110 mille hectares dans les régions arides du Kazakhstan et de l'Asie Centrale, dont l'irrigation est effectuée principalement au moyen de l'eau souterraine.

L'arrosage artificiel des pâturages contribue à augmenter substantiellement le rendement. Ainsi le rendement des prés dans les steppes de la zone aride de l'Union Soviétique ne dépasse pas en moyenne 1 à 3 quintaux à l'hectare, tandis que si les terres étaient irriguées on pourrait récolter 150 quintaux de foin à l'hectare, ou bien 1200 quintaux d'hybride du sorgho, ou encore 460 quintaux de maïs. Au Kazakhstan grâce à l'exploitation de l'eau artésienne de grands succès ont été obtenus dans l'irrigation des terres: dans les sovkhozes. Dans ces exploitations agricoles, où les terres sont irriguées on récolte jusqu'à 360 quintaux de mélange fourrage à l'hectare, la récolte de foin sur les prés non arrosés n'y dépassant pas 15 à 20 quintaux. Plus spectaculaires encore sont les résultats obtenus grâce à l'irrigation des terres par l'eau artésienne dans les déserts sablonneux de Kyzyl-Koum. Là-bas le rendement des terres arrosées a été porté à 100-200 quintaux — pour la luzerne, à 500 quintaux — pour le maïs, et 200 quintaux pour les pastèques et les melons — c'est à dire une augmentation de 30 à 100 fois par rapport au rendement des terres non irriguées (2 quintaux à l'hectare).

Ainsi, l'irrigation des pâturages sur le territoire de 5 mille hectares, à peu près, a eu pour l'élevage le même effet qu'aurait produit la mise en valeur de 1,7 millions d'hectares de pâturages naturels. Parallèlement ont été créées les meilleures conditions de vie pour les bergers; la disette de fourrage et l'épizootie ont été définitivement liquidées. De tels oasis irrigués ont été créés sur le territoire de l'Asie Centrale: en Ouzbékistan (dans les régions de Samarkand de Boukhara et de Kachkadarja, ainsi que dans la République Autonome de Karakalpakie), dans certains districts de la Kirghizie, du Turkménistan, du Tadjikistan. L'irrigation des pâturages est aussi largement pratiquée en Ukraine et en Transcaucasie.

L'eau souterraine de meilleure qualité qui pourrait être recommandée pour l'irrigation se trouve dans les dépressions intermontagneuses et marginales au sud et à l'est du Kazakhstan et en Asie Centrale, aussi bien que dans les grands bassins artésiens du Kyzyl-Koum, du Meujunkoum, de la Cie-Irtychie, de la Côte d'Aral du Nord, de la Cis-Mougodjarie et, également, sur le territoire des anciennes vallées dans plusieurs régions de ces républiques. Dans ces zones de pâturages désertiques toutes les conditions sont réunies non seulement pour la culture des plantes fourragères de bonne qualité, des fruits et des légumes pour alimenter la population dans les oasis, mais aussi pour la construction des maisons de repos et des sanatoriums.

L'eau phréatique et artésienne peut être efficacement utilisée pour l'irrigation tout aussi bien en exclusivité qu'en combinaison avec l'eau de surface. Bien souvent les puits artésiens se caractérisent par un déversement élevé: la découverte de l'eau artésienne entraîne un écoulement spontané, dû à la haute compression hydrostatique. Cela rend plus facile leur exploitation que l'on peut effectuer sans avoir recours aux pompes pour puits profonds. Cependant si l'on utilise les eaux sous pression assez longtemps, petit à petit le déversement artésien diminue, la pression tombe, le niveau baisse et c'est alors que l'installation des pompes pour des puits profonds devient nécessaire. Pour pallier la chute de la pression et l'abaissement du déversement artésien prématuré, les puits artésiens jaillissants doivent être munis de robinetterie, réglant le débit strictement en fonction de la consommation. Cette mesure permet d'éviter l'épuisement des réserves et par surcroît d'empêcher la détérioration de l'état des terres irriguées à cause du déversement artésien.

On peut également utiliser pour l'irrigation l'eau phréatique se trouvant à une petite profondeur et, surtout celle des plates-formes de piedmont, et des vallées de rivière. Cette eau peut être facilement extraite moyennant la mise en place des puits tubulaires et à ciel ouvert, profonds de quelques 20 à 50 m (la partie enfoncée étant de 15 à 20 m) voire même au moyen des galeries filtrantes et des fossés (si l'eau se trouve à une très petite profondeur).

Les puits et les autres installations destinés à l'utilisation de l'eau souterraine pour l'irrigation, servent en même temps de drains verticaux empêchant la salinisation et l'emmarécagement des terres irriguées. Ce qui permet de réduire les frais annuels importants de la construction et de l'exploitation

du réseau des drains et des collecteurs ainsi que les dépenses pour la désalinisation des terres. L'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation contribue à économiser l'eau, parce que le volume d'eau d'irrigation échappée au-delà des limites du territoire irrigué diminue et les pertes dues à l'évaporation à partir de la nappe phréatique se réduisent également.

L'utilisation rationnelle et efficace de l'eau phréatique et artésienne tient au choix des ouvrages et des installations de captage d'eau, ainsi que de leur équipement.

En utilisant l'eau souterraine pour l'irrigation il est très important de choisir correctement le système d'irrigation. Pour ce qui est du transport de l'eau vers les terres irriguées, le procédé le plus simple est le suivant: l'eau souterraine à la sortie du puits est accumulée dans un réservoir d'où elle est canalisée vers les terres irriguées, moyennant une pompe ou par gravité si le relief est favorable. Cependant, ce procédé implique d'importantes pertes par évaporation et imbibition et, de plus, contribue à la salinisation et emmarécagement des terres. Voilà pourquoi, il est préférable d'utiliser des réservoirs bétonnés (stationnaires ou démontables) pour l'accumulation de l'eau, et pour le transport — de 5 à 7 canaux bétonnés parallèles, mis en place perpendiculairement au courant, par lesquels l'eau souterraine peut être amenée directement vers les terres irriguées sans recourir aux réservoirs. Ce système d'irrigation serait le plus efficace surtout pour le sol sableux des zones désertiques et semi-désertiques de la république.

L'expérience de l'irrigation massive par l'eau artésienne des déserts et des steppes arides, acquise dans notre pays et à l'étranger montre que les oasis doivent être organisées sur des grands territoires ce qui faciliterait leur électrification et mécanisation, ainsi que la création de bonnes conditions de vie pour la population là-bas. Cependant dans les régions particulièrement arides des pâturages désertiques on est parfois amené à organiser de petits oasis irrigués sur le territoire de quelques dizaines d'hectares afin de faciliter le développement de l'élevage dans les régions éloignées et inaccessibles des pâturages. Cela, en plus des réserves supplémentaires du fourrage, permet d'aménager des espaces verts dans les centres d'élevage et de mettre en valeur les pâturages.

L'utilisation des eaux souterraines sans parler de l'effet économique qu'elle apporte pour l'irrigation, contribue à mécaniser tous les travaux: à commencer par l'extraction et jusqu'à la distribution des eaux d'irrigation. L'expérience de l'irrigation artésienne dans la partie ouzbek du Kyzyl-Koum où l'eau souterraine se trouve à la profondeur de 300 à 500 mètres, montre que les frais d'irrigation d'un hectare des terres (tous les travaux préparatoires y compris, même le forage du puits) se montaient à 870—880 roubles aux années 60, et pour l'avant-pays de l'Alataï-Trans-Illiisk (Karadala, Tabacovkhoze) l'irrigation se fait par gravité et les travaux préparatoires ne sont pas nécessaires, cet indice est de 500 à 700 roubles. L'irrigation artésienne d'un hectare des terres dans le kolkhoze «XXX ans de la Républi-

que Socialiste Soviétique de Kazakhie», où l'eau souterraine se trouve à la profondeur de 1000 mètres et plus, revient à 1200 roubles. Il suffit quelques années pour couvrir les frais de l'exploitation des eaux souterraines (et artésiennes en particulier).

A l'étranger l'irrigation des pâturages est aussi pratiquée sur une grande échelle. Ainsi en Australie 65 % des terres irriguées sont des pâturages. L'irrigation y a permis de concentrer l'élevage et augmenter la densité du cheptel de 80 à 90 fois. Déjà en 1965 aux Etats-Unis 37 à 45 % des terres étaient irriguées par les eaux souterraines, et sur les 17 Etats arides ou semi-arides à l'Ouest des USA, la moitié était irriguée principalement par les eaux souterraines (de 54 à 90 % du territoire irrigué). Au Canada environ 200 mille hectares des pâturages sont irrigués.

Après la deuxième guerre mondiale on a commencé même à irriguer les pâturages dans les pays, où les terres sont bien arrosées, tels que: Angleterre, RFA, RDA, Italie, Suisse, Hollande, Danemark, Suède, etc. Ainsi si avant 1945 il n'y avait pratiquement pas de pâturages irrigués en Angleterre, déjà vers 1963 plus de 43 mille hectares étaient irrigués dans ce pays, et on s'attend à ce que cet indice monte à 200 mille hectares en 1980. En Suisse, en Hollande, au Danemark et en Suède les pâturages irrigués servent de principale base fourragère pour l'élevage en été.

Les faits ci-exposés permettent de conclure que l'alimentation en eau et l'irrigation des pâturages dans les zones arides du Kazakhstan et de l'Asie Centrale ne posent pas de problèmes. Les alpages sont suffisamment alimentés par les eaux de surfaces et des sources. Quant à l'avant-pays des déserts et des semi-déserts pour la plupart des cas il y existe des eaux souterraines douces et saumâtres, bonnes pour l'alimentation en eau et l'abreuvement du bétail.

Puisque dans les régions en question les réserves de l'eau souterraine de bonne qualité excèdent les besoins d'alimentation, elles peuvent être utilisées également pour l'irrigation. La mise à profit systématique de ces eaux parallèlement à l'utilisation de l'eau de surface dans les régions désertiques des pâturages constitue un élément important susceptible d'augmenter la production des produits agricoles, d'améliorer la culture des champs, d'assurer systématiquement de bonnes récoltes du fourrage et d'améliorer l'état des terres irriguées.

Les ressources des eaux à la différence de toutes les autres ressources minérales, sont intarissables, parce qu'elles se renouvellent constamment. Cela ne veut pas dire que l'on peut extraire la quantité illimitée de l'eau et la dépenser n'importe comment. Il est indispensable de veiller à ce que les ressources de l'eau souterraine prospectées soient utilisées d'une façon rationnelle et économique, de les protéger contre l'épuisement. Le gaspillage des ressources ou, qui pis est, la non-exploitation des sources d'eau souterraine, découvertes, entraîne la décroissance de la pression, la diminution des réserves et la détérioration de leur qualité.

Les ressources des eaux doivent contribuer et contribuer à l'élévation du niveau de la vie et du bien-être des hommes.

LES ANIMAUX-PHYTOPHAGES COMME FACTEUR DE LA PRODUCTIVITE BIOLOGIQUE DES PATURAGES

par *B.D. Abatourov*, Licencié en sciences biologiques
de l'Institut de la morphologie
évolutive et de l'écologie des
animaux de l'Académie des
Sciences de l'URSS

La participation des animaux au processus de la bioproduction dans les écosystèmes du type pâturage apparaît en deux formes générales: l'influence sur la productivité primaire et la création de la production secondaire.

L'activité des animaux-phytophages, y compris le pacage du bétail, exerce l'influence la plus importante sur la productivité primaire.

Cette activité est la plus importante dans les écosystèmes des territoires arides. Les études montrent que ceux derniers sont incontestablement au premier rang parmi les zones climatiques différentes, selon la biomasse absolue des vertébrés seulement, tout comme (et surtout) selon ses valeurs relatives (le rapport: la zoomasse/l'accroissement d'une phytomasse aérée) (tableau 1).

Tableau 1

Le rapport: la biomasse des vertébrés/le taux annuel d'accroissement d'une phytomasse dans de diverses zones climatiques de l'URSS (selon Khodachova, 1966)

Zones et sous-zones	Acroissement annuel d'une phytomasse aérée en poids sec, kg/km ²	Biomasse des vertébrés terrestres, poids vert, kg/km ²	Rapport: biomasse des vertébrés/accroissement d'une phytomasse
Toundra	120 000	126	0,10
Taïga européenne	300 000	224	0,07
Forêts résineuses et à larges feuilles	500 000	552	0,11
Steppe coupée de forêts à larges feuilles	560 000	1292	0,22
Steppes sèches	50 000	606	1,20
Déserts argileux	40 000	365	0,90

L'action trophique des animaux-phytophages sur la productivité du tapis herbacé.

On croit généralement, que l'influence des phytophages, qui se traduit par l'emprise d'une phytomasse, toujours fait décroître la productivité du tapis végétal. Les exemples de cette influence négative sont largement connus et il n'y a pas de besoin d'y s'attarder. Par contre, leur influence favorable sur la productivité primaire est moins connue et étudiée. Il est déjà longtemps qu'on a démontré sur l'exemple des prairies du Nord européen, qu'une cessation du pâturage des ongulés est suivie d'un abaissement de la productivité du tapis végétal, en particulier, les phytocénoses en graminées et en herbes variées se transforment en prairies à productivité basse, envahies de mousses. Par contre, le pâturage du bétail assure à ces prairies leur productivité élevée, qui augmente de 2 à 3 fois [17]. Dans les déserts aussi, le pâturage limité

des ongulés maintient la végétation de pâturage en état de haute productivité. L'absence du pâturage aboutit à une prolifération des mousses et des lichens sur la surface du sol et à la disparition de la plupart des plantes supérieures: laiche des sables, saxaul, jusgoune etc. Dans ce cas la productivité du tapis végétal décroît de plus de 2 fois [9, 10]. Dans la toundra, avec l'absence du pâturage des rennes, les prés de lichen se dégradent aussi: de précieux lichens buissonneux se remplacent par les espèces peu précieuses des lichens ou par les sphaignes et autres groupements de non-lichens. La condition nécessaire du maintien des pâturages de lichens en état de haute productivité consiste en leur exploitation limitée [11]. Il est à noter, qu'une importance favorable de l'emprise d'une masse végétale par les animaux s'étend même sur les cultures agricoles. En effet, l'emprise par des chevreuils et des lièvres d'une phytomasse jusqu'à 11 % en hiver et 1,5 % en été sur les semences du seigle, de l'orge et du chou a provoqué une augmentation sensible d'une phytomasse verte de ces plantes [23].

Cette liste, rien moins que complète, des exemples d'un rôle positif de l'action trophique démontre le fait, que l'emprise d'une masse vive des plantes peut non seulement ne pas faire décroître la productivité primaire, mais aussi l'agrandir. Il faut ajouter, que les notions concernant la réduction de la productivité primaire, sont dans beaucoup de cas erronées et s'expliquent par le fait, qu'on ne prend pas en compte la part d'un produit végétal, qui était mangée par les animaux et de ce fait reste négligée par les chercheurs. Selon Odum [31] la récolte sur pied sur le pré riche, où on fait pâturer le bétail, peut être de loin plus petit que celle du pâturage moins productif, mais sans les animaux. Koutchérouk V.V. [7] a démontré sur l'exemple des pâturages mongols, qu'une masse végétale incalculée, qui est consommée seulement par les souris des champs (*Microtus brandti*), pendant les années de leur génération massive, peut atteindre 150 à 200 % de la masse végétale sur pied, c'est-à-dire 75 % du produit végétal total aéré.

On peut voir donc, qu'une évaluation correcte de la productivité de la végétation, soumise à l'action des herbivores, exige sauf la connaissance de la récolte «apparente» (la récolte sur pied), encore la grandeur de sa part, qui est emprise (éliminée) par les animaux. Ce qu'il y a de particulier, c'est qu'une masse emprise comprend non seulement la végétation mangée par les animaux, mais aussi les restes alimentaires (les éléments des plantes empris mais ne pas mangés à cause de circonstances quelconques et restant en accumulation). D'après les données, les restes alimentaires sont assez importants. En cas de rongeurs du type souris ils présentent près de 80 % d'une grandeur totale de l'emprise [16]; selon les données

dont nous disposons, chez les petits zisels leur proportion atteint 50 à 60 %; en cas des moutons, l'exclusion d'une masse végétale à cause du foulement est de 50 %, tandis qu'en cas des vaches elle est de 26 à 55 % [24].

Connaissant la grandeur totale de l'exclusion et la récolte annuelle de la phytomasse sur pied, on peut avoir la notion de la productivité des phytocénoses, supportant l'action trophique des phytophages. Nos études ont montré que l'exclusion par les petits zisels (*Citellus pygmaeus*) jusqu'à 20 % de la masse végétale dans le demi-désert de la région

du Nord de la mer Caspienne, ainsi que par les marmottes de steppe (*Marmota bobac*) jusqu'à 40 % dans les steppes de l'Ukraine, n'abaisse pas la productivité courante [3, 13]. Sur les sections inaccessibles aux animaux tout comme sur celles, qui n'étaient pas défendues pour eux, la production d'une masse végétale aérée était pratiquement la même (fig. 1 et 2). Il faut aussi ajouter, que ces conclusions étaient confirmées par les expérimentations sur la coupe de la végétation imitant le dégât causé par les animaux. Selon nos données, la coupe de la végétation à quatre reprises dans le demi-désert durant la période

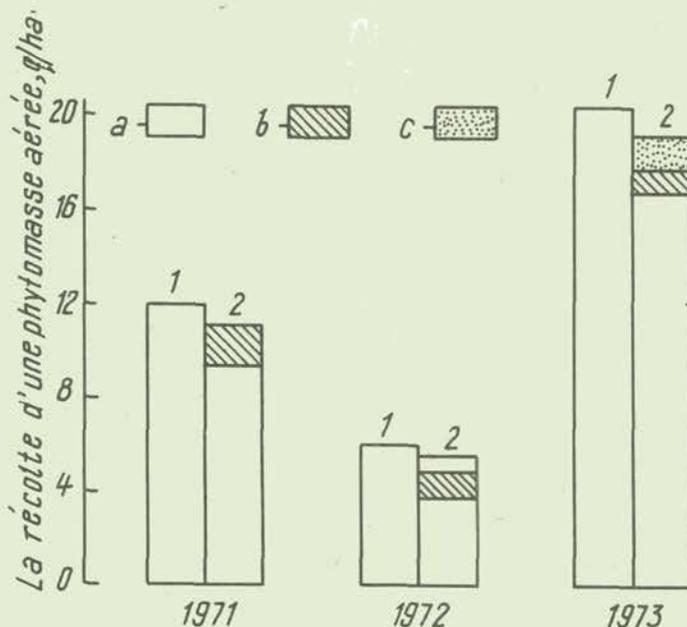


Fig. 1. L'influence de petits zisels sur la productivité de la végétation dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne:

1 — la production d'une phytomasse aérée sur le terrain défendu aux zisels (en l'absence du dégât); 2 — la production sur le terrain accessible aux zisels (le terrain avec le dégât); a — la récolte (la production) sur pied; b — la phytomasse, mangée par des zisels; c — les restes fourragers (en 1971 les restes fourragers n'ont pas été pris en compte)

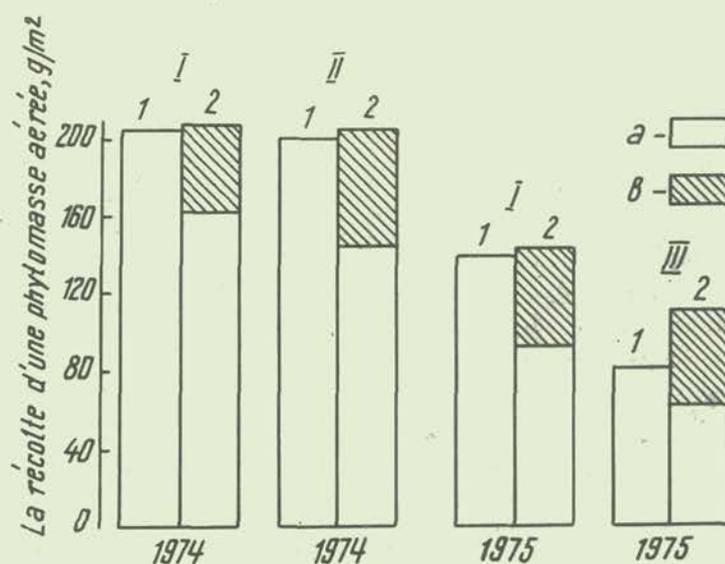


Fig. 2. L'action de la marmotte de steppe sur la productivité de la végétation des steppes de la région de Vorochilovgrad de la République d'Ukraine:

1 → la production d'une phytomasse aérée sur le terrain inaccessible aux marmottes; 2 — la production sur le terrain, accessible aux marmottes; a — la récolte sur pied; b — une phytomasse, consommée par les marmottes; I — le territoire de réserve; II — le territoire au pâturage limité du bétail; III — le territoire au pâturage intense du bétail

de végétative, quand l'emprise totale avait atteint 54 % d'une phytomasse aérée, n'a pas abaissé la production de l'année suivante (fig. 3). Dans les steppes de l'Ukraine, la coupe, même assez importante (jusqu'à 70 % de la production aérienne) dans les conditions du pâturage de plusieurs années, non seulement

n'abaissait pas la productivité de la végétation, mais l'élevait (en comparaison des sections témoins). En même temps, dans les conditions du régime de la réserve, où pendant beaucoup d'années la végétation se formait en absence absolue de grands animaux-phytophages, même l'emprise pas très grande (30 % environ) provoquait une importante réduction

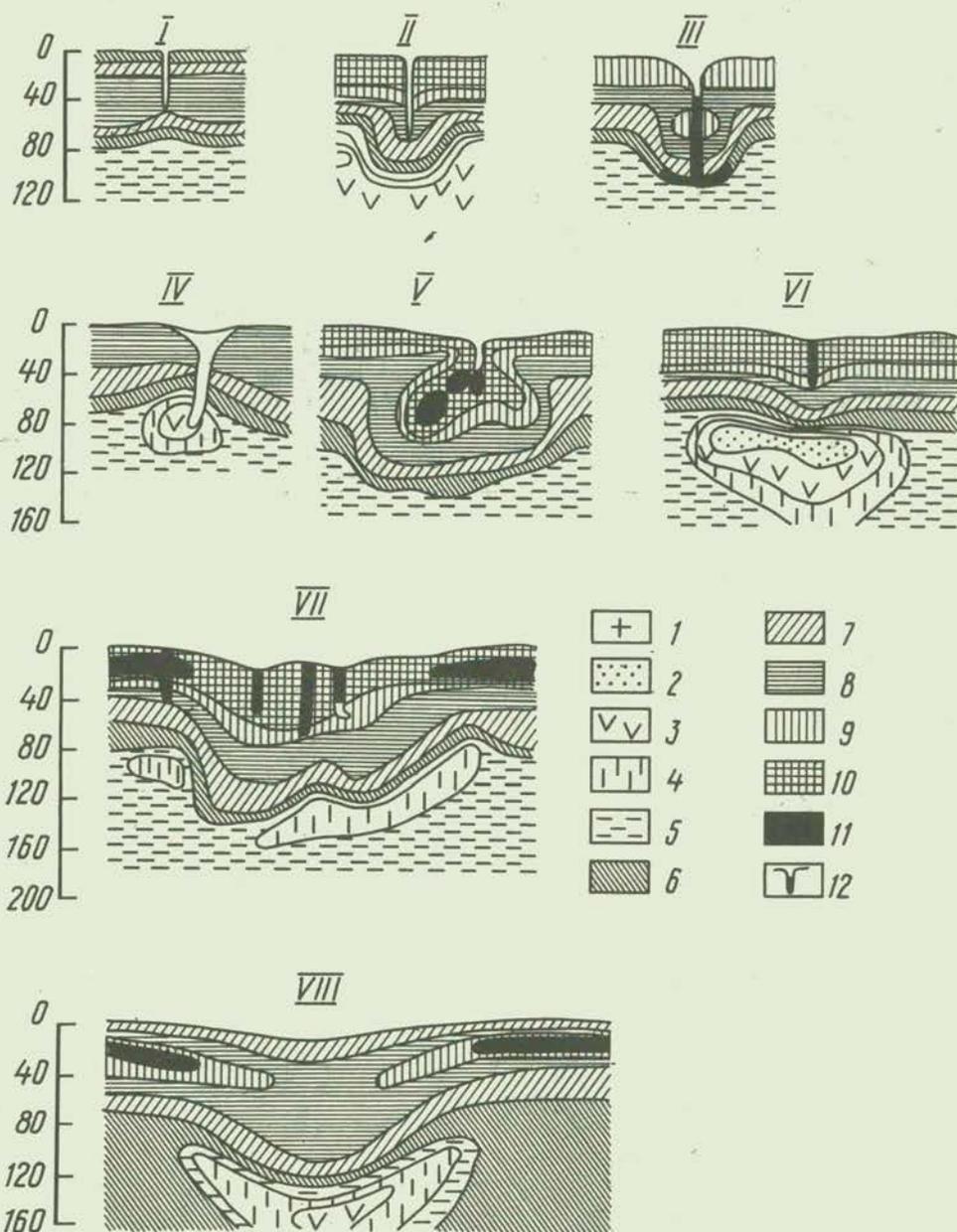


Fig. 3. L'influence des trous du petit zisel sur l'humidification du sol (la saline) par les eaux de fonte et les phases successives d'une formation du microrelief aux affaissements dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne (la station de Djanybek de l'Académie des Sciences de l'URSS, 1 - 15 avril 1970):

I - le terrain avec le trou récemment formé, n'ayant pas du versant; II - le terrain avec le même trou situé sur la voie de l'écoulement des eaux de fonte; III - le trou en voie de destruction («l'entonnoir noir»); IV - le trou détruit («le poquet») avec des traces du superflu de l'humidification d'autrefois; V - la réapparition du nouvel trou à la place du «poquet» et le commencement de la formation de l'affaissement; VI - le même affaissement après la destruction du trou avec des traces de l'excédent de l'humidification du sol d'autrefois; VII - la formation de l'affaissement après l'apparition multiple des trous; VIII - l'affaissement au sol chatin clair.

Humidité du sol (% du poids du sol):

1 - < 10; 2 - 10-20; 3 - 12-14; 4 - 14-16; 5 - 16-18; 6 - 18-20; 7 - 20-22; 8 - 22-24; 9 - 24-26; 10 - 26-28; 11 - > 28; 12 - trou de zisel

de la productivité (de 40 %) (fig. 4). Ainsi, nous avons dans ce cas une réaction différente des phytocénoses, se formant en divers régimes de l'utilisation par les animaux: en cas de la végétation, qui s'était formée dans les conditions de l'action constante des animaux de pâturage, l'emprise d'une certaine partie de la production végétale non seulement n'est pas préjudiciable, mais elle est même nécessaire au maintien du niveau élevé de sa productivité. Au contraire, les associations végétales, inadaptées à l'action des animaux de pâturage, ne supportent pas l'emprise, même insignifiante, de leur masse.

A présent il y a les données qui montrent, que la plupart des plantes fourragères supportent sans préjudice l'emprise importante. Par exemple, les herbacés de pâturages supportent la mise en pâture jusqu'à 80 % [18]. Cela est caractéristique à beaucoup de buissons de pâturage [36, 28, 5]. Quant aux phytocénoses en général, formées de telles plantes, elles permettent probablement le même niveau de l'emprise. Les expérimentations spéciales sur la mise en pâture pour les moutons des plantes en forme d'arbrisseaux éphémères dans les pâturages déserts de l'Asie Centrale

ont montré, que la charge en moutons occasionnant 67 % de la production de la phytomasse aérienne, s'avère inoffensive pour les plantes de désert, tandis qu'avec l'emprise atteignant 75 %, la productivité baisse [6, 10]. Il est à noter que les mêmes valeurs environ sont propres aux pâturages dans la plupart des autres régions climatiques [8].

On peut supposer, que ce n'est pas dans toutes les conditions naturelles, que la végétation est adaptée au régime d'emprise si élevée. Pour les plantes des pâturages de toundra les valeurs de l'emprise plus basses sont caractéristiques. Selon Larine I.V. [8], la part d'une masse végétale, qui pourrait être soustraite sans préjudice, doit être de 3 à 4 fois moins que la récolte brute d'une phytomasse aérienne, c'est-à-dire, égale à 25 - 30 % seulement de la production annuelle de la phytomasse aérienne. Evidemment, que la période de végétation courte, propre aux écosystèmes de toundra, ne permet pas aux plantes de compenser le préjudice plus élevé.

Tout ce qui précède permet de faire la conclusion que le niveau limite de l'emprise, permettant à la végétation des pâturages de garder sa productivité

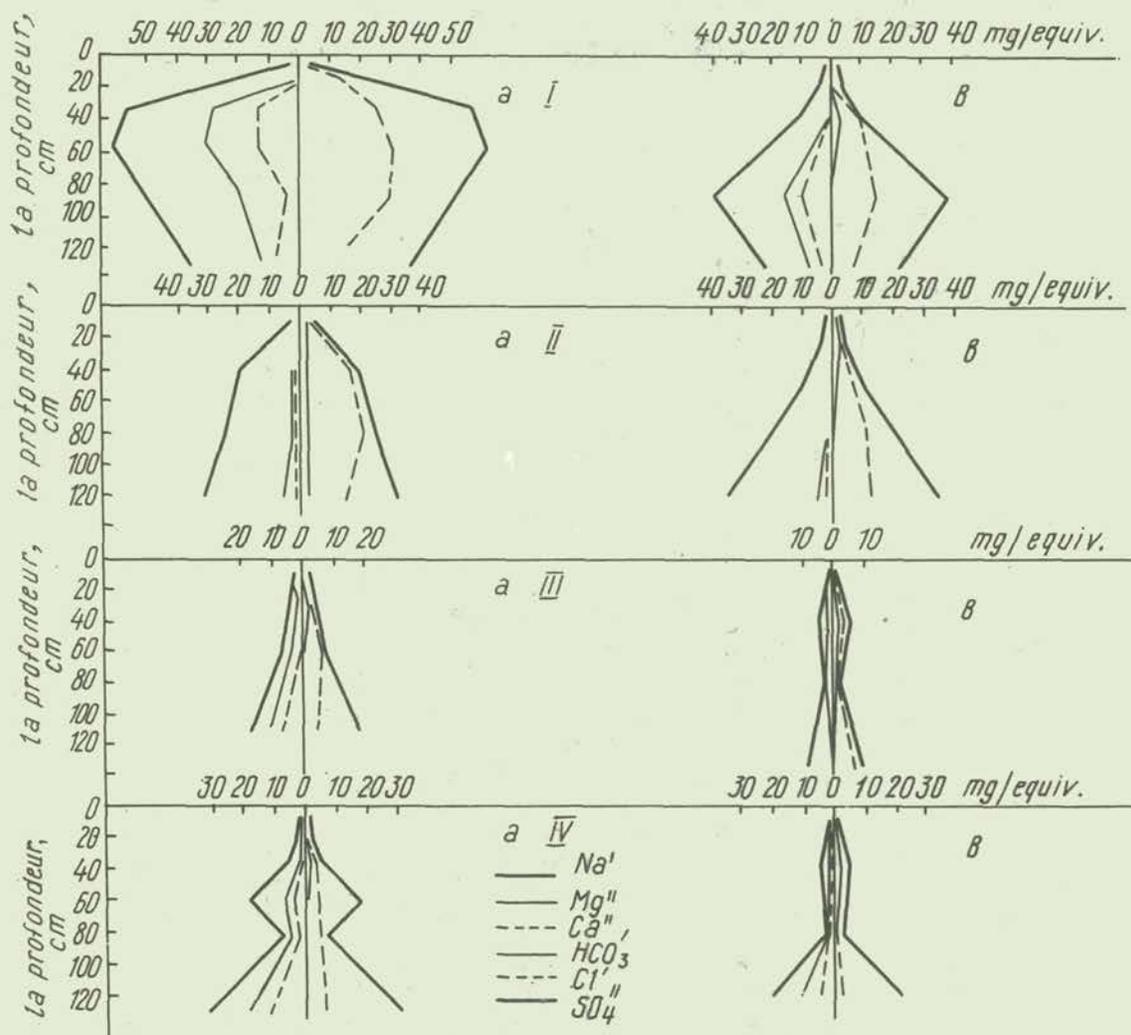


Fig. 4. La modification de la composition chimique de l'extrait aqueux des sols sous l'influence de l'activité de creusement du lemming de steppe dans la steppe sèche du Kazakhstan (la région de Tsélinograd, 1961) (mg-équivalent/100 g du sol):

a - les sols non altérés par l'activité du lemming de steppe; b - le sol dans la colonie des lemmings de steppe; I - IV - les terrains aux sols divers; 1 - Na; SO₄⁻⁻; 2 - Mg⁺⁺; HCO₃⁻; 3 - Ca⁺⁺; Cl⁻ (à gauche les cations, à droite les anions)

maximum, dans la plupart des écosystèmes naturels ne dépasse pas 60 à 70 % de la production de la partie aérée de la végétation. Le niveau de la résistance du tapis végétal à l'emprise change avec la modification de la composition en espèce et s'établit en conformité avec le niveau de la charge en herbivores sur les pâturages, mais ne dépasse pas la valeur indiquée. Evidemment, qu'avec l'emprise plus élevée, soit les associations des plantes immangeables pour les animaux se forment, soit la productivité du tapis végétal décroît, la végétation dégénère.

Comment sont donc les possibilités des herbivores mêmes concernant l'utilisation des provisions en plantes? Il est connu à présent, que les animaux-phytophages utilisent ses réserves de plantes rien moins que complètement. Dans les écosystèmes forestiers la consommation de la masse végétale par les animaux-phytophages fait seulement quelques pourcents (quelques unités) et même une partie du pourcentage de la production primaire, accessible pour eux, en couche aérée de la végétation [30]. Les valeurs de l'emprise plus élevées sont propres aux animaux des sites ouvertes, mais là aussi elles ne dépassent pas 70 % de la partie aérée de la végétation (tableau 2). Il est caractéristique que les valeurs indiquées traduisent l'emprise limite assurée par les mammifères des espèces ou des associations susnommées. Ainsi, selon nos données, de petits zisels utilisent habituellement 20 % à peu près de la récolte végétale; cette valeur ne s'élevait que de peu (jusqu'à 36 %) même dans les années sèches, avec une manque évidente d'une nourriture, conditionnant la mort d'une majeure partie des individus de la population. Cette emprise est, probablement, maximum dans les conditions données pour les zisels.

Tableau 2
Niveau de l'utilisation des réserves végétales par les espèces massives des mammifères

Caractère de l'emplacement	Espèce de mammifères	Reserves du fourrage accessibles, kg/ha (poids sec)	Degré de l'utilisation %	Auteurs
Semences de luzerne (Bulgarie)	Souris des champs	25 900	32	[15]
Steppes de la Mongolie	Souris des champs de Brandt	1200	75	[7]
Demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne, l'URSS, 1971	Petit zisel, 66 individus sur 1 ha	1150	21	[3]
Idem, 1972	Idem, 51 individus sur 1 ha	500	36	[3]
Idem, 1972	Petit zisel, (36 individus sur 1 ha) et moutons	400	54	[3]
Prairies de l'Australie	Lièvres	5004	25-50	[27]
Savane de l'Afrique	Grands mammifères	1876	60	[35]
Savane de l'Afrique (l'Uganda)	Bouc d'eau	—	10	[20]
Broussailles (Purshia tridentata), Californie	Cerfs et moutons	—	70-71	[18]

La même chose est vraie pour les lièvres des prairies australiennes, qui assimilent non plus de 50 % de la récolte des herbes ainsi que pour des souris des champs dans les plantations de luzerne, qui ne sont pas capables d'utiliser plus de 32 % de la récolte de la masse verte etc. (tableau 2).

L'utilisation des réserves végétales s'augmente considérablement en cas des associations des phytophages en plusieurs espèces, quand grâce à la diversité des espèces dont chacune consomme des types déterminés des fourrages végétaux, toute la production diversifiée des écosystèmes s'assimile plus complètement, ce qui augmente le niveau de son utilisation. Mais dans ce cas aussi ce niveau ne dépasse pas 60 à 70 % (tableau 3). Il est évident que ce niveau d'utilisation doit être considéré comme limite pour les associations des mammifères — phytophages dans les conditions naturelles. Il est intéressant, que les animaux agricoles, malgré que leur pâturage soit réglé (comme il paraît) de facteurs indépendants d'eux, utilisent habituellement aussi non plus de 60 à 80 % de réserves de leurs fourrages de pâture et c'est seulement avec l'appoint supplémentaire assurant la possibilité d'affouragement sur les pâturages déjà utilisés que cette grandeur peut s'élever sans limites.

Ainsi, l'utilisation limite de la végétation par les mammifères, comme il a été montré plus haut, ne dépasse pas habituellement 60 % (sauf peut-être des cas de la reproduction massive des animaux, quand le niveau plus élevé de l'utilisation est accompagné de la perte massive des animaux). La comparaison de cette valeur avec la résistance des plantes contre l'emprise, notée plus haut, qui atteint 70 %, permet de conclure, que l'utilisation limite d'une végétation, dont sont capables les mammifères, ne dépasse pas le niveau de la résistance du tapis végétal. Il s'en suit que les animaux se trouvent dans les conditions naturelles, ne sont pas généralement capables d'apporter le préjudice à la productivité du tapis végétal de pâture. C'est le mécanisme qui prévient dans la nature l'influence néfaste des vertébrés-phytophages sur la productivité de la végétation. Ce mécanisme, évidemment, peut aussi fonctionner dans les cas de pâturage des animaux agricoles, mais ici doit être assurée la condition nécessaire: l'absence de l'appoint complémentaire des animaux.

Pour conclure on peut noter, quant à l'influence trophique des animaux sur la végétation, que nous avons abordé ici seulement la productivité du tapis végétal et n'avons pas examiné des problèmes de variation de la structure de phytocénose, qui sont à présent assez bien étudiés et n'exigent pas, probablement, d'une spéciale discussion.

L'action indirecte sur la productivité primaire

La productivité de la végétation peut être beaucoup influencée par de diverses formes de l'activité mécanique et chimique des animaux, provoquant le changement du microclimat de l'environnement ainsi que de la fertilité du sol.

En absence de la mise en pâturage il y a lieu avant tout la pousse excessive du tapis végétal et l'accumulation d'une grande quantité de restes végétaux

morts (des vieux éléments des plantes, des produits de chute, des fragments de la couverture). Dans les steppes de l'Ukraine, sur les sections au régime de réserve, en absence de grandes mammifères-phytophages, l'accumulation des restes végétaux morts d'origine organique est 90 fois plus grande par rapport à celle des sections de pâturage (55,4 q/h contre 0,6 q/h sur les pâturages) [4]. Dans les steppes des près de Koursk une masse des restes végétaux morts dans les sections réservées atteint 58 à 94 q/ha, tandis que dans les près de fenaison elle est égale à 13 à 14 q/ha [12].

Une présence de la couche des restes végétaux morts modifie considérablement le régime thermique et l'éclaircissement à l'intérieure du tapis d'herbes. Les tapis d'herbes réservés avec une couche puissante des restes végétaux et de la couverture sont caractérisés par une chauffe plus faible et des températures plus basses d'une couche active de l'air et du sol dans la période de la végétation des plantes, ce qui est lié avec les caractéristiques isolantes de cette couche et d'une quantité moins grande de la radiation solaire, dont la pénétration dans l'intérieur du tapis végétal est empêchée par des plantes mortes. Cela a un effet défavorable sur le caractère du développement des plantes et se traduit en général par l'attardement des phases phénologiques de la végétation [12]. Outre cela, les restes végétaux morts gardent une grande quantité d'éléments inorganiques de l'alimentation des plantes; ces éléments sont chimiquement liés et par là exclus du cycle biologique dans la nature. Il est facile à compter, qu'avec la réserve constante des restes végétaux morts, qui est propre, par exemple, aux sections réservées de la steppe des près de Koursk (58 à 94 q/ha), ces dernières gardent constamment (et par conséquence, excluent du cycle biologique) environ 50 à 160 kg/ha des formes mobiles de l'azote et 400 à 950 kg/ha des substances inorganiques mobiles. A cause de cela, probablement, se réduit sensiblement le volume du cycle biologique dans ces écosystèmes.

En général, on pourrait conclure, qu'en cas des phytocénoses au tapis d'herbes dense, les animaux-phytophages, éclaircissant le tapis et diminuant les réserves des restes morts et de la couverture, améliorent considérablement les conditions de l'existence des plantes et augmentent la productivité du tapis végétal. En même temps il faut prendre en compte, que l'élimination totale des restes morts et de la couverture, qui a lieu avec les charges de pâturage excessives, provoque les changements défavorables de l'environnement, en créant les conditions microclimatiques plus sévères pour l'accroissement et développement des plantes.

Le piétinement (le battement) des sols par les ongulés exerce une grande influence sur la productivité des pâturages. On sait, que le piétinement limité est favorable pour le tapis vert et le revêtement du sol, conditionnant la destruction du feutre végétal, le foisonnement d'une couche superficielle du sol et l'enterrage des grains. Au contraire, le piétinement excessif est néfaste pour la végétation et les sols. L'écrasement par les sabots des animaux de sables initialement fixés ainsi que des sols légers, occasionne leur dispersion et la dégénération de la végétation. En cas des sols lourds le piétinement intense influen-

ce d'une autre façon: les sols se densifient considérablement à la profondeur allant à 25 centimètres (une masse volumique augmente de 10 à 20 %), tandis qu'une perméabilité à l'eau sensiblement décroît (de quatre fois) (tableau 3). Tout cela provoque une modification du régime hydrologique des territoires. Avant tout, il y a lieu l'augmentation de l'écoulement superficiel. Par exemple, sur les pâturages du Colorado l'écoulement superficiel de l'eau, sous l'influence du pâturage dans un bassin d'un fleuve augmentait de 24 à 31 %, tandis que la dérive des particules en suspension s'agrandissait de 25 à 49 % — ce qui a été démontré par les mesures directes effectuées sur les aires d'écoulement [25].

L'activité de creusement des animaux a l'importance spécifiée. Elle exerce une influence directe sur la couche superficielle du sol ayant en même temps les conséquences indirectes pour la végétation. Cette activité est la plus diversifiée dans les sites des steppes et des déserts, où le creusement des trous est pour les animaux le moyen unique de se mettre à l'abri des ennemis et des conditions climatiques défavorables. Le nombre des trous dans les sites arides est en moyenne 1 500 à 1 700 sur hectare, tandis que dans les autres régions il ne dépasse pas 1000 et habituellement est beaucoup plus petit [7]. Selon nos données, dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne le nombre de trous du petit zisel seulement est en moyenne 500 à 600 et même 1000 sur 1 hectare, tandis que les terrains dégradés (creusés et ameublés par les trous) par l'activité de creusement des lemmings des steppes (*Lagurus lagurus*) dans les steppes sèches du Kazakhstan Central occupent jusqu'à 10 % du territoire, habité par ces animaux.

Les trous des animaux, en pénétrant dans les couches superficielles du sol et les ameublissant, dans le premier lieu augmentent la perméabilité à l'eau du terrain. La perméabilité à l'eau des terrains salifères dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne, selon nos données, augmente sous l'influence des trous du petit zisel presque de 100 fois (de 0 — 0,05 jusqu'à 5 mm/min) [1]. Il est évident que l'augmentation de la perméabilité représente l'effet principal de tous les trous, se débouchant sur la surface du sol.

L'augmentation de la perméabilité à l'eau provoque une série des changements successifs des caractéristiques des sols et avant tout s'exprime en humidi-

Tableau 3
Modification des caractéristiques du sol sous l'influence du pâturage des ongulés agricoles

Indice	Terrain sans pâturage	Pâturage
La vitesse de filtration de l'eau (mm/min)	6,48	1,65
Une masse volumique à la profondeur	de 0 à 10 cm	1,00
	de 15 à 25 cm	1,02
La substance organique (%) à la profondeur	de 0 à 10 cm	2,8
	de 15 à 25 cm	2,9

fication importante des terrains et en accroissement des réserves de l'eau dans le sol. Dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne les salines s'humidifient au printemps dans les trous des petits zisels à la profondeur jusqu'à 1,5 m, tandis que sans trous -- à celle ne dépassant 50 cm. Grâce à cela les terrains ayant les trous accumulent au printemps de l'eau deux fois plus que les terrains sans trous: 180 mm contre 90 mm [1].

Le caractère variable de l'humidification dans les conditions des terrains salés des steppes et des déserts occasionne la mise en solution et le départ des sels, ainsi que le compactage et l'affaissement des terrains. Par exemple, dans les endroits, où se trouvent les trous des zisels, dans les conditions des sols fortement salés de la région du Nord de la mer Caspienne on peut voir la formation des creusements avec les sols dessalés. Par suite des processus analogues sur les terrains des salines, creusés par les lemmings des steppes, il y a lieu un dessalement du sol.

La modification des sols sous l'influence des formes d'activité susmentionnées (le piétinement, l'activité de creusement) provoque un changement du tapis végétal. Sans s'arrêter sur les aspects négatifs de cette influence, qui sont largement connus et se font sentir en cas de hautes concentrations des animaux, notons quelques aspects positifs de cette activité. Notamment, l'augmentation des réserves de l'eau dans le sol, l'ameublissement et le dessalage de la terre sous l'influence de l'activité de creusement occasionnent une modification de la composition en espèce de la végétation et l'augmentation de sa productivité. Selon nos données, la récolte de la végétation sous l'influence de l'activité de creusement des lemmings dans les steppes sèches du Kazakhstan augmente de 26 à 30 % (tableau 4).

L'ameublissement limité causé par les sabots d'une couche supérieure des sols favorise l'enterrement des grains et a, en général, un effet favorable pour la végétation. Notamment, dans les déserts sableux de la Turkménie la reproduction de semence des plantes s'augmente sensiblement (presque de 4 fois), tandis que la productivité de la végétation aux endroits

pareils est de presque 20 % plus haute qu'en absence du pâturage des ongulés [12].

Parmi des autres types de l'action indirecte des animaux sur la productivité de la végétation on peut distinguer particulièrement le traitement chimique et la désagrégation de la matière végétale organique à la suite de la digestion et du métabolisme des animaux. Comme nous avons déjà noté plus haut, en absence des animaux-phytophages, les restes végétaux morts s'accumulent en grande quantité, il contient beaucoup d'éléments de l'alimentation inorganique des plantes, chimiquement liés et exclus du cycle biologique naturel. Les animaux-phytophages préviennent ce phénomène et dans les conditions des écosystèmes des types de pâturage, favorisent une vite libération de ces éléments de la matière organique, en accélérant par là le cycle biologique.

Il était déjà noté plus haut, que les animaux-phytophages dans les écosystèmes naturels des territoires arides, tout comme dans ceux, utilisés en économie de pâturage, utilisent et, par conséquent, transforment en général jusqu'à 60 % de la production végétale aérée. La matière organique, consommée et transformée dans les organismes des animaux, est apportée dans l'environnement en quelques états, c'est-à-dire en restes végétaux indigérés (concassés mais non décomposés); en produits de la décomposition gazeux (CO₂, méthane) et liquides (l'urine). La part des restes indigérés chez les animaux-phytophages est présentée en général par 10 à 40 % de la végétation consommée, une faible portion de la végétation (1 à 2 %) se transforme en espèces nouvelles de la matière organique (des tissus des animaux) et le reste (60 à 90 %) se désintègre complètement ou partiellement dans l'organisme au cours du processus métabolique, se dégageant dans l'environnement en forme des composés minéraux ou de simples substances organiques (gaz carbonique, eaux, ammoniac, urée, méthane etc). Il est facile à compter, qu'en cas de la quantité de la production primaire, consommée dans les écosystèmes, (indiquée plus haut 60 %), tous les produits du métabolisme (les produits de l'échange azotique, carbonifère et minéral) font environ 30 à 40 %, et les restes indigérés 20 à 30 % de toute la partie aérée annuelle de la végétation. 30 % à peu près de tout le carbone organique, 30 à 40 % de l'azote albumineux et 35 % des cendres, liés dans la récolte annuelle des plantes, se sont libérés complètement par les phytophages et reviennent dans l'environnement en état mobile, accessible à l'utilisation par les animaux.

Les restes indigérés (les excréments) des mammifères ne jouent pas le rôle immédiat dans le cycle naturel, comme les produits directs de la décomposition de la matière organique. Leur transformation définitive, la décomposition et la minéralisation se font par les microorganismes et les animaux-saprophytes.

En général, on peut dire, qu'à la suite des processus décrits et, en premier lieu, ceux du métabolisme des animaux, se produit l'accélération d'une délibération des éléments de l'alimentation des plantes, retenus par la masse organique, grâce à quoi les éléments nutritifs s'entraînent de nouveau dans le processus du cycle biologique et s'utilisent par les plantes pour créer une masse organique nouvelle.

Tableau 4

Le changement de la récolte d'une masse aérée des plantes sous l'influence de l'activité de creusement des lemmings dans les steppes sèches du Kazakhstan

Association végétale	Surface, occupée par les colonies des lemmings, %	Masse aérée des plantes, poids sec, g/m ²		Récolte de végétation, q/ha		Augmentation d'une récolte au compte de la végétation dans les colonies, %
		hors des colonies	dans les colonies	hors des colonies	sur tout le territoire	
de stipa-absinthe «tiptczak»	10	129	306	12,9	14,2	9,2
de «tiptczak» — absinthe	10	53	289	5,3	7,7	31,2
«birgoun» — absinthe noire	6	70	482	7,0	9,5	26,3

L'efficacité d'une création de la production par rapport au fourrage consommé et assimilé

L'espèce des animaux	La production secondaire		L'auteur
	% du fourrage assimilé	% du fourrage consommé	
Insectes			
Locustidés des marais salants	36,7	—	[33, 35]
Locustidés des champs en friche et de luzerne	35 à 39	10 à 13	[26, 34]
Philaenus spumarius des champs de luzerne	42	16	[26, 34]
Mammifères			
Eléphant d'Afrique (<i>Loxodonta africana</i>) dans les savanes	1,46	—	[29, 35]
Chèvres d'eau (<i>Adenota thomasi</i>) dans les savanes de l'Afrique	1,46	—	[20, 35]
Souris dans les champs en friche	1,79	—	[32, 35]
Souris des champs rouges (<i>Clethrionomys rutilus</i>), la taïga, l'Alaska	2,03	1,7	[21]
Écureuil rouge (<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>), idem	1,5	1,20	[21]
Souris des champs (<i>Microtus oeconomus</i>), idem	2,4	1,6	[21]
(<i>Glaucomyces sabrinus</i>), l'Alaska, idem	1,3	1,1	[21]
(<i>Sorex cinereus</i>), idem	0,8	0,7	[21]
Souris des champs rousse (<i>Clethrionomys glareolus</i>) et souris à gorge jaune (<i>Apodemus flavicollis</i>), des forêts des hêtres, la Pologne	2,65	2,23	[22]

Une étape importante du processus de production biologique dont sont responsables les animaux-phytophages est représentée par la formation de la production biologique secondaire.

Ainsi, la population d'une espèce seulement (du petit zisel dans le demi-désert de la région du Nord de la mer Caspienne) crée annuellement 3,3 à 5,0 kg/ha (jusqu'à 0,5 t/km²) de la production secondaire, et des marmottes dans les steppes — jusqu'à 9 kg/ha [2, 14]. Ces valeurs ne sont que de peu moins qu'une production, qui est créée sur les pâturages pareils par les animaux agricoles.

La quantité de la production secondaire créée s'évalue avant tout par la masse de la production primaire traitée par les phytophages.

On peut y citer la dynamique de la quantité de maintes rongeurs du type des souris: lemmings (*Lemmus lemmus*) dans les toundras; souris des champs de Brandt (*Microtus brandti*) dans les steppes de la Mongolie; lemmings des steppes (*Lagurus lagurus*) dans les steppes du Kazakhstan et autres. Il est important à noter, que l'utilisation des ressources alimentaires par de telles populations s'avère insignifiante à cause de leur petite quantité pendant les périodes des décroissements prolongés.

L'utilisation des réserves de la production végétale sur les pâturages par de certaines espèces des animaux n'atteint pas d'habitude de maxima possibles. Cela s'explique par le caractère spécial d'une dynamique de leur nombre, ou bien par la spécialisation d'une chaque espèce en type déterminé du fourrage, représentant seulement la part d'une production végétale totale sur le pâturage. Dans la nature, tout comme dans l'économie de pâturage, l'augmentation de la diversité des espèces des animaux sur le pâturage conditionne l'utilisation plus complète et variée de la production végétale. Dans les savanes de l'Afrique, grâce à une grande diversité des espèces des animaux-phytophages sauvages, de grandes mammifères avant tout, est assuré le niveau maximum de l'utilisation de la production primaire de la savane, y compris la végétation herbacée tout comme celle de bois. La même régularité est propre aux animaux domestiques. Le pacage combiné dans les pâtures de désert des moutons, des chevaux, des chameaux augmente sensiblement le rendement de l'utilisation d'une végétation, prévient la contamination du pâturage par les espèces des plantes immangeables et en général augmente la capacité alimentaire d'un tel pâturage [15].

L'efficacité de la transformation de la production primaire consommée en celle secondaire est l'indice principal de la productivité des animaux. Il s'exprime en valeur de la production déposée par rapport au fourrage consommé. Chez la plupart des mammifères sauvages, selon certaines informations, cette valeur est d'habitude de 1 à 2 % (tableau 5).

L'étape ultérieure du processus bioproduitif dans les écosystèmes, qui est dans une grande mesure finale, est liée à une transmission d'une certaine partie de la production, créée par les phytophages, aux autres niveaux trophiques. Les populations des animaux, tout comme la végétation, ne permettent sans préju-

dice à leur productivité que l'emprise d'une partie strictement déterminée de leur production. Par exemple, selon certaines données, les populations des écureuils permettent l'emprise par chasse jusqu'à 70 à 75 % des individus, celles des castors — 20 à 40 %, des élans — 10 à 20 % et des saigas — jusqu'à 25 % [6, 11].

De tout ce qui précède on peut conclure, que la participation des animaux-phytophages au processus de la bioproduction est assez variée. Avant tout, leur activité peut sensiblement influencer la productivité primaire. Ce qui s'exprime en influence trophique directe de l'emprise d'une masse végétale par les animaux sur l'accroissement et la productivité des plantes. Dans ce cas le trait spécifique des relations entre les animaux-phytophages et la végétation consiste en ce que dans les écosystèmes naturels avec les interdépendances équilibrées des organismes, les animaux-phytophages sont capables d'utiliser seulement une quantité strictement limitée de la réserve brute de la végétation, tandis que la végétation même s'est adaptée à l'emprise de cette partie de sa masse sans préjudice à la productivité. Le mécanisme donné assure la stabilité des interrelations des animaux et des plantes, ainsi que le maintien de la productivité élevée du tapis végétal.

D'autres espèces de l'activité des animaux, qui exercent une influence immédiate ou indirecte sur la structure et la productivité de la végétation, sont aussi importantes.

Enfin, les animaux-phytophages sont responsables de la formation d'une production secondaire. Ce sont eux, qui dans les écosystèmes de pâturage déterminent la productivité secondaire, qui représente une phase finale de tout le processus bioproduit.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Abatourov B.D., Zoubkova L.V.* Le rôle de petits zisels (*Citellus pygmaeus* Pall.) dans la formation du microrelief aux affaissements et des sols dans la région du Nord de la mer Caspienne. — «Potchvoviédénijé» 1972, n° 5.
2. *Abatourov B.D., Kouznétsov G.V.* La formation de la production biologique secondaire par les petits zisels (*Citellus pygmaeus*). — Zool. journ., 1976, v. 55, fas. 10.
3. *Abatourov B.D., Rakova M.V., Sérednéva T.A.* L'action des petits zisels sur la productivité de la végétation dans le demi-désert. — Dans le livre: «Les phytophages dans les associations végétales». M., «Naouka», 1980.
4. *Bystrickaja T.L., Ocytchniuk V.V.* Les sols et la productivité biologique primaire des steppes de la région de la mer d'Azov. M., «Naouka», 1975.
5. *Vakhtina T.V.* La dynamique de la fertilité et l'utilisation des feuilles de certaines broussailles dans l'élevage du renne. — «Problemy Cévera» 1964, fas. 8. M.
6. *Gajevskaja L.V., Krasnopoline E.S.* Le changement du tapis végétal des pâturages de moutons du désert argileux et du demi-désert de la région frontale de l'Asie Centrale sous l'influence du pâturage. — Botanitch. journ., 1956, v. 41, n° 7.
7. *Koutchérouk V.V.* L'action des mammifères herbivores sur la productivité du tapis vert de la steppe et leur rôle dans la formation d'une partie organique des sols de steppe. — Dans le livre: «La biologie, la biogéographie et la systématisation des mammifères de l'URSS». M., Izd. AN URSS, 1963.
8. *Larine I.V.* Les fourrages naturels pour l'élevage et leur utilisation. — Dans le livre: «Les ressources de la biosphère sur le territoire de l'URSS» M., «Naouka», 1971.
9. *Morozova O.I.* Le changement de la végétation des pacages des déserts sous l'influence du pâturage. — Bul. de l'Inst. de recherches scientifiques sur l'élevage de l'astrakan, Samarkand, 1940, n° 2.
10. *Nétchaéva N.T.* L'influence du pacage sur les pâturages de Kara-Koum comme la base du pâturage circulaire. — Dans le livre «Les déserts et leur assimilation», fas. 2, M.—L., Izd. AN URSS, 1954.
11. *Rabotnov T.A., Govoroukhine V.C.* Lichens dans le livre: «Les plantes fourragères des fensaisons et de pâturages de l'URSS», v.1, M.—L., 1950.
12. *Semionova-Tian-Chan'skaja A.M.* L'accumulation et le rôle de la couverture dans les associations végétales. M., «Naouka», 1977.
13. *Sérédnéva T.A., Abatourov B.D.* L'action des marmottes de steppe sur la productivité de la végétation dans les steppes de l'Ukraine. — Dans le livre: «Les phytophages dans les associations végétales» M., «Naouka», 1980.
14. *Sérédnéva T.A., Nézgovorov A.L.* La consommation et le traitement du fourrage par la marmotte de steppe (*Marmota bobac*). — Zool. journ., 1977, v. 56, n° 12.
15. *Straka F.* Les relations entre des semences de luzerne et des populations des souris de champs (*Microtus arvalis* Pall). Dans le livre: «La défense végétale dans la steppe agricole». Izd. de l'Acad. des sciences de Bulgarie, 1970.
16. *Tokmakova S.G.* Des valeurs calculées et réelles de la consommation du fourrage par des rongeurs. — Dans le livre «Les méthodes quantitatives dans l'écologie et la biocénologie des animaux terrestres». Les thèses des rapports de la Deuxième conférence biocénologique. L., «Naouka», 1976.
17. *Chennikov A.P., Bologovskaja R.P.* L'introduction à la justification de l'organisation des pâturages au Nord. Vologda, 1927.
18. *Brown D.* Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bull. 42, 1954.
19. *Brown I.W., Schuster J.L.* Effect of grazing on a Hardland Site in the Southern High Plains. J. Range Mgt., 22, 6, 1969.
20. *Buchner H.K., Golley F.B.* Preliminary estimation of energy flow in Uganda kob (*Adenota kob thomasi* Neumann). — «Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems». Ed. K. Betruszewicz, vol. 1 Warszawa—Krakow, 1967.
21. *Grodzinski W.* Energy flow through populations of small mammals in the Alaskan taiga forest. — «Acta theriolog.», 1971, v. 16, n° 8—18.
22. *Grodzinski W., Bobek B., Drozd A., Gorecki A.* Energy flow through small rodent populations in a beech forest. — In: K. Betruszewicz and L. Ryszkowski (eds.). Energy flow through small mammal populations. Warszawa, 1969/70.
23. *Kaluzinski J., Bresinski W.* The effect of the European hare and roe deer populations on the yields of cultivated plants. Ecol. and management Europ. hare populations. Warszawa, 1976.
24. *Laycock W.A., Harniss R.O.* Trampling damage on native forbgrass ranges grazed by sheep and cattle. XII International Grassland Congress. Sectional papers «Grassland utilization», Part 1, Moscow, 1974.
25. *Lusby G.C., Reid V.H., Knipe O.D.* Effects of grazing on the hydrology and biology of the

- Badger Wash basin in western Colorado, 1953 — 1966.— "Geological Survey Water — Supply Pap.", 1971, N1532-D.
26. *Mayfadyen A.* Methods of investigation of productivity of invertebrates in terrestrial ecosystems.— "Secondary productivity of Terrestrial Ecosystems." Ed. K.Petrusweicz, Warszawa-Krakow, 1967.
 27. *Myers K., Poole W.E.* A study of the biology of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.) in confined populations. IV. The effect of rabbit grazing on sown pastures.— *J.Ecology*, 1963, v. 51, n° 2.
 28. *Neff D.J.* What constitutes proper bevel of browse use? — "Proc. 3-rd Annual Meet. N.Mex.-Ariz. Ses. Wildlife Soc., Sanford, Ariz., 1964.
 29. *Petrides G.A., Swank W.G.* Estimating the productivity of elephant populations in Uganda.— *Trabalhos IX Congresso Internacional de Pastagens*. 7—20 janeiro, 1965. Sao Paulo, Brasil.
 30. *Petrusewicz K., Grodzinski W.L.* The role Herbivore consumers in various ecosystems.— *Productivity of World Ecosystems*, National Academy of Sciences. Washington, 1975.
 31. *Odum E.P.* Fundamentals of ecology. 3-rd ed. W.B.Sanders Co., Philadelphia, London, Toronto, 1971.
 32. *Odum E.P., Connel C.E., Davenport L.B.* Population energy flow of three primary consumer components of old-field ecosystems. — *Ecology*, 1962, v. 43.
 33. *Smalley A.E.* Energy flow of salt marsh grasshopper population.— *Ecology*, 1960, v. 41.
 34. *Wiegert R.G.* Energy dynamics of the grasshopper populations in old field and alfalfa field ecosystems. *Oikos*, 1965, n° 16, Copenhagen.
 35. *Wiegert R.G., Evans F.G.* Investigation of secondary productivity in grasslands. *Secondary Productivity Terrestrial Ecosystems*, Warszawa-Krakow, 1967.
 36. *Young V.A., Payne G.F.* Utilization of "key" browse species in relation to proper grazing practices in cutover western white pine lands in Northern Idaho. *J.Forestry*, 1948, v. 46, N 1.

INFLUENCE ACTIVE DES ANIMAUX SAUVAGES SUR LES PATURAGES

par *V.S. Zaletaev*. Licencié en géographie. Chargé de recherches à l'Institut des problèmes d'hydrologie de l'Académie des Sciences de l'URSS

Les pâturages sont les territoires dont la production biologique primaire de la couverture végétale est accessible aux animaux domestiques et sauvages et régulièrement consommée par eux. Ces mêmes territoires accumulent la zomasse, c'est-à-dire la production secondaire, et sont le siège des processus complexes d'interaction des plantes, des animaux et de l'environnement.

Ce sont les écosystèmes élémentaires ou biogéocénoses, d'après la terminologie adoptée par les écologistes soviétiques, qui font office de maillons principaux des interactions qui ont lieu dans la nature.

La circulation des matières et de l'énergie dans la biosphère de la Terre commence précisément au niveau des écosystèmes. C'est cette circulation qui rend possible la vie en toutes ses formes y compris les supérieures. Faut-il dire alors que l'étude des pâturages doit s'effectuer avant tout dans le souci de l'écologie alors que tous les problèmes relatifs à la mise en valeur des pâturages impliquent une vision d'ensemble, biocénotique, englobant le contrôle scientifique du régime d'exploitation des pâturages, le maintien de l'équilibre des écosystèmes et la mise en œuvre des mesures de protection. Aussi l'approche « purement » économique et fonctionnelle, doit-elle être rejetée a priori.

En outre, le prix de revient des produits de l'élevage obtenus sur les pâturages des zones arides est 2 à 3 fois inférieur par rapport aux régions situées dans de plus hautes latitudes. Je pense qu'il y a tout

lieu de considérer les terres arides comme une réserve écologique par la mise en valeur continue des ressources de la biosphère.

Les pâturages des zones arides ont de nombreux traits spécifiques. Suivant les paysages ils présentent un éventail de divers écosystèmes; certains types de pâturages de désert offrent même la possibilité de pâturage durant toute l'année malgré leur faible rendement moyen qui atteint 1,5—0,3 t/ha de matière sèche dans les déserts du Kazakhstan et d'Asie Centrale. En outre, le rendement des récoltes est sujet à des brusques variations. Ainsi il peut doubler dans des conditions atmosphériques favorables et baisser de 3 à 5 fois sous l'action de la sécheresse. Les différences de disponibilité en fourrages peuvent d'autre part atteindre 2—2,5 fois au cours d'une même année et de fortes variations sont enregistrées dans la composition et la valeur nutritive des unités fourragères. La teneur en protéine brute des fourrages de Kyzyl-Koum et de Kara-Koum diminue de 20 à 5 % entre le printemps et l'hiver cependant que leur teneur en protéine chute de 13 à 4 %. Ces traits spécifiques des pâturages de désert infléchissent la dynamique de la population des animaux sauvages, leur mode de vie ainsi que certains mécanismes responsables de l'adaptation et de la régulation à l'intérieur des écosystèmes.

Les animaux se présentent comme un des éléments les plus actifs de l'association et exercent souvent une influence appréciable sur l'habitat dans la mesure où

la portée de leur action sur les pâturages entraîne la modification des paysages.

La connaissance du rôle régulateur des animaux dans la nature nous permet de les prendre comme modèle d'exploitation bien organisée qui tient compte des cycles naturels de l'évolution des écosystèmes des pâturages. Seule cette approche permet de mettre au point un système scientifique de monitoring des pâturages de la zone aride (dans une séquence de gestion strictement limitée).

Les écosystèmes des pâturages sont des associations naturelles très dynamiques susceptibles de se transformer rapidement en une ou plusieurs versions anthropogènes.

Les écosystèmes de pâturages peuvent être départagés: A — suivant le rythme biologique et l'exploitation saisonnier et B — suivant le taux de dégradation du tapis végétal. Ceci nous paraît fondamental pour comprendre la spécificité de l'action exercée par les animaux sauvages. Ainsi, la densité des animaux actifs durant toute l'année ou pendant l'hiver atteint son maximum dans les pâturages à arbrisseaux des déserts méridionaux où la population de *Copeognata* et de certains détritophages peut atteindre jusqu'à 53 kg/ha.

Il importe, par ailleurs, de noter ce fait apparemment paradoxal que les pertes occasionnées par les rongeurs sont plus importantes sur les réserves interdites au pâturage des animaux domestiques. Par contre, cet effet négatif est moins prononcé sur les terrains où l'on pratique le pâturage des ongulés en combinaison avec le pâturage naturel de *Citellus* minor dans le semi-désert ou de *Marmota bobac* dans les steppes. Cela tient à la modification par les ongulés de la composition botanique du peuplement herbacé où commencent à prédominer les graminées susceptibles de repousser plus rapidement que les herbes diverses.

Les phytophages constituent le gros de la masse biologique de la population animale des pâturages de déserts et de semi-déserts. Ils se distinguent en outre par une grande diversité. Rien que la population animale des écosystèmes de déserts sablonneux renferme jusqu'à 11 groupes trophofonctionnels y compris les phytophages de différente spécialisation à savoir: phyllophages — se nourrissant des parties vertes des plantes, xylophages — consommant les parties pérennes des plantes, carpophages — utilisant les fruits et les semences, antophages — se nourrissant des fleurs, rizophages — s'attaquant aux racines, phytoxylo-détritophages — utilisant pour leur alimentation les détritiques et les chutes ainsi que certains coprophages — consommant les déchets végétaux contenus dans les excréments d'autres herbivores.

Les associations (*Haloxylon aphyllum* et *Carex physodes*+*Ephedra strobilacea*-*Calligonum caput medusae*-*C.setosum*) alternent avec (*Aristida karelini*+*Horanovia* et *Heliotropium* sp+*Ammodendron conolyi*) sur les sables semi-fixés des écosystèmes de Kara-Koum de l'Est. Ce sont des pâturages à arbrisseaux propres au désert sud-touranien.

Dans cette zone on recense 20 à 29 espèces de mammifères et environ 150 espèces d'oiseaux, migrants compris. Sur ce total il y a seulement 31 espèces nidificatrices et 20 sédentaires. On y signale également

23 espèces de reptiles dont une vingtaine se rencontrent couramment. Le nombre d'invertébrés est énorme et défie toute estimation quantitative. Quant aux insectes, on en trouve jusqu'à un millier d'espèces.

Dans les déserts argileux et rocailleux à prédominance de pâturages à semi-arbrisseaux et herbacés (dont les éphémères) la diversité botanique est sensiblement diminuée, en particulier dans la zone des déserts septentrionaux caractérisés par la rigueur des conditions naturelles et le caractère rudimentaire des écosystèmes très espacés qui en résulte. Dans le semi-désert et la zone steppique la diversité de la population animale devient à nouveau légèrement plus riche.

L'alternance des saisons entraîne des modifications des populations animales à spécialisations alimentaires diverses. Ainsi les phyllophages sont plus nombreux au printemps, les carpophages, au moment du mûrissement des semences de la majorité des plantes. Les carpophages prédominent également en hiver.

La diversité de la composition zoologique des écosystèmes de pâturages conjuguée aux différences de spécialisation écologique des espèces favorise une meilleure utilisation par les animaux de diverses formes de production du tapis végétal. De même, le pâturage combiné de plusieurs espèces d'animaux agricoles (mouton, cheval, chameau) permet de valoriser les pâturages et d'accroître de 25 à 30 % leur capacité de charge.

Cela reproduit en quelque sorte le mécanisme d'action de la loi de la nature prescrivant «la division du travail» entre les diverses espèces d'animaux sauvages habitant et utilisant en commun les ressources végétales des pâturages de désert. Les animaux sont capables de consommer jusqu'à 60 à 70 % du produit brut des pâturages.

Outre l'évaluation distincte du rôle des groupes trophiques dans les écosystèmes on peut départager les groupements d'espèces en fonction de la nature, du caractère et de la portée de leur action sur le milieu: animaux fouisseurs, piétineurs, vecteurs-redistributeurs de la matière organique, proliférateurs de certaines espèces de plantes (dont les mauvaises herbes) et, enfin, prédateurs pouvant se faire phytophages d'occasion, parasites et réservoirs d'infections (ce qui peut avoir des conséquences directes sur l'état des populations, donc sur le niveau de consommation de la phytomasse et la portée de leur action sur le milieu).

Cette action peut se manifester de diverses manières: de façon continue ou au cours des saisons particulières, localement ou sur toute l'étendue du pâturage ou du paysage; elle peut concerner un ou deux horizons biocénétiques seulement (la surface de sol avec son étage herbacé) ou toutes les strates biocénétiques y compris la couche superficielle et tous les étages de végétation.

L'action sur le milieu peut résulter de l'influence des animaux non pas sur l'ensemble mais sur un ou deux éléments de l'écosystème, par exemple, sur le tapis végétal seulement (broutage et piétinement) ou sur la végétation et le sol (fouissement et puis, indirectement, par le sol — successions zoogènes). Les animaux peuvent en outre s'influencer mutuellement. L'établissement du degré d'action sur le milieu

permet de contrôler l'effet total que les animaux exercent sur les pâturages.

La quantité de biomasse consommée par les animaux et son seuil critique sont des indicateurs du degré d'altération de la reproduction normale des populations végétales. Des changements peuvent, par ailleurs, se répercuter au niveau des structures des groupements végétaux dans le sens de dépérissement de certaines espèces ou de stimulation de la formation des successions.

Il convient de noter également que la consommation de la phytomasse par les rongeurs et, notamment, par les marmottes est plus élevée sur les terrains soumis au pâturage. Cela tient au fait que, premièrement, il existe une corrélation entre le volume des aliments consommés par les animaux et leur diversité et valeur nutritive et, deuxièmement, à l'action que l'état déprimé des groupements végétaux exerce sur l'activité trophique des phytophages.

Selon T.Seredneva et B.Abatourov le seuil critique de consommation de la phytomasse par les marmottes peut s'élever jusqu'à 20 % sur les fauches et jusqu'à 44 % sur les pâturages (voir tableau).

Dans le semi-désert du front de la Caspienne les petites gerboises peuvent consommer 31-36 % de la phytomasse et même jusqu'à 56 % dans le cas de certains groupements végétaux. La consommation totale de la phytomasse par les petites gerboises et les moutons peut atteindre 71 % durant la période de végétation, seuil atteint en 1971, année de sécheresse.

Les spécialistes des pâturages ont généralement tendance à sous-estimer la consommation de la phytomasse par les invertébrés ainsi que leur réaction à l'activité des plantes et de l'association dans son ensemble. En fait, certains insectes phytophages et phytoxylophages consomment des quantités appréciables de phytomasse dans la zone désertique. Rien que la population de *Trigonoscelis gigas* (Tenebrionidae) habitant Kara-Koum consomme en une année environ 11 kg/ha de matière organique (calculés en masse sèche) d'après les observations faites dans la réserve de Répétek.

Tableau

Action des marmottes sur les parties aériennes des plantes

Année	Régime d'exploitation	Aire de ramassage kg/ha, m ² /ha	Parties aériennes, kg/ha, (matière sèche)		Baisse de rendement	
			aire isolée	aire accessible aux marmottes	kg/ha (matière sèche)	en % du rendement des aires isolées
1974	Réserve à coupe périodique	300	2044	2028	16	1
1974	Pâturages à charge modérée	900	1968	1923	45	2
1975	Réserve à coupe périodique	390	1403	1384	19	1
1975	Pâturages à forte charge	1200	797	775	22	3

Il est tout aussi important de tenir compte du degré d'altération par les animaux des diverses « fractions fonctionnelles de la phytomasse », c'est-à-dire des parties végétatives, des racines, des graines, etc. ce qui entraîne des conséquences différentes. L'effet d'altération peut notamment s'étendre à la reproduction naturelle des plantes et au rapport des espèces en entraînant un décalage des phases de développement des espèces altérées. De surcroît, les associations altérées sont plus facilement envahies par de nouvelles espèces animales ce qui stimule encore davantage les restructurations à l'intérieur des écosystèmes.

Ainsi, sur les pâturages à arbrisseaux du désert sablonneux de Kara-Koum oriental les larves de Curculionidae envahissent jusqu'à 30 % des graines d'*Ephedra strobilacea*. Sur les pâturages à graminées-Carex physodes de Kara-Koum les fourmis herbivores de la famille Messor emportent la quasi totalité de la récolte de graines de Carex physodes, de graminées d'*Eremopyrum orientale*, *E. buonapartii*, *Bromus tectorum* de même que *Kochia schrenkiana*, *Microcephala lamellata* et d'autres herbes.

Certaines scarabées dont les Carabidae des familles *Macrozetes* et *Amara* consomment les graines des plantes de désert.

Parmi les rongeurs des déserts septentrionaux les *Cardiocranius paradoxus* habitant les pâturages à sol en chaussé de Gobi, de Touva et du Kazakhstan Central se nourrissent presque exclusivement de graines.

L'antophagie, c'est-à-dire le trophisme des boutons des fleurs et de leurs parties caractérise certaines espèces d'insectes des ordres Hemiptera et Coleoptera (dont Meloidae, Coccinellidae, Curculionidae, Chrysomelidae). En avril les *Testudo horsfieldi* consomment volontiers les fleurs de *Ceratocephalus arenarius*.

Au printemps les rongeurs s'attaquent aux fleurs des herbes et des arbrisseaux. Ainsi *Paradippus stenodactylus* consomme 5 à 10 % des fleurs d'*Astragalus* et *Calligonum* et jusqu'à 40-50 % des fleurs d'*Ammodendron conolly* dans les sables de Kara-Koum de l'Est. *Cardiocranius paradoxus* qui peuple les pâturages très pauvres à (*Stipa-Artemisia-Nanophyton*, *erinaceum*, *Salsola arbuscula* et *Ephedra*) s'attaque aux fleurs et aux germes de *Salsola arbuscula* qui peuvent constituer de 20 à 40 % de son contenu gastrique. Il y a de bonnes raisons de penser que ces animaux consomment également les inflorescences des stipas courts aux graines vertes. De nombreuses espèces de gerboise déterrent sur les pâturages les bulbes de *Tulipa*, *Allium* et sont de ce fait considérées comme rizophages.

Les racines succulentes des plantes herbacées vivaces et les bulbes de Liliaceae font partie de la table de *Spermophilopsis leptodactylus*, *Hystrix leucura*, *Sus crofa*.

Les racines de *Carex physodes*, plante dominante des pâturages de désert d'Asie Centrale sont ravagées par *Rhombomis optimus*. Cette espèce de rongeurs forme des colonies dans les déserts à la fois argileux et sablonneux. Sans spécialisation alimentaire étroite il consomme jusqu'à 115 espèces des plantes des déserts de Turkménie.

La modification du rôle écologique de cet animal tout au long de l'année est étroitement subordonnée à la rotation saisonnière des aliments. Les gerboises entrent, par exemple, en hibernation au nord de la

zone désertique mais restent actives pendant toute l'année au sud de cette zone.

L'importance numérique de l'espèce et le degré de dégradation du pâturage sous l'action des animaux agricoles déterminent dans une grande mesure la part des phytophages dans la consommation de la phytomasse et leur rôle à l'intérieur des cénoses.

Successions zoogènes des plantes sur les pâturages

Le degré de dégradation du type primitif de l'écosystème détermine le rendement du pâturage et l'utilisation de ses ressources par les animaux sauvages et le bétail.

Les animaux, à la fois sauvages et domestiques, qui consomment la phytomasse, fertilisent le sol, participent à la pédogénèse, se présentent comme facteur intensifiant la circulation des matières et de l'énergie et provoquent en plus l'alternance des types de circulation des cendres dans les biogéocénoses. On peut supposer que ce rôle des animaux est la fonction biocénotique naturelle qu'ils remplissent dans la biosphère de la planète. Cette fonction se ramène au contrôle des fluctuations de la circulation des matières et de l'énergie dans l'écosystème qui assure le maintien de l'équilibre des processus de consommation-reproduction et empêche l'évolution rapide de la circulation des cendres dans le sens de l'exclusivité susceptible d'entraîner le système dans une impasse.

C'est la succession zoogène qui est le principal mécanisme responsable de la mise en œuvre de cette fonction biogéochimique complexe.

L'influence des animaux domestiques sur le pâturage dans les zones arides (charge forte ou modérée) s'assimile à celle des animaux sauvages en provoquant des successions zoogènes des associations. Cependant, dans plus d'un cas, le rythme et l'envergure des successions zoogènes s'accroissent de façon considérable ou subissent une hypertrophie très peu naturelle. Dans ces conditions les possibilités dynamiques du système sont souvent mises à rude épreuve ce qui peut entraîner (forte charge et piétinement) des perturbations locales irréversibles de la circulation des matières caractérisée par des fluctuations. Dans ce cas la succession est considérée comme anthropogène, donc, anormale par rapport à la succession zoogène et, par conséquent, naturelle.

Il importe, par ailleurs, d'attirer l'attention sur le fait que les successions zoogènes se déroulent différemment suivant les espèces d'animaux qui provoquent leur déclenchement. Ainsi, certains rongeurs à savoir: *Rodentia*, *Ellobius talpinus*, *Rhombomys opimus*, *Meriones meridianus*, *M.tamariscinus*, *M.erythrorus* et d'autres favorisent le développement des successions locales qui se manifestent de façon très nette. Cela tient non seulement (et pas tellement!) à la consommation et à l'altération des plantes mais surtout à la modification pédo- et hydrologiques sur les aires d'habitation traversées de trous de ces rongeurs fouisseurs. Ce fait exerce une influence considérable sur le tapis végétal en provoquant

une succession rapide de stades de développement de l'association.

Au cas où le mécanisme est déclenché par une espèce ne formant pas de colonies mais susceptible à proliférer et à atteindre des concentrations élevées (*Rodentia Citellus minor*, rarement *Citellus major*, etc.), ainsi que *Lagurus lagurus*, en période de reproduction massive, le processus de modification du tapis végétal s'étend à tout le territoire, évolue assez rapidement et affecte les liens à l'intérieur de la cénose. Il n'en va pas de même de l'action sur le pâturage des ongulés sauvages (*Saiga tatarica* et *Gazella subgutturosa*). Le broutage et les déplacements des concentrations modérées de ces animaux n'affectent pas profondément le tapis végétal. Par contre, les groupes de ces animaux se mouvent rapidement en couvrant de grandes distances au cours des migrations journalières et saisonnières. Les antilopes et les gazelles broutent en outre les parties supérieures des plantes ce qui n'entraîne pas le dépérissement du peuplement herbacé mais stimule la régénération de la masse verte. Les *Ovis orientalis arkal* moins mobiles que *Gazella subgutturosa* affectent davantage le tapis végétal des déserts argileux et de loess.

D'autre part, l'absence de pâturage exerce une action défavorable sur l'état des plantes dont le rendement s'en ressent à la longue. Cette tendance a été établie expérimentalement par N.Nétyayéva et K.Antonova. Elles ont étudié les pâturages de Karakoum Central interdits aux animaux domestiques et sauvages. Après 12 années de réserve ces pâturages présentaient déjà, tous, les signes de dépression s'accompagnant d'une baisse du rendement.

Tout cela ne fait que confirmer l'hypothèse selon laquelle les plantes des pâturages ont fini par s'adapter à la charge normale des animaux sauvages à défaut de laquelle la vitalité des associations se trouve compromise. Les ongulés sauvages exercent une charge modérée sur le pâturage et leur action s'apparente en ceci à la charge modérée du bétail. Par contre, en cas de surpâturage on constate une altération de l'ensemble des rapports naturels entre les animaux et les plantes qui accentue l'effet négatif exercé par les animaux sauvages. Les espèces inappétantes et les mauvaises herbes se substituent aux espèces appétantes, la quantité et la qualité de phytomasse ainsi que la capacité de charge sont en baisse, les associations végétales se dégradent rapidement. Il se forme parfois des écosystèmes stables à mauvaises herbes. D'autre part la diversité spécifique de la faune s'estompe entraînant prolifération des invertébrés eurybiontes. Le surpâturage est donc l'état pathologique des écosystèmes de pâturage.

A son tour le pâturage incontrôlé du bétail (ovins et caprins plus particulièrement) est à l'origine des modifications de plus en plus rapides et parfois considérables du sol et du tapis végétal s'étendant sur de grandes surfaces.

Sur les pâturages sablonneux du semi-désert du front de la Caspienne le pâturage du bétail entraîne une baisse du rendement de la phytomasse totale (dont la rizosphère) de l'ordre de 58,3 % et une diminution de près de deux fois de la «réserve d'énergie de cendres et d'azote».

BIBLIOGRAPHIE

1. *Voronov A.G.* Le rôle des mammifères dans les biocénoses des terres émergées. Bulletin de la société de biologie de Moscou, 1975, 80, éd. 1.
2. *Zalétaev V.S.* La vie dans le désert (problèmes de géographie, d'écologie et de biocénose). Ed. «Mysl», Moscou, 1976.
3. *Kapitonov V.I.* *Cardiocranius paradoxus* Satunin (1902). Extrait du livre «Les mammifères du Kazakhstan», v. 1, partie 2. Ed. «Naouka», R.S.S. du Kazakhstan, Alma-Ata, 1977.
4. *Kouznetsov V.I.* Processus zoogènes. Extrait du livre «La productivité de la végétation de la zone aride d'Asie (résultats des recherches soviétiques dans le cadre du programme biologique international, 1965-1974). Ed. «Naouka», Leningrad, 1977.
5. *Nétchayéva N.T.* Influence de la charge sur les pâturages de Kara-Koum en qualité de base de rotation des pâturages. Extrait du livre «Les déserts de l'URSS et leur mise en valeur économique». Ed. 2, Académie des Sciences de l'URSS, 1954.
6. *Nétchayéva N.T.* Influence du régime d'exploitation sur le rendement du tapis végétal de Kara-Koum. Tiré de la revue «Problèmes de mise en valeur des déserts», n° 16, Achkhabad, 1979.
7. *Nétchayéva N.T., Abatourov B.D.* Les particularités du processus de bioproduction dans les écosystèmes à pâturages. Revue de biologie générale, v. XXXIX, n° 3, 1978.
8. *Nétchayéva N.T., Chamsoutdinov Z.Ch., Mouhammedov G.M.* «Amélioration des pâturages de désert d'Asie Moyenne». Ed. «Ylym», Achkhabad, 1978.
9. *Nétchayéva N.T., Antonova K.G., Karchenas S.D., Mouhammedov G.M., Nourberdiev M.* «La productivité du tapis végétal de Kara-Koum Central soumis aux différents régimes d'exploitation». Ed. «Naouka», Moscou, 1979.
10. *Nourgueldyev O.N.* Ecologie des mammifères de la plaine Turkmène. Achkhabad, 1969.
11. *Seredneva T.A., Abatourov B.D.* Action des marmottes sur la productivité du tapis végétal dans les steppes d'Ukraine. Extrait du recueil «Les phytophages dans les associations végétales». Ed. «Naouka», Moscou, 1979.
12. *Stalmakova V.A.* Ecologie de la gerboise à Kara-Koum. Journal de la section turkmène de l'Académie des Sciences de l'URSS, 1945, n° 3-4.
13. *Soukatchev V.N.* Notions fondamentales de la biocénologie des forêts. Extrait du livre: «Principes de biocénologie des forêts», Ed. «Naouka», Moscou, 1964.
14. *Togkaev T.B., Daritcheva M.A., Faoussova M.Ph.* «Insectes parasites des plantes du sud de Kara-Koum Central et la lutte contre eux». Achkhabad, 1967.

III. APPROVISIONNEMENT AGROMETEOROLOGIQUE DES PATURAGES

VARIATIONS SAISONNIERES ET ANNUELLES DE LA VEGETATION DE PATURAGE EN FONCTION DES CONDITIONS AGROMETEOROLOGIQUES

par *I.G. Greenhoff*. Licencié en biologie. Directeur de l'Institut de recherches scientifiques de la météorologie agricole (Obninsk).

En analysant les rythmes de développement de la végétation naturelle de l'Asie Centrale soviétique on dégage trois phases écologiques de la période végétative: phase microthermique (relativement froide, humide), phase mésothermique (chaud, humide) et phase xéothermique (très chaude et sèche) [3, 12]. Dans la phase microthermique il y a une période très nette de l'«hiver véritable» lorsque la température de l'air est au-dessous du zéro. A l'heure actuelle, on considère qu'il y a 4 saisons climatiques

pour pâturages: hiver (froid, humide), printemps (chaud, humide), été (très chaud, sec), automne (chaud, humide).

Particularités des saisons climatiques
pour les pâturages désertiques de l'Asie
Centrale soviétique

Saison d'hiver froide et humide. Dans les conditions de la zone désertique de l'Asie Centrale soviétique

que et du Kazakhstan, la période d'hiver commence à partir du moment de passage stable de la température moyenne journalière par $+5^{\circ}\text{C}$ et se termine par la date où cette température est dépassée d'une façon stable. En général, au nord des déserts de l'Asie Centrale soviétique l'hiver commence à la première décennie du novembre, dans les régions centrales à mi-novembre et au sud vers la fin du novembre ou la première moitié du décembre. Cependant, les dates de l'abaissement stable de la température au-dessous de $+5^{\circ}\text{C}$ varient d'une année à l'autre dans les limites de $\pm 1,5$ mois.

La durée de l'hiver (aux températures inférieures à $+5^{\circ}\text{C}$) au sud de l'Asie Centrale soviétique n'est pas longue (20 à 30 jours), mais elle augmente au nord jusqu'à 130 à 145 jours (fig. 1). Durant les hivers les plus rudes, on observe une période de l'«hiver véritable», lorsque les températures moyennes journalières sont inférieures à 0°C et la végétation se trouve en état complet de repos. Les «hivers véritables» ne sont pas observés toutes les années. Leur durée au sud est de 10 à 15 jours et au nord de 105 à 127 jours.

Pendant les hivers doux, la période de l'«hiver véritable» est très courte et certaines années il est très difficile de la détecter pas suite de l'instabilité du régime thermique, des oscillations fréquentes des températures moyennes journalières de l'air. Dans ces conditions, l'air se chauffe durant la journée et dépasse $+5^{\circ}\text{C}$ ce qui rend plus vive l'activité des

plantes, alors que par les nuits sans nuages les températures baissent au-dessous de 0°C (à cause du rayonnement terrestre).

Par les années les plus chaudes, on observe les «hivers végétatifs» lorsque la période végétative des plantes ne s'arrête en fonction de la température que pour la durée de 10 jours au plus [1]. Sur le territoire des plaines de l'Asie Centrale soviétique la répétitivité des «hivers végétatifs» est variable. On a établi que l'isotherme de janvier $+4^{\circ}$ limite au nord le territoire sur lequel la plupart d'hivers sont végétatifs (sud-ouest de la Turkménie), l'isotherme $+2^{\circ}$ correspond à l'isoligne 80 % d'hivers végétatifs, l'isotherme 0° 60 %, l'isotherme -2° 37 %. L'isotherme de janvier -6° limite le territoire où l'on observe la prédominance des «hivers véritables» non végétatifs [2].

Les éphémères, les éphéméroïdes et certains buissons (espèces *Artemisia Kochia*, etc.) sont capables d'utiliser activement cette température de journée assez basse des mois d'hiver et sont très résistants aux froissements durant les baisses fortes ou durant les minimums des températures de nuit. La plus grande activité des plantes qui végètent en hiver est observée aux pentes plus chaudes exposées au sud du relief, mais même ici elles ne produisent pas une masse végétative importante : les plantes en hiver restent basses et clairsemées. Naturellement que la végétation d'hiver des plantes est possible seulement en cas de l'humidité dans le sol. En moyenne, durant la période d'hiver au nord des déserts asiatiques tom-

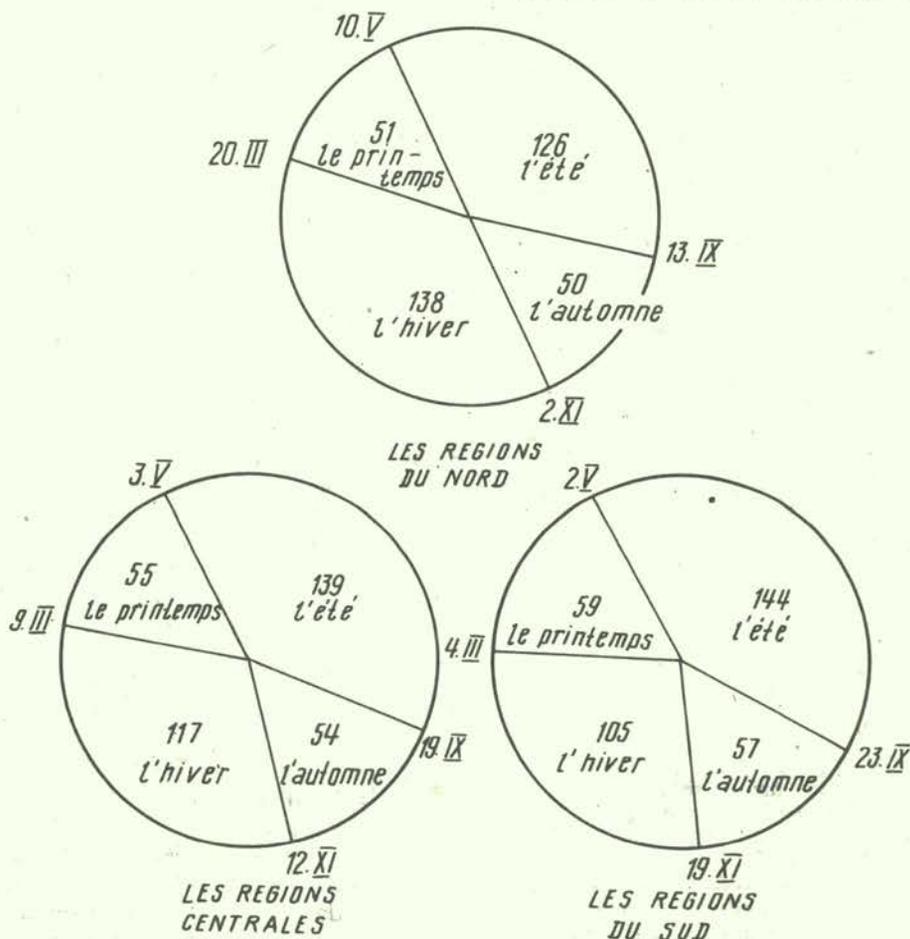


Fig. 1. Le diagramme de la durée (en jours) des saisons des pâtures climatiques sur le territoire du désert de Kyzyl-Koum

bent 20 % des précipitations par rapport à la norme de l'année; dans la partie centrale de 25 à 50 % et au sud de 30 à 40 %.

Le caractère d'humidification de la période d'hiver influence sensiblement la formation des réserves d'eau dans les niveaux de sol où se trouvent les racines parce que l'évaporation par la surface est très faible durant ces mois. Une partie de ces précipitations se perd par l'écoulement superficiel, l'évaporation, et une partie s'accumule dans les horizons souterrains. Le coefficient d'accumulation des précipitations d'hiver au Kazakhstan dans une couche de sables épaisse d'un mètre est égal à 0,77, pour les sols sablonneux ce coefficient est égal à 0,70 et pour les sols argileux à 0,62. [21]. Dans le désert Betpak-Dala ce coefficient pour les sols bruns sablonneux est égal en moyenne à 0,75 [6].

La comparaison des sommes des précipitations durant la période automne-hiver (à partir du 1^e octobre) jusqu'à la date du passage stable de la température moyenne de l'air par +5 °C dans le sens d'élévation (début du printemps) avec les réserves d'eau dans la couche de 0 à 50 cm dans le désert Kyzyl-Koum a permis d'établir une corrélation pour les différents types des sols (tableau 1).

L'utilisation de ces équations permet de parer à l'absence des données sur les réserves d'eau pour la date de début de la végétation.

La fin de l'hiver et, simultanément, le début du printemps, en moyenne, tombe au sud des déserts asiatiques sur le février-début mars; au nord de la zone sur la fin mars et même début avril (plateau Oustiourt).

Saison de printemps chaude et humide. L'élévation de la température moyenne journalière de l'air au-dessus de +5 °C, l'augmentation de la durée de la partie claire de la journée marquent le début de la période végétative printanière chaude. En général, le temps est instable par suite du développement intense de l'activité cyclonique: l'élévation notable de la température alterne aux brusques baisses de la température, parfois, on peut observer les chutes de la neige.

Les derniers gels de printemps au nord des déserts de l'Asie Centrale soviétique sont observés à mi-avril et au sud dans la première moitié du mars. On a établi une dépendance entre les dates moyennes des derniers gels printaniers sur les plaines de l'Asie Centrale soviétique et les dates moyennes de passage de la température moyenne journalière par +5 °C au printemps [2]:

$$y = 0,93x - 0,27; r = 0,93 \pm 0,01,$$

où x est la date moyenne du passage de la tempé-
rature

Tableau 1

Réserves d'eau productive dans le sol (y) au début du printemps en fonction de la somme des précipitations d'automne et d'hiver (x)

Type du sol	Equation de la régression	Coefficient corrélatif	Erreur de l'équation, mm
Sables de désert	$y = 0,531x - 3,0,7$	0,81±0,03	9,8
Brun-gris	$y = 0,427x + 1,42$	0,78±0,03	9,4

re moyenne journalière de +5 °C exprimée en nombre de jours à partir du 1^{er} février jusqu'à cette date moyenne (+5 °C);

y est la date moyenne la plus probable des derniers gels printaniers exprimée en nombre de jours à partir du 1^{er} mars jusqu'à cette date.

Les réserves d'eau dans le sol accumulées vers le début du printemps continuent à augmenter par suite des pluies printanières jusqu'au moment où l'élévation de la température de l'air et sa sécheresse de plus en plus prononcée n'entraînent un accroissement notable de l'évaporation de la surface à cause de la transpiration croissante de la végétation. L'accroissement rapide de la quantité de précipitations aux mois de printemps (simultanément avec l'élévation de la température) aide à former les courants d'eau descendants dans le sol, rend plus actifs les processus de formation de l'humus et de minéralisation des substances organiques dans le sol, le lavage des sols solubles et des substances organiques.

Les régions désertiques de l'Asie Centrale soviétique reçoivent la plus grande quantité de précipitations le printemps (février-mars-avril). Les premiers indices de la reprise de la végétation des plantes de pâturage peuvent apparaître, comme on l'a déjà dit, durant les hivers chauds; en ce cas, au printemps continue le développement des espèces dont la végétation a commencé.

Le régime thermique de la saison humide printanière (températures moyennes mensuelles: +13, +16 °C) aide au développement des plantes dans le désert. A la fin du mars, en avril le développement est le plus énergique et la plupart de plantes désertiques commencent à croître, apparaît une verdure fraîche sur les buissons et arbrisseaux, fleurissent la plupart des herbes et arbrisseaux.

La productivité essentielle de la végétation de pâturage se forme au printemps et sa quantité est due aux conditions thermiques et hydrométriques de cette période. A noter, le facteur principal est l'indice d'approvisionnement en eau des plantes qui peut être exprimé par la somme des précipitations par la période du décembre à l'avril, par l'indice d'approvisionnement en eau (AE) ou par les réserves d'eau productive dans l'horizon du sol où se disposent les racines. Les conditions des réserves d'eau sont plus importantes que le rôle de la température.

Comme un exemple, on va examiner les méthodes d'estimation d'approvisionnement en eau pour la période de printemps [17]. L'indice d'approvisionnement en eau (AE) est calculé à l'aide des valeurs suivantes:

$$AE = (B_p + O_s) / 0,5 \Sigma d,$$

où B_p est les réserves d'eau productive dans la couche du sol de 0 à 50 cm par décade de printemps où l'on constate un passage stable de la température de l'air par +5 °C (début de la végétation active des plantes);

O_s est la somme des précipitations durant la période de la végétation active des plantes (depuis la date de dépassement de la température +5 °C jusqu'à la date du passage stable des températures moyennes journalières de l'air par +20 °C);

$0,5 \Sigma d$ est la demi-somme des déficits moyens

1
journaliers de l'humidité de l'air pour la même période.

La demi-somme des déficits de l'humidité de l'air a un sens écologique: dans les années les plus abondantes les herbes éphémères consomment l'eau durant la période depuis la reprise de végétation jusqu'à la floraison en quantité $0,46\Sigma d$ (chiffre arrondi 0,5). Cette valeur peut être considérée comme un besoin relatif des herbes éphémères en eau.

En l'absence de données instrumentales sur les réserves d'eau dans le sol au début du printemps, on peut utiliser les coefficients d'accumulation des précipitations d'hiver dans le sol (en fonction des types différents) ou les équations de régression (cf. tableau 1). Il est établi que si $AE = 1,0$ les herbes éphémères sont complètement approvisionnées en eau; si $AE \geq 0,60$ les conditions d'approvisionnement en eau des plantes de pâturage sont considérées favorables; si $AE < 0,60$ les plantes ont besoin de l'eau et si $AE < 0,40$ les conditions pour la vie des herbes sont très mauvaises. La division agroclimatique par régions d'approvisionnement en eau durant le printemps dans la zone désertique de l'Asie Centrale soviétique est représentée sur la figure 2. La saison printanière chaude et humide dure dans les déserts de l'Asie Centrale et du Kazakhstan de 50 à 60 jours (cf. fig. 1).

A la fin de l'avril et, surtout, en mai la quantité de précipitation diminue sensiblement et la température de l'air augmente. Sous l'action des hautes températures, d'une plus grande sécheresse de l'air et de la transpiration de la végétation, les niveaux supérieurs du sol où se trouvent les racines perdent rapidement l'eau accessible. La période de végétation se termine avant tout pour les éphémères et éphéméroïdes dont le système de racines n'est pas profond. A l'arrivée des hautes températures de l'air et du sol, seules les plantes à racines puissantes continuent à se développer. Ce sont les buissons, arbrisseaux et certaines herbes vivaces qui ont le cycle de développement d'été.

Saison d'été très chaude et sèche. Le dépassement stable de la température moyenne journalière de 20°C correspond à la période où l'accroissement de la température de l'air ralentit, cessent pratiquement les précipitations, arrive le temps très chaud et sec caractéristique pour l'été de l'Asie Centrale soviétique. Dans les régions sud des déserts ceci a lieu à la fin de l'avril, dans celles nord au mois de mai. Dans cette période intermédiaire entre le printemps, et l'été, on observe la carbonisation massive des éphémères sur les pâturages désertiques. Il est établi que ce phénomène a lieu lorsque les réserves d'eau productive dans la couche de 0 à 20 cm sont inférieures à 4 mm, la température moyenne de l'air par décennie est de 20 à 22°C et le déficit moyen de l'humidité de l'air par décennie est égal ou supérieur à 19 mb. Leur carbonisation débute dans la décennie où l'on observe deux indices parmi les trois ci-indiqués. Le contrôle de la méthode d'estimation des conditions de carbonisation des éphémères dans Kyzyl-Koum a démontré sa véracité dans 93 %.

L'élévation ultérieure des températures moyennes journalières et l'assèchement des niveaux à racines du sol entraînent l'apparition de la période de repos d'été relatif de la plupart de plantes désertiques,

par exemple, de l'Artemisia. Dans cette période (fin mai, début juin) l'Artemisia commence la phase de formation des fleurs; les feuilles inférieures se séchent, les pousses deviennent plus dures. Il est établi que cette phase du développement de l'Artemisia commence dans les conditions xéothermiques plus rudes que celles de carbonisation des éphémères. Notamment: température moyenne de l'air par décennie égale ou supérieure à 24°C ; déficit moyen de l'humidité de l'air par décennie à 13 h est égal ou supérieur à 33 mb, réserves d'eau productive dans la couche de sol de 0 à 50 cm égales ou inférieures à 6 mm. Les pousses printanières cessent à croître dans le Kyzyl-Koum aux conditions suivantes: température moyenne de l'air par décennie égale ou supérieure à 26°C , déficit moyen de l'humidité de l'air par décennie à 13 h égal ou supérieur à 35 mb; réserves d'eau productive dans la couche de 0 à 50 cm égales ou inférieures à 6 mm.

La plus grande partie de la zone désertique de l'Asie Centrale soviétique reçoit en été de 1 à 10 mm de précipitations en moyenne ce qui correspond à 5 à 10 % de la norme annuelle. Avec des hautes températures moyennes journalières, surtout la journée, qui atteignent au mois de juillet 45 à 49°C la surchauffe des niveaux supérieurs du sol (la surface du sol dans le Kara-Koum se chauffe dans la journée jusqu'à 75 à 80°C), des rares pluies qu'on observe, en général, au nord des déserts diminuent encore les réserves d'eau pour les plantes à cause d'une haute évaporation par cette saison.

Dans ces conditions, les plantes au système de racines peu profond cessent leur période végétative et se mettent dans l'état de repos relatif d'été. Ainsi, la végétation de la zone aride a deux périodes de repos relatif: celle d'hiver par manque de chaleur et celle d'été par manque d'eau.

Si dans la première moitié de l'été on observe parfois les pluies et les orages de courte durée, la seconde moitié de l'été est caractérisée par un temps très chaud stable dû à la formation de l'air thermique dans la région de dépression thermique qui apparaît par suite de la surchauffe de la litière du désert et de l'air au-dessus de cette dernière. L'air très chaud et sec saturé par une fine poussière soulevée à l'altitude de quelques kilomètres par les tempêtes de sable rend encore plus défavorables les conditions de vie de la végétation et des animaux dans la zone aride. Les variations des températures maximales d'été dans la zone désertique sont faibles et sensiblement inférieures par rapport aux variations des températures minimales d'hiver.

Les sécheresses et les vents secs jouent un rôle particulier dans la vie des plantes. Dans l'ensemble de vents secs des facteurs hydrométéorologiques entrent [1, 23]: humidité relative ou déficit d'humidité, température de l'air, vitesse du vent et réserves d'eau dans les niveaux supérieurs du sol, ces facteurs agissant à un certain degré sur la transpiration des plantes. En Asie Centrale soviétique, l'estimation du degré de sécheresse en été peut se faire par déficit de l'humidité de l'air à 13 heures locales [1]:

- sécheresse faible de l'air: 50 à 60 mb;
- sécheresse moyenne de l'air: 60 à 70 mb;
- sécheresse forte de l'air: 70 à 80 mb;
- sécheresse très forte de l'air: plus de 80 mb.

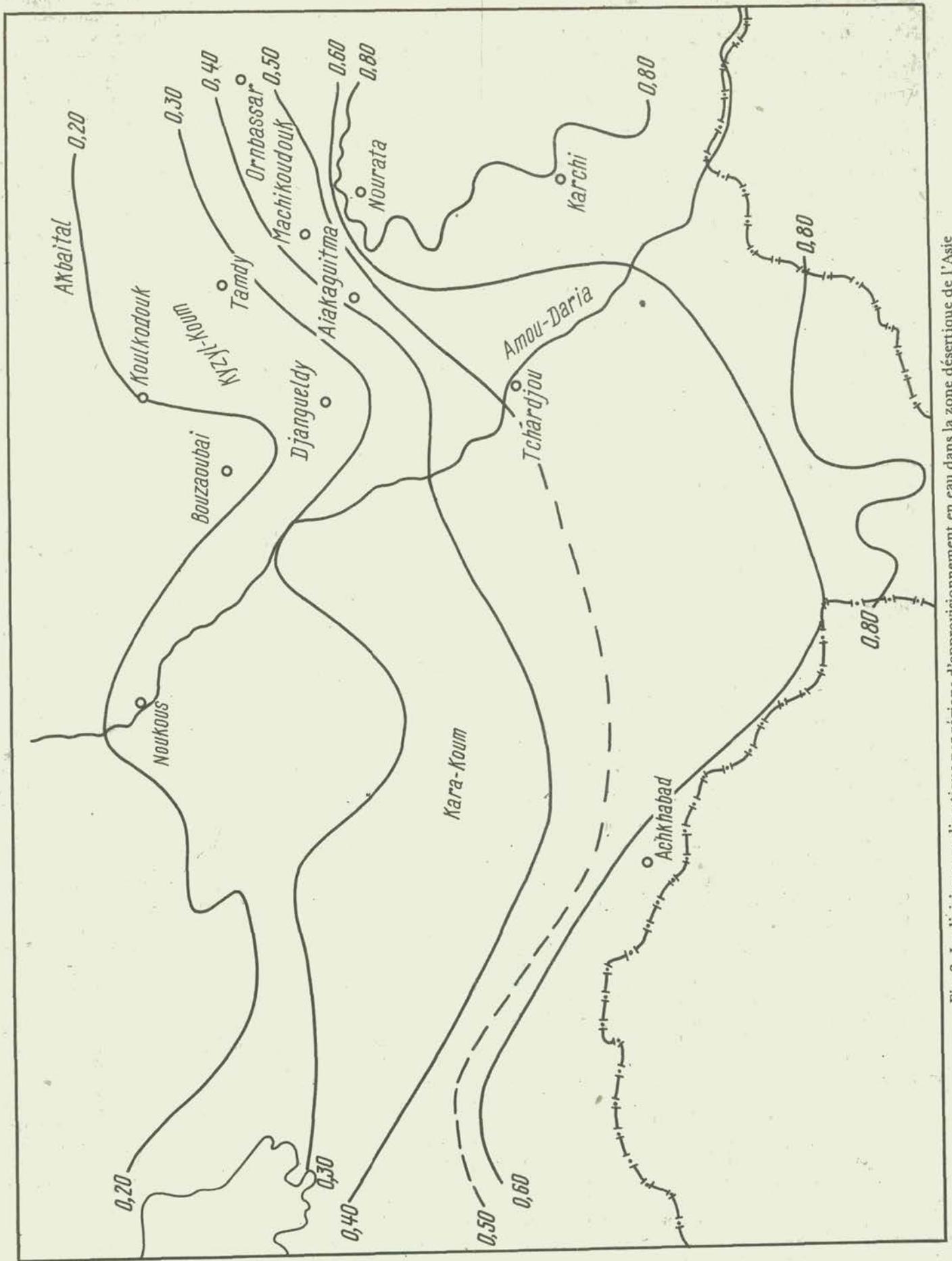


Fig. 2. La division agroclimatique par régions d'approvisionnement en eau dans la zone désertique de l'Asie Centrale

On observe une perte rapide de la turgescence dans les parties de surface des plantes, l'assèchement de leurs tissus; les feuilles, les organes fruitiers et même les jeunes passes se tordent et tombent. La répétitivité maximale des journées avec phénomènes de sécheresse est observée au mois de juillet. Le caractère de la litière influence fortement l'intensité et la répétitivité des phénomènes de sécheresse. L'agriculture à irrigation diminue sensiblement ces phénomènes dans la zone désertique. Par exemple, en Turkménie aux stations de désert Répétek et Outch Adji il y a, en moyenne, 63 à 72 journées à phénomènes de sécheresse, alors qu'à la station de Tchardjoü (vallée d'Amou-Daria) il n'y en a que 16.

La durée de l'été varie de 120 jours au nord jusqu'à 160 jours au sud et au sud-ouest de la zone désertique.

Saison d'automne. L'indice agroclimatique du début de l'automne est le passage stable de la température moyenne journalière par 20 °C dans le sens de la baisse. Ce passage de la température survient, en général, dans la seconde moitié du septembre et à l'extrême sud au début de l'octobre. Pourtant, la première moitié de l'automne se diffère de l'été seulement par la baisse de la température de l'air, du sol et la moindre durée de la partie claire de la journée. Dans le désert, il n'y a pas de précipitations, le sol est surséché par la chaleur d'été, les herbes ont un aspect de plantes mortes. La baisse des températures moyennes journalières agit d'une façon favorable sur les *Artemisia* et les arbrisseaux de la famille *Chenopodiaceae*, plusieurs espèces d'*Artemisia* entrent dans la phase de floraison, commence une croissance rapide des péricarps (keyfruits) de l'*Haloxylon persicum*, *Salsola richteri*, *S. arbuscula*, etc.

En octobre, l'été, en général, prend fin. Recommence l'activité cyclonique, tombent des pluies en créant progressivement les réserves d'eau dans le sol. Parfois, l'automne sec sans pluies peut durer jusqu'au novembre.

Les pluies automnales, la baisse des températures de l'air (jusqu'à 5 °C) et l'humidité croissante de l'air favorisent l'humidification du sol et la reprise automnale de la végétation des herbes. Certaines années, une faible quantité de précipitations n'assure pas la reprise de la période végétative des plantes, soit les précipitations abondantes coïncident avec les basses températures de l'air et du sol.

En fonction du temps d'une année concrète le début de la reprise automnale de la période végétative peut varier du début de l'octobre jusqu'au décembre. La durée de la saison humide d'automne est définie par le début des premières pluies automnales qui créent les réserves d'eau productive de 4 à 5 mm dans la couche de sol de 0 à 20 cm et le moment de la baisse de la température de l'air au-dessous de 5 °C. La durée de cette période est également variable et change d'une année à l'autre, comme son début. Dans les régions centrales des Kara-Koum l'automne humide ne dure que quelques jours, alors qu'aux frontières des déserts asiatiques, dans la zone des piedmonts et des soulèvements orographiques cette période dure 40 à 50 jours ce qui s'explique par le régime des précipitations [2].

Dans les conditions des plaines de Kazakhstan, on a établi que le début de la reprise automnale de la période végétative de la végétation de pâturage est observé dans la décade où la température de l'air n'est pas inférieure à 5 °C et les réserves d'eau productive dans la couche de 0 à 20 cm des sols argileux sont égales ou supérieures à 10 mm [21]. Le nombre de ces décades humides et chaudes définit le degré des conditions climatiques favorables pour le début de la végétation automnale des herbes dans les pâturages. Pour les sols de sable et sablonneux l'indice de la décade humide sont les réserves d'eau productive non inférieures à 4 ou 5 mm dans la couche de 0 à 20 cm et égales ou supérieures à 8 – 10 mm dans la couche de 0,5 m [4].

Après les pluies automnales abondantes, en général, dans une ou deux semaines, en fonction des températures, les paysages morts du désert d'été se couvrent de fraîche verdure. Commence la période végétative active pour les multiples espèces d'éphémères et d'éphéméroïdes (*Poa bulbosa*, *Carex physodes*, *C. paphystulis*), les espèces de *Bromus* et d'*Eremopyrum*, les représentants des familles *Cruciferae*, *Leguminosae*, etc. Le caractère instable du temps en automne provoque une croissance irrégulière et une végétation discontinue des plantes. Sur la plupart du territoire des Kara-Koum et Kyzyl-Koum, l'automne humide n'est observé que 20 à 45 % d'années, alors que dans la périphérie sud des déserts sa répétitivité est 70 à 90 % d'années et au nord 10 à 15 %. La saison automnale se termine lorsqu'il y a une baisse stable des températures moyennes journalières de l'air au-dessous de 5 °C (novembre). La durée de la période d'automne varie, en général, de 50 à 55 jours au nord du désert jusqu'à 70 à 75 jours au Sud.

La pratique de subdivision en saisons climatiques de pâturage suivant les dates de calendrier établies pour une année moyenne entraîne des graves erreurs par suite du temps instable et d'un haut degré d'oscillations des délais de saisons. Les saisons dégagées d'après les indices agroclimatiques ci-indiqués permettent de déterminer correctement leurs début et fin pour chaque année concrète. Comme la durée des saisons définit quelque peu la capacité des pâturages, la détermination précise des frontières dans le temps des saisons revêt une grande importance économique.

Principaux cycles de développement des plantes des pâturages désertiques

La période végétative de la plante comprend plusieurs étapes de développement dont l'ensemble est le cycle de développement.

On a dégagé 8 formes de vie principales des plantes [19] dont les cycles de développement sont en liaison avec les conditions météorologiques durant l'année, avec les particularités de l'endroit d'existence et avec les particularités de la structure morphologique des plantes.

Dans le tableau 2 sont présentées les périodes végétatives (cycles de développement) des formes de vie principales.

Durée de la période végétative des différents types de formes de vie

Forme de vie	Toute l'année (HPEA)		Hiver - printemps (HP)		Printemps (P)		Printemps - premiers jours d'été (PE)		Printemps - été (PE)		Printemps - été - automne (PEA)		Total	
	Q-té	%	Q-té	%	Q-té	%	Q-té	%	Q-té	%	Q-té	%	Q-té	%
Arbres	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,4	4	1,4	5	1,8
Arbrisseaux	2	0,7	—	—	—	—	3	1,1	10	3,6	13	4,7	28	10,1
Petits arbrisseaux	1	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,1	4	1,4
Buissons	1	0,4	—	—	—	—	—	2,2	4	1,4	3	1,1	14	5,1
Petits buissons	10	3,6	—	—	—	—	—	—	7	2,5	8	2,9	25	9,0
Herbes vivaces	—	—	14	5,1	25	9,0	—	—	12	4,3	9	3,2	60	21,6
Herbes bi-annuelles	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,4	1	0,4	2	0,8
Herbes annuelles	—	—	80	28,8	—	—	31	11,2	15	5,4	13	4,7	139	50,2
Au total	14	5,1	94	33,9	25	9,0	40	14,5	50	18,0	54	19,5	277	100

Note: H - hiver; P - printemps; E - été; A - automne.

Vue les particularités ci-indiquées des saisons climatiques de pâturage, les cycles de développement des plantes sont caractérisés plus complètement du point de vue agroclimatique. Près de 5 % d'espèces des plantes de Kara-Koum ont un cycle de développement de toute l'année (par exemple, arbrisseau vert *Ephedra strobilacea*); la plupart d'espèces sont représentées par les herbes éphémères annuelles (34 %) à cycle de développement hiver-printemps; 9 % des plantes n'ont que le cycle de printemps (éphéméroïdes vivaces); le cycle printemps-premiers jours d'été est caractéristique pour quelques espèces d'arbrisseaux et de buissons (par exemple, *Astragalus villosissimus*) et la plupart d'herbes annuelles. En tout, ce cycle de développement est propre à 15 % d'espèces. Le cycle de développement printemps-été est caractéristique pour presque toutes les formes de vie des plantes (18 % d'espèces) de Kara-Koum. A peu près la même quantité des plantes (19 %) ont le cycle de développement printemps-été-automne.

Changements saisonniers et annuels de la végétation des pâturages

Compte tenu des particularités de répartition des précipitations et du régime thermique les pâturages désertiques de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan sont utilisés en fonction du type (composition botanique), du degré de mangeabilité des plantes, de leur nutritivité, des réserves d'eau et des autres problèmes économique-organisationnels. Les études des pâturages réalisées aux postes stationnaires de l'Institut des déserts de l'Académie des Sciences de Turkménie à Kara-Koum et de l'Institut de botanique de l'Académie des Sciences d'Ouzbékistan à Kyzyl-Koum, ainsi que les travaux entrepris par les organismes du Service hydrométéorologique des républiques de l'Asie Centrale soviétique et du Kazakhstan ont permis de trouver les lois du développement, de la croissance et de la formation de la masse verte dans les différents types des pâturages et pour les plantes isolées qui forment ces types en fonction des conditions climatiques.

Une liaison étroite des rythmes de développement des plantes de pâturage avec les conditions agrométéorologiques est bien évidente lorsqu'on étudie la

dynamique (des cycles) de développement des plantes de pâturage principales. Durant la période végétative, les plantes ont toutes les phases saisonnières du développement dont les particularités morphologiques et les délais de développement dans les déserts asiatiques sont décrits dans une littérature scientifique-méthodique spéciale [7, 8, 11, 15].

Il est établi que les délais de début de la période végétative déterminent, en général, la valeur de la récolte finale des herbes. Ainsi, au sud du Turkménie (plateau Badhyz) les grandes récoltes des herbes (0,5 à 0,6 t/hectare) se forment dans les années où la période de végétation commence l'automne (ou l'hiver) de l'année précédente. Si la période végétative commence le printemps, la récolte des herbes à Badhyz atteint seulement 0,35 t/hectare [18]. Egalement, varie sensiblement la durée de l'état vert des herbes ce qui est très important pour l'état et l'engraissement du bétail. A la reprise de la période végétative à Badhyz à partir de l'automne, la durée de l'état vert des herbes est de 157 à 205 jours, si cette période débute le printemps la durée est de 70 jours [18].

L'assèchement massif des herbes à la fin du printemps ou au début de l'été détermine le délai de passage du bétail au fourrage plus sec, dur et moins nutritif.

Dans les régions centrales et nord de Kyzyl-Koum, comme on l'a déjà dit, la reprise automnale de la période végétative est observée seulement de 10 à 15 % des années, c'est pourquoi la durée de l'état vert des herbes n'est liée qu'avec le printemps chaud et humide et est égale, en moyenne, à 62 à 68 jours au nord, à 71 à 74 jours dans le Kyzyl-Koum Central, à 74 à 83 jours au sud et sud-est de ce désert. Cette durée varie chaque année dans de larges limites en fonction de la chaleur et de l'humidité du printemps. Par exemple, au nord de 43 à 92 jours, au sud du désert de 37 à 121 jours.

Les conditions climatiques ont une influence décisive sur la variation des phytocénoses d'herbes qui sont, en général, hétérogènes et se composent de plantes qui se rapportent aux formes biologiques différentes. Ainsi, dans les années sèches les herbes des pâturages à *Haloxylon* et à *Carex physodes* contiennent sur les sables de 68 à 96 % de *Carex physodes*, alors que dans les années humides de 40 à 50 % [14]. Une telle résistance de *Carex* aux condi-

Influence de la période hiver-printemps sur la floraison et la fructification des éphéméroïdes-monocarpes

Hiver: nombre de jours avec la température minimale de l'air inférieure à -10°	Printemps: somme des précipitations pour mars-avril, mm	Niveau de floraison-fructification des éphéméroïdes
15 et plus 10 à 15 moins de 10	100 et plus 60 à 100 moins que 60	massif moyen plantes isolées ou absence totale

tions défavorables est expliquée par un système de racines puissant qui utilise les faibles précipitations inaccessibles pour les graines et les pousses des herbes éphémères et graminées.

Aux années humides (plus de 130 mm de précipitations) les conditions favorables se créent pour « desert sedge, grasses and mixed herbs ».

On connaît depuis longtemps que les températures négatives de l'hiver influent sur la périodicité de la floraison et de la fructification des éphéméroïdes désertiques au printemps. Il est établi que la périodicité de la floraison (de la fructification) de ces plantes dépend des conditions agrométéorologiques: régime thermique de l'hiver et de la quantité de l'eau le printemps. Dans le tableau 3 il est montré comment la période hiver-printemps favorable agit sur la floraison et la fructification des éphéméroïdes-monocarpes suivant les critères élaborés pour le sud de la Turkménie (Badhyz, Karabil) [17].

Ainsi, les différentes combinaisons des conditions thermiques de l'hiver et de l'humidité du printemps déterminent le degré favorable du temps pour l'entrée de ces monocarpes dans la période reproductive. Si un des facteurs ne dépasse pas les valeurs moyennes, les plantes ne florissent pas et continuent à végéter jusqu'aux « meilleurs temps ».

Aux années différentes par la quantité d'eau la hauteur des herbes et la longueur des jeunes pousses (accroissement annuel) des arbrisseaux et buissons varient sensiblement. Par exemple, *Bromus tectorum*: de 3 à 5 jusqu'à 40 cm; *Poa bulbosa*: de 8 à 10 jusqu'à 40 à 45 cm; *Carex physodes*: de 5 à 7 jusqu'à 35 cm; *Artemisia terrae-albae*: de 6 à 7 jusqu'à 35 à 45 cm; *Calligonum*: de 3 jusqu'à 40 cm; *Haloxylon appyllum*: de 3 à 5 jusqu'à 28 à 30 cm.

La quantité de la phytomasse produite par une association végétative est déterminée par les particularités morphologiques des plantes composantes et les conditions écologiques de l'environnement. Ainsi, aux conditions climatiques identiques, la productivité de la masse aérienne de l'association à *Haloxylon persicum* sur les sables est de 2,09 t/hectare, alors qu'une association végétative sur les sols takyroïdes produit 3,25 t/hectare [20]. On connaît également que la production de la végétation naturelle de pâturage est en dépendance directe du temps, les autres conditions étant les mêmes. La dynamique de la production des plantes de pâturage par saisons de l'année est liée au cycle biologique de leur développement [13]. Par exemple, les arbrisseaux *Calligonum* dif. sp. ont le maximum d'accumulation de l'accroissement annuel (100 %) dans la période entre mi-avril et mi-juin, ensuite, vient la diminution (jusqu'à 20 à 30 %) en septembre; pour *Haloxylon persicum*, *H. aphyllum*, *Aellenia subaphylla*, *Salsola richteri*: maximum

au juin-août, diminution vers le décembre jusqu'à 70 % de l'accroissement annuel; buissons *Astragalus* dif. sp.: maximum en avril-mai, diminution jusqu'à 60 % en juillet, jusqu'à 10 % en novembre; *Artemisia* dif. sp.: maximum en mai-juin (100 %), diminution jusqu'à 75 % en juillet-août-début septembre, retour à 100 % depuis mi-septembre jusqu'à mi-novembre par suite des phases de floraison et de fructification, la diminution progressive durant la période d'hiver.

La production des mêmes plantes d'une année à l'autre varie également très fortement. Les différentes combinaisons de conditions d'humidité et de régime thermique durant la période végétative ou un temps défavorable dans les délais critiques dans la vie des plantes provoquent les changements de l'apport de « masse » des différentes formes à l'accroissement annuel de la phytomasse de toute l'association. D'après les résultats d'observation en stationnaire [16] la production de la masse végétale des *Salsola* annuels varie de 2 à 520 % par rapport à l'année moyenne (quant aux conditions climatiques favorables) (100 %); la production des annual grasses dans les associations à *Haloxylon persicum* de Kara-Koum Central est de 15 à 260 %; de grands arbrisseaux dans les associations à *Haloxylon persicum* communiques de 50 à 170 %; des *Artemisia* — *Salsola gemmascens* ranges de 19 à 260 %; des éphémères de 38 à 234 %.

D'après les données de plusieurs années sur la détermination des réserves fourragères aux pâturages de Kyzyl-Koum par la méthode de photographie aérienne, la production de la végétation aux grandes surfaces et pour le territoire varie d'une année à l'autre (tableau 4).

On a déjà dit que les oscillations de la production de la végétation de pâturage dépendent des conditions agrométéorologiques existantes. Pour illustrer cette thèse, nous présentons le tableau 5, qui montre comment la production dépend des différents paramètres météorologiques et agrométéorologiques.

Tableau 4

Variations de la production de la végétation de pâturage de Kyzyl-Koum

Région	Année de contrôle de la production, t/hectare											moyenne
	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	
Nord	0,16	0,26	0,20	0,18	0,20	0,15	0,11	0,16	0,25	0,23	0,15	0,19
Centrale	0,15	0,17	0,12	0,09	0,25	0,06	0,06	0,10	0,15	0,11	0,07	0,12
Sud-est	0,52	0,32	0,35	0,35	0,30	0,46	0,31	0,28	—	0,35	—	0,36

Liaisons empiriques de la production de la phytomasse des différents types des pâturages avec paramètres météorologiques et agrométéorologiques (conditions)

Région géographique	Type des pâturages	Equations	r, R	W _u , t/hectare	Approvisionnement, %
Kara-Koum Central	Haloxylon persicum-Carex physodes	$u=0,001m+0,0002y+0,28$	0,63±0,13	±0,05	89
		$u=0,002n+0,0055+0,00001y-0,01$	0,90±0,05	±0,03	83
		$u=0,0016n-0,0002m+0,00002y+0,02$	0,91±0,5	±0,02	100
		$u=0,0018m+0,00036y-0,067$	0,83±0,038	±0,057	—
Kara-Koum sud-est	Ephemereta-Artemisietum	$u=0,0016m+0,0002y-0,0153z+u+0,017$	0,87	—	—
		$u=1,501-0,17$	0,86	±0,06	—
		$u=0,002m+0,0001y+0,1003$	0,74±0,09	±0,18	70
		$u=0,003n+0,004m+0,00002y+0,128$	0,78±0,1	±0,18	75
Sud du lac Balkhach	Ephemereta-Artemisietum	$u=0,0032x+0,00004y+0,1287$	0,88±0,05	±0,097	—
		$u=0,0046x+0,0237$	0,82±0,07	±0,116	—
		$u=0,074m+0,97$	0,87±0,05	—	87
		$u=0,067m+2,31$	0,75±0,07	—	80
Nord de la mer d'Aral Kazakhstan Central	Fruticeta-Artemisietum Ephemereta-Artemisietum	$u=0,062Q+1,848$	-0,91±0,03	±0,081	80
		$u=0,012m-0,484$	0,77±0,06	±0,04	—
RSA Kalmyk (Tchernyzemli)	Ephemereta-Artemisietum	$u=0,019x+0,025$	0,96±0,02	±0,06	—
Kyzyl-Koum	Haloxylon persicum-Carex physodes, Ephemereta-Artemisietum	$u=0,0017m+0,00035$	0,82±0,02	±0,05	80

Note: u — production de la végétation de pâturage, t/hectare; m — somme des précipitations; n — profondeur d'humidification du sol; l — coefficient d'humidification; x — réserves d'eau productive dans le niveau du sol où se trouvent les racines; y — somme des températures positives; z — déficit de l'humidité de l'air; Q — heures ensoleillées en octobre de l'année précédente.

BIBLIOGRAPHIE

- Babouchkin L.N. Climat de l'Ouzbékistan. Tachkent, Ed. de l'Académie des Sciences de la RSS d'Ouzbékiste, 1953.
- Babouchkin L.N. Description agroclimatique de l'Asie Centrale soviétique. Rec. «Ouvrages scientifiques de l'Université d'Etat de Tachkent», fasc. 236, Tachkent, 1964.
- Babouchkin L.N., Korovin E.P. Sur la division en régions de la zone de production du coton en Asie Centrale soviétique. Ed. de l'Académie des Sciences de la RSS d'Ouzbékiste, n° 1, 1947.
- Balachova E.N., Sabinina I.G., Semenova O.A. Description climatique de Kyzyl-Koum. Rec. des travaux de l'Observatoire hydrométéorologique de Tachkent, fasc. 1, 1961.
- Bédarev S.A. Agrométéorologie et économie des prës et pâturages. L. Gidrometeoizdat, 1979.
- Beloborodova G.G. Conditions agrométéorologiques de formation de la récolte de la végétation de pâturage aux déserts types de nord à Kazakhstan. KazNIGMI, fasc. 21, 1964.
- Greengoff I.G. Zone désertique. Dans le livre «Méthodes d'observations phénologiques aux études botaniques». «Naouka» M.—L., 1960
- Greengoff I.G. Mémento méthodique pour observations phénologiques. L. Gidrometeoizdat, fasc. 1, 1962.
- Greengoff I.G. Plantes de pâturage à Kyzyl-Koum et temps. Tr. SARNIGMI, fasc. 34 (49), 1967.
- Greengoff I.G., Reizvikh O.N. Particularités agroclimatiques de Kyzyl-Koum et productivité des pâturages désertiques. Tr. SARNIGMI, fasc. 40 (121), 1977.
- Instruction sur la réalisation des observations agrométéorologiques et zoométéorologiques dans les régions d'élevage du bétail aux pâturages. L. Gidrometeoizdat, 1978.
- Korovin E.P., Rosanov A.N. Sols et végétation de l'Asie Centrale soviétique en tant que force productive naturelle. Tr. SAGU, sér. XIIa géogr., fasc. 17, 1937.
- Nétchayeva N.T. Dynamique de la végétation de pâturage à Kara-Koum sous l'influence des conditions météorologiques. Achkhabad. Ed. de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. 1958.
- Nétchayeva N.T., Bachkatova A.N. Dynamique du développement de Carex physodes à Kara-Koum. Achkhabad. Ed. de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. n° 1, 1956.
- Nétchayeva N.T., Nikolaeva I.G. Plantes principales de pâturage à Turkménistan. Achkhabad. Ed. de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, 1956.

16. *Nétchayéva N.T., Antonova K.G.* et autres. Productivité de la végétation à Kara-Koum Central en fonction des différents régimes d'utilisation. «Naouka», M., 1979.
17. *Nétchayéva N.T., Fedossiev A.P.* Influence des conditions météorologiques sur la périodicité de floraison et de fructification des éphéméroïdes désertiques. Inf. de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. Série biologique, n° 4, 1960.
18. *Nétchayéva N.T., Prikhodko S.Ja., Chouravin K.F.* Formation de la récolte sur les pâturages à graminées et à Carex des piedmonts de l'Asie Centrale soviétique en fonction des conditions météorologiques (sur l'exemple de Badhyz de la RSS de Turkménie). Achkhabad, «Ylym», 1971.
19. *Nétchayéva N.T., Vasylevskaja V.K., Antonova K.G.* Formes des plantes du désert Kara-Koum. M., «Naouka», 1973.
20. Végétation à Kara-Koum Central et sa productivité. Sous la rédaction de Nétchayéva N.T. Achkhabad, «Ylym», 1970.
21. *Fédossiev A.P.* Estimation agroclimatique des conditions de croissance de la végétation aux pâturages de Kazakhstan. Tr. KazNIGMI, fasc. 4, 1955.
22. *Fédossiev A.P.* Climat et herbes de pâturage du Kazakhstan. L. Gidrometeoizdat, 1964.
23. *Tsoubertiller E.A.* Caractéristique agroclimatique des vents secs. L., 1959.

EFFET EDIFICATEUR DES PLANTATIONS PHYTO-AMÉLIORANTES SUR LES PATURAGES

Par

A.P. Fédossiev.

Docteur en géographie, chef du secteur à l'Institut national de recherches de la météorologie agricole (Obninsk)

I.G. Greenhoff.

Licencié en biologie, directeur de l'Institut national de recherches de la météorologie agricole (Obninsk)

M. Nourberdyev.

Licencié en agriculture, chargé de recherches à l'Institut des déserts de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie

La phyto-amélioration des groupements végétaux pauvres est une technique de pointe de mise en culture des territoires arides. L'expérience accumulée par l'Union Soviétique en matière de phyto-amélioration des pâturages de désert à Kara-Koum, Kyzyl-Koum et d'autres régions est de notoriété générale. Les travaux de phyto-amélioration ont ceci de particulier qu'ils s'effectuent conformément aux recommandations scientifiques concernant la création des phytocénoses artificielles assurant des récoltes stables et élevées de masse végétale et favorisant la croissance d'une grande diversité de formes biologiques des plantes de désert.

On sait, par ailleurs, que les travaux de bonification permettent d'accroître de 2 à 3 fois, en moyenne, le rendement en phytomasse des plantes de désert. La productivité accrue du tapis végétal accentue l'effet transformateur de la végétation et entraîne, en conséquence, une série de modifications des régimes géophysique et géochimique des biocénoses.

L'aménagement des phytocénoses artificielles sur de grandes surfaces est lié à la destruction du tapis végétal appauvri, à la modification de l'état du sol et à la croissance des plantes améliorantes, infléchit considérablement le climat au contact de l'air et du sol.

Le climat de la couche atmosphérique au contact du sol et des sols, la couverture végétale et la faune forment une association naturelle assez dynamique. La variabilité des conditions microclimatiques détermine non seulement les disparités de croissance et de productivité des plantes mais encore le caractère hétérogène du sol et du tapis végétal. A son tour, la structure de chaque groupement végétal et de ses éléments constitutifs affecte directement le microclimat du milieu.

L'étude des particularités du microclimat permet d'utiliser correctement les régularités de répartition spatiale des éléments climatiques, de préciser les besoins des plantes en chaleur et humidité et de procéder finalement à la phyto-amélioration des pâturages.

Nous allons, donc, considérer, ci-dessous, quelques différences de paramètres météorologiques des groupements et sites désertiques naturels et artificiels sur la base des données recueillies par les expéditions du Comité d'Etat à la météorologie, de l'Institut des déserts de l'Académie des sciences de la RSS de Turkménie, de l'Institut de morphologie évolutive et d'écologie des animaux de l'Académie des Sciences de l'URSS pour ne citer que ceux-ci.

Lors de l'aménagement des plantations d'arbres et d'arbrisseaux les particularités des conditions micro-climatiques tiennent dans une grande mesure à la perméabilité des couronnes à la radiation solaire.

Les observations effectuées sur les différents sites naturels d'Asie Centrale ont permis de tirer au clair les spécificités du bilan des radiations et thermique des plantations (B.Aizenshtat [1, 2, 3], A.Skvortsov [12], S.Sapojnikova [11], M.Zouev [1], N.Orlovsky et Z.Outina [10], P.Gounine et V.Dedkov [6], M.Nourberdyev [9], K.Artykov [4] et d'autres).

D'après B.Aizenshtat [2] la partie supérieure de la couronne d'Haloxyton aphyllum reçoit dans la journée 4 à 5 fois plus de chaleur que la partie inférieure. La nuit la partie supérieure de la couronne perd 3-3,5 fois plus de chaleur par rayonnement que la partie inférieure. P.Gounine et V.Dedkov [6] ont établi que la radiation solaire totale que reçoivent les diverses parties de la couronne des plantes de désert au Kara-Koum Oriental variait de 152 cal/cm² sous la couronne à 650 cal/cm² au-dessus de la couronne cependant que la radiation réfléchie allait de 38 cal/cm² sous la couronne à 176 cal/cm² par jour dans l'intervalle des couronnes. La grandeur du bilan des rayonnements dans la couronne et sous la couronne des plantes atteignait respectivement 109 et 92 cal/cm² par jour contre 266 cal/cm² par jour dans l'intervalle des couronnes.

Les mêmes auteurs ont démontré que l'intensité de la radiation diminuait allant de la périphérie au tronc. Ainsi, les valeurs du bilan des radiations en périphérie de la couronne d'Haloxyton sont 1,6 fois inférieures à celles mesurées dans l'intervalle des couronnes et diminuent de 4 fois au voisinage du tronc. La nuit ces différences sont moins prononcées. Par conséquent, la radiation totale sous la couronne (parties périphériques) est 1,9 fois inférieure à celle mesurée dans l'intervalle des couronnes et 3 à 5 fois inférieure au voisinage du tronc. La radiation réfléchie sous la couronne est 10 fois moins élevée que dans l'intervalle des couronnes. A midi, la périphérie de la couronne arrête 68 % de la radiation solaire directe (83 à 90 % au voisinage du tronc).

Haloxyton aphyllum arrête jusqu'à 40-83 % de la radiation totale que reçoit la partie supérieure de la couronne. L'ass. Haloxyton persicum sur les sables à mamelons en arrête 56-60 %. Ce chiffre peut aller jusqu'à 70 % dans le cas d'Ephedra strobilacea. Certaines plantes du Kara-Koum Central arrêtent la radiation totale dans une large gamme de 50 à 95 %.

Selon les données expérimentales [9] l'ombrage maximal formé par Calligonum est signalé en mai; il diminue brutalement à partir du moment de chute des branches. Les petits arbrisseaux de Calligonum

arrêtent 50 à 57 % de radiation directe (70-74 et environ 80 % pour les arbrisseaux de moyenne et de grande taille).

Dans l'ensemble, les plantations Ammodendron-Calligonum-Aristida-Agropyron présentant une faible couverture projective et suivant l'architectonique et la densité des plantes la couverture végétale sont susceptibles d'arrêter 2 % tout au plus de radiation solaire que reçoit la partie supérieure des couronnes. Ainsi, l'ass.Haloxyton persicum - Carex physodes en arrête jusqu'à 8 % et l'association Haloxyton aphyllum - Carex physodes présentant la plus grande couverture projective peut intercepter jusqu'à 24 % de radiation [6].

Les disparités de radiation sous les couronnes déterminent les différences de température et d'humidité de l'air et du sol. Ainsi, pendant le jour la température de la surface du sol sous les couronnes (parties périphériques) est de 9 à 13°C inférieure par rapport à l'intervalle des couronnes alors qu'au voisinage du tronc ces variations peuvent atteindre 30°C. La nuit, la température sous les couronnes augmente de 0,1 à 4°C. La température du sol sous les plantes est moins élevée que sur les terrains dégagés (tableau 1).

Les variations journalières de températures à la surface du sol diminue de 25 à 30°C par rapport à l'intervalle des couronnes.

La température de l'air à l'intérieur des plantations fait, également, apparaître une légère diminution par rapport aux surfaces dégagées, mais elle peut s'élever à certaines heures sous l'action des chutes de vent et du brassage de la couche d'air au contact du sol.

D'après K.Artykov [4] la température de l'air à l'intérieur des plantations est de 2,0 à 2,5°C moins élevée que sur le terrain dégagé (pendant la nuit et aux heures matinales). Vers midi la température à l'intérieur des plantations est de 0,5 à 1,5°C supérieure à celle mesurée sur les terrains dégagés. La température s'égalise à la tombée de la nuit.

Les plantations forestières diminuent considérablement la vitesse du vent. De 9 à 10 m/sec à la hauteur de 2 m sur un terrain dégagé elle baisse jusqu'à 5-6 m/sec dans les plantations d'Haloxyton et jusqu'à 2-3 m/sec dans les bosquets de cultures fruitières mûres. A faibles vitesses du vent sur les terrains dégagés du Kara-Koum Central il se produit une réduction de 2 fois à la hauteur de 2 m à l'intérieur des bandes d'Haloxyton contre 2-5 et 2-8 fois à la hauteur de 0,5 et 0,1 m [5].

D'autre part, les différences d'humidité relative de l'air sous les couronnes et dans l'intervalle de celles-ci mesurée dans la journée sont très faibles. Dans

Tableau 1

Les différences de températures journalières moyennes du sol et de l'air dans les plantations d'Haloxyton en comparaison du terrain dégagé. Kara-Koum Central, printemps-été (1975-1976) (d'après M.Nourberdiyev.)

Différences de températures du sol (C°) suivant la profondeur (cm)					Différences de températures de l'air (C°) suivant l'altitude (cm)		
0	5	10	15	20	10	50	200
-4,0	-2,4	-2,1	-2,7	-1,7	-0,3	+0,7	-0,1

certain cas, l'humidité peut accuser une croissance de 2-3 % sous les couronnes d'Haloxylon. La nuit, les valeurs d'humidité relative dans l'intervalle des couronnes sont, généralement, plus élevées que sous les couronnes et peuvent atteindre jusqu'à 21 % [6].

Les plantations à arbres et arbrisseaux exercent une influence considérable sur la redistribution des précipitations. Les plantes arrêtent 10 à 55 % des précipitations suivant la structure et la phase de développement. Le ruissellement le long des troncs constitue de 1 à 25 %.

D'après nos observations effectuées entre 1972 et 1975, les arbrisseaux et les semi-arbrisseaux arrêtent 8 à 15 % du total des précipitations annuelles (v. tableau 2).

D'après les données des recherches [6], l'étage des arbres et des arbrisseaux de l'association Calligonum sp.sp.+Ammodendron conollyi+Aristida pennata (Répéték) arrête au total, pas plus de 2,2 % des précipitations auxquelles il faut ajouter 0,2 % qui pénètrent dans le sol par ruissellement le long des troncs et des branches.

Tableau 2

Rétention des précipitations par les arbrisseaux et semi-arbrisseaux au Kara-Koum

Indices	Terrain dégagé	Sous Artemisia	Sous Calligonum	Sous Salsola gemmascens et Salsola sclerantha
Précipitations annuelles (mm)	155	143	139	132
Rétention par les couronnes (mm)	0	-12	-16	-23

Dans l'association Haloxylon persicum les couronnes arrêtent 2,3 à 4,1 % des précipitations, plus 0,6-1,2 % sous forme de ruissellement. Dans celle d'Haloxylon aphyllum les données correspondantes constituent 11-12 et 5 à 6 %.

Le vent joue un grand rôle dans la redistribution des précipitations. Les parties au vent des plantations arrêtent de grandes quantités de précipitations. C'est du côté nord et ouest de l'arbrisseau de Calligonum qu'on a constaté le maximum de précipitations au Kara-Koum Central où dominent les vents du nord-ouest. (v. tableau 3).

La redistribution des précipitations par les couronnes des phyto-améliorantes affecte les particularités de formation des réserves d'humidité dans le sol.

Tableau 3

Rétention des précipitations par les couronnes Calligonum en fonction de la direction du vent. Kara-Koum Central.

Indices	Terrain dégagé	Sous les couronnes			
		direction des vents			
		N	E	S	O
Précipitations annuelles (mm)	155	158	137	120	143
Rétention par les couronnes (mm)	0	+3	-18	-35	-12

Représentons-nous un profil de répartition de l'humidité du sol sous l'arbrisseau d'Haloxylon persicum culminant à 3,5 m après la chute de 16,5 mm de précipitations en février 1966 (vent du nord) [4]. Le profil du sol du côté nord au vent contient plus d'humidité que le côté sous le vent. Les couches du sol jusqu'à 50 cm d'épaisseur au voisinage du tronc sont saturées jusqu'à la capacité en eau minimale au champ et plus (jusqu'à 10-12 %) grâce au ruissellement. A 50 cm du tronc le sol est resté sec et sa teneur en humidité était celle de flétrissement des plantes (environ 2 %). L'influence de l'arbrisseau d'Haloxylon sur la redistribution des précipitations s'est manifestée dans un rayon de 2,5 m. De plus, la profondeur d'infiltration de l'eau pluviale a augmenté du côté au vent tout en diminuant du côté sous le vent.

Ces particularités du régime hydrométéorologique sous les couronnes des plantations se répercutent incontestablement sur la formation des groupements végétaux spécifiques, le fait qui a été à plusieurs reprises signalé par les géobotanistes [8].

L'aménagement des écosystèmes artificiels nécessite l'amélioration des propriétés hydrophysiques et l'humidification supplémentaire du sol. Cette tâche est résolue grâce au système de sillons que l'on pratique au printemps. Ces sillons arrêtent les eaux de ruissellement et la profondeur d'infiltration de l'eau pluviale atteint jusqu'à 120-130 cm contre 40-60 cm sur les terrains vierges. D'autres sillons dits, la rétention des sables joue le même rôle étant donné que le sable est très hygroscopique [7, 13].

Mais seuls les travaux d'amélioration modifiant profondément le bilan hydraulique du territoire donné sont en mesure d'agir de façon constante sur le microclimat des déserts. Il s'agit de l'utilisation des eaux sous-terraines qui permettent de garantir les récoltes stables des cultures fourragères et assurer l'alimentation d'appoint des moutons en hiver.

L'humidification de la couche productive du sol par l'arrosage entraîne une rapide redistribution de la chaleur solaire.

D'après N.Orlovsky et Z.Outina [10], la restructuration des composantes du bilan thermique sous l'action de l'arrosage montre que dans les conditions du désert (pendant le jour) le bilan des radiations se décompose en échanges thermiques par turbulence avec l'atmosphère (80 %) et le flux de chaleur dirigé vers le sol (20 %). Sous l'action de l'irrigation le bilan des radiations s'accroît de plus de 40 % pendant le jour mais ce surplus d'énergie est dépensé pour l'évaporation. Dans ces conditions le flux de chaleur dirigé vers le sol (15 % du bilan des radiations) est compensé par le flux de chaleur dirigé vers la couche sous-jacente moins chauffée.

La modification du bilan hydraulique, des radiations et thermique sous l'action d'arrosage entraîne à son tour la formation d'un climat et d'un microclimat d'un type particulier.

Le type de climat, exceptionnellement, sec et torride aux températures moyennes journalières au-dessus de 37,5 °C et à l'humidité relative allant de 0 à 20 % est pratiquement inexistant dans les oasis irriguées. Le total des températures durant la période de végétation est 300 à 400 °C inférieur par rapport au désert. Dès le mois de mai les différences de tempéra-

tures moyennes mensuelles de l'air se fixent à 1,7 °C alors que l'humidité relative s'établit à 2-3 mb. En juin-août ces différences sont les plus grandes et constituent 3,0-3,3 °C et 5-6 mb, respectivement.

L'influence de l'arrosage se fait davantage sentir durant la journée. Pendant le jour la température de l'air dans les oasis est inférieure à 2-4 °C; en périodes torrides cette différence peut atteindre 10 à 15 °C. La plus grande différence (25-30 %) de valeurs d'humidité relative entre l'oasis irriguée et le désert est observée à la tombée de la nuit car elle tend à s'estomper pendant le jour.

De la sorte, l'irrigation par les eaux souterraines ou de surface exerce sur le régime hydrométéorologique du territoire en voie de mise en valeur une influence plus grande que les travaux de phyto-

amélioration ce qui ne minimise aucunement l'importance de ces derniers.

D'autre part, les plantations d'arbres et d'arbrisseaux jouent un très grand rôle dans les déserts. Elles diminuent la vitesse du vent, retiennent la neige, améliorent la résistance du sol face à l'érosion éolienne, accroissent le rendement de l'énergie solaire et améliorent les conditions microclimatiques.

Sous les couronnes des plantations se poursuit la formation des phytocénoses nouvelles à herbes diverses-graminées-éphémères-halophyles. Le rendement des pâturages en fourrage s'accroît. Les plantations favorisent en outre la survie des plantes herbacées flétries et offrent une protection pour les moutons tant en été qu'en hiver.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Aizenshtat B.A., Zouev M.B.* Certains éléments du bilan thermique du désert de sable. Annales de l'observatoire géophysique de Tachkent, éd. 6 (7), Léninegrad, Guidrometeoizdat, 1952.
2. *Aizenshtat B.A.* Bilan thermique et microclimat de certains paysages du désert de sable. Tiré du livre: «Problème d'actualité de la météorologie de la couche d'air au contact du sol. Léninegrad, Guidrometeoizdat, 1958.
3. *Aizenshtat B.A., Kirillova T.V., Laithkhan D.L.* et d'autres. Modification du bilan thermique de la couche productive sous l'action de l'arrosage. Société de géographie, éd. 39 (101), 1953.
4. *Artykov K.* Principes agroclimatiques des travaux de phyto-amélioration dans le piémont turkmène. Achkhabad, éd. «YLYM», 1975.
5. *An P.A., Greenhoff I.G., Konovalova N.S.* Particularités microclimatiques de certains sites du Kyzyl-Koum du Sud-est. Léninegrad, Guidrometeoizdat.
6. *Gounine P.D., Dedkov V.P.* Régimes écologiques des biocénoses de désert. Moscou, «Naouka», 1978.
7. *Momotov I.Ph.* (réd.) Principes théoriques et techniques de phyto-amélioration des pâturages de désert du Kyzyl-Koum du Sud-est. Tachkent, 1973.
8. *Nétchayéva N.T.* Dynamique du tapis végétal des pâturages de Kara-Koum sous l'influence des conditions météorologiques, Achkhabad, 1958.
9. *Nourberdiev M., Mouhammedov G.* Albedo des pâturages à takyrs du Kara-Koum Central. — Problèmes de la mise en valeur des déserts, 1972, n° 1.
10. *Orlovsky N.S., Outina Z.M.* Influence de l'arrosage et de l'irrigation sur le microclimat des déserts. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1977, n° 5.
11. *Sapojnikova S.A.* Microclimat et climat indigène. Léninegrad, Guidrometeoizdat, 1950.
12. *Skvortsov A.A.* Une étude du climat de l'oasis et du désert compte tenu de certaines particularités du bilan thermique. Travaux de météorologie agricole, éd. XX, 1928.
13. *Chamsoutdinov Z.Ch.* Aménagement des pâturages durables dans la zone aride d'Asie Centrale. Tachkent, 1975.

METHODES DE PREVISION DU RENDEMENT DES PATURAGES

par *A.P. Fédosséiev*. Docteur en sciences géographiques. Chef du secteur à l'Institut national de recherches de la météorologie agricole (Obninsk)

Un des problèmes-clés de l'élevage en plein air est la valeur et la stabilité de la productivité des plantes fourragères sur les pâturages. D'après les données réunies pendant les années (30 à 40 ans), la productivité globale des plantes herbacées des pâturages à

armoïse et éphémères dans la zone aride de l'URSS varie entre 40 et 45 %. Le coefficient de variation (V) de la productivité est égal à 50 % environ. La variation du regain annuel de la matière verte des sous-arbrisseaux est aussi notable, V = 56 %. Le regain

annuel de la matière verte des buissons est le plus stable de tous, $V = 36\%$.

La production annuelle de la matière verte des différentes formes vitales des plantes herbacées est plus variable. On note une stabilité remarquable de la productivité de la laiche vivace $V = 32\%$, dont les puissants organes souterrains assurent une grande compétitivité quant à l'utilisation de l'espace, des matières nutritives et de l'eau. La productivité des herbes variées et des graminées est variée, $V = 77$ à 83% . Elle est encore plus variée pour les plantes annuelles d'été dépourvues d'organes vivaces, $V = 150\%$. Une pareille dispersion de la productivité des plantes sur les pâturages (55 à 85 %) est due à la variabilité des conditions météorologiques.

Productivité de la végétation des pâturages en fonction des conditions agrométéorologiques

Comme critère d'harmonie de la quantité de chaleur et d'eau, on retient l'indice radiationnel d'aridité $\frac{R}{L_r}$. La quantité de chaleur y est exprimée par la valeur du bilan radiationnel annuel de la litière (R), et l'humidité, par le nombre de grandes calories nécessaires pour l'évaporation des précipitations annuelles (L_r).

La production moyenne de matière organique des écosystèmes de différents types des toundras et déserts jusqu'aux forêts équatoriales dépend directement de la valeur du potentiel hydrothermique (fig. 1).

Toute disproportion entre chaleur et eau dans le désert se repercute d'une façon extrêmement défavorable sur le comportement des plantes. Or, du fait de la concentration des précipitations, de la température peu élevée de l'air et de la vaporisation au printemps, la disproportion entre la chaleur et l'eau s'estompe notablement, tandis que les conditions de vie des herbes sur les pâturages se trouvent améliorées lorsqu'il s'agit de la végétation en hiver et au printemps. Par exemple, au sud-est du désert de Kara-

Koum, au début du printemps, il s'accumule en moyenne 35 mm d'eau disponible pour les plantes. Pendant le printemps (en moyenne à partir de la deuxième décennie de février jusqu'à la deuxième décennie d'avril), on enregistre 40 mm de précipitations. Le bilan radiationnel constitue $7,7 \text{ kcal/cm}^2$ durant cette période. L'indice radiationnel d'aridité $\frac{R}{L_r}$ sera égal à 1,7, ce qui signifie que les réserves en chaleur et en eau pendant les deux mois printaniers de végétation active des herbes de pâturage dans le désert sont voisines de celles qui ont lieu dans les steppes à graminées gazonneuses (le $\frac{R}{L_r}$ annuel = 1,5).

En traçant le tableau général, on se rend compte que la dépendance entre la productivité des plantes et la quantité d'énergie solaire dans les différentes zones climatiques et végétales porte un caractère non linéaire. On doit souligner que la zone d'optimum sera inconstante: elle se déplacera en fonction de la combinaison des quantités de radiation, de chaleur, d'eau et de substances nutritives minérales.

On risque donc de constater, dans les régions désertiques éminemment arides, une dépendance inverse entre la productivité végétale et la quantité d'énergie solaire. Pour en donner un exemple, il suffit de citer un cas relevé par l'auteur de cette communication: il s'agit de la dépendance étroite entre la productivité des plantes herbacées éphémères sur les pâturages du désert Kara-Koum et la quantité de radiation solaire directe exercée sur une surface horizontale (S') durant la période où les éphémères se développent les plus activement (mois de mars et avril).

Cette dépendance est inverse. Cela tient probablement à ce que, dans ces conditions, la quantité de précipitations pendant les mois de mars et d'avril est inversement liée (coefficient de corrélation $r = -0,812$), et le déficit d'humidité de l'air, directement lié ($r = 0,884$) à la radiation solaire S' .

Dans les zones climatiques des déserts de l'URSS la productivité biologique de la plupart des formes

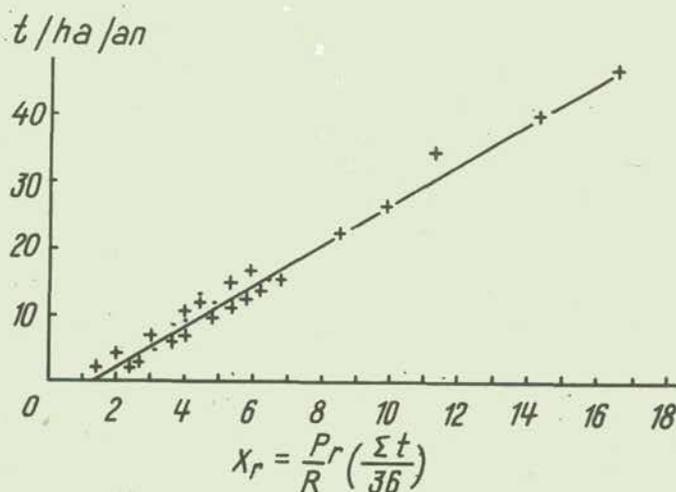


Fig. 1. Production annuelle de matière organique (t/ha/an) en fonction de la valeur du potentiel hydrothermique de productivité pour les différents types d'écosystèmes:

P_r — quantité annuelle de précipitations (mm); R — bilan radiationnel ($\text{kcal/cm}^2/\text{an}$); $\sum t$ — durée de la période de végétation en décades; 36 — nombre de décades de l'année

vitales des plantes relevées sur les pâturages est essentiellement définie par les réserves en eau disponible. C'est ainsi que la liaison de la productivité des herbes et des plantes sous-frutescentes des pâturages est caractérisée par des coefficients de corrélation appariés $r = 0,75$ à $0,90$ pour la quantité de précipitations pendant des périodes différentes, et $r = 0,80$ à $0,95$ pour les réserves d'eau dans le sol ou l'indice de la profondeur d'humidification du sol au printemps. En ce qui concerne les arbustes, on sait déjà que leur regain annuel est plus stable et moins lié à la quantité de précipitations ($r = 0,70$).

La corrélation entre la productivité et la quantité de chaleur pendant la période de végétation des plantes est moins accusée, $r = 0,33$ à $0,42$. Le régime de température de l'air et du sol, surtout en période de printemps, exerce cependant une influence non négligeable sur le développement des plantes et sur l'accumulation de la matière organique.

Méthodes de prévision de la productivité de la végétation des pâturages

Au point de vue pratique, les prévisions les plus vitales doivent porter sur:

— les conditions agrométéorologiques qui déterminent la productivité des plantes et les délais du rendement maximal;

— la structure du rendement (prédominance des formes vitales déterminées des plantes);

— les délais de végétation (renouvellement de la végétation des herbes, début de pacage sur les herbes vertes, floraison et fructification des plantes, début de la dégradation des herbes de pâturage par le soleil, durée de la phase verte des éphémères, regain d'automne, etc.);

— les délais optima de fauchage et la probabilité du regain;

— le renouvellement des plantes sur les pâturages;

— la nécessité des travaux d'amélioration sur les massifs de pâturage et de fenaison.

Pour prévoir correctement la productivité des pâturages, on doit disposer de prévisions à long terme du niveau de précipitations, de température, d'humidité de l'air, d'intensité de la radiation solaire.

La base scientifique des prévisions agrométéorologiques est l'étude et la connaissance du complexe des processus physiques et biologiques dans la couche d'air adjacente au sol, dans le sol, ainsi que dans les plantes elles-mêmes, processus qui déterminent les particularités de développement et le niveau de productivité des plantes naturelles dans des conditions concrètes de l'environnement.

La théorie des prévisions agrométéorologiques s'appuie sur la connaissance des lois naturelles générales de non-équivalence des facteurs environnementaux, d'irremplacabilité des facteurs vitaux, de la loi du minimum, de l'optimum et du maximum, ainsi que de la loi d'interdépendance des facteurs de croissance et de développement des plantes.

Chaque facteur admet un optimum, toute variation positive ou négative par rapport à l'optimum entraîne une inhibition de la vie de la plante, laquelle peut périr définitivement tant pour des valeurs minimales qu'au-delà d'un maximum fatal. Les valeurs optima-

les d'un facteur sont fonction des valeurs d'un autre facteur; quand le deuxième facteur varie, les valeurs optimales du premier varient elles aussi. Ainsi donc, les valeurs optimales de l'environnement prennent naissance dans une combinaison harmonique et, dans un certain sens, intercompensée de tous les facteurs principaux. Doté de mobilité, un tel système est nécessairement limité par des valeurs critiques déterminées.

Jusqu'aujourd'hui, ce sont les méthodes de statistique mathématique et d'analyse corrélationnelle qui prédominent dans les prévisions agrométéorologiques. D'autre part, il convient de noter les servitudes de l'analyse de régression linéaire en tant que procédé principal d'établissement des liaisons prévisionnelles.

La prévision agrométéorologique de la récolte ne se réduit pas seulement à celle des conditions géophysiques de l'environnement; elle doit aussi tenir compte des effets biologiques qui prennent naissance des superpositions multiples et des interactions des réactions propres aux différents éléments.

Les contours biologiques de la régulation sont généralement non linéaires; les caractéristiques des processus diffèrent donc sensiblement de celles qu'on obtient sur la base de la théorie linéaire.

Etude et évaluation de la situation initiale

L'analyse des conditions agrométéorologiques existantes aide à comprendre les stades futurs de croissance et de développement des plantes. Cela tient à ce que les processus de développement des plantes présentent une très forte inertie, au même titre que la dynamique des différents facteurs météorologiques. Parmi les facteurs agrométéorologiques qui déterminent non seulement la situation existante mais aussi — dans une large mesure — la situation à venir, on peut citer les réserves en eau dans le sol, les dates de passage de la température de l'air et du sol au-delà d'un seuil déterminé, les sommes des températures accumulées, de la radiation solaire, etc.

Dans les conditions climatiques de la zone aride et semi-aride de l'URSS, ce sont les réserves d'eau dans le sol au printemps qui représentent le facteur décisif pour la croissance des plantes de pâturages dont la période de végétation coïncide avec le printemps et l'été. Au cours des deux mois qui suivent l'arrivée de la température 10°C de l'air, on n'enregistre que de 15 à 25 % de la totalité des précipitations annuelles. Pour les territoires désertiques, la prévision inertielle de conservation des catégories hautes ou basses des réserves initiales en eau pendant la période critique de développement des herbes éphémères est garantie à 90 %. Une pareille inertie est étrangère aux éléments météorologiques qui président à la formation des réserves en eau du sol.

L'évaluation écologique de la situation initiale contribue aussi à élargir les possibilités des prévisions agrométéorologiques. On peut, par exemple, sur la base d'une évaluation écologique des conditions hivernales dans les déserts du Sud en fonction du nombre de décades humides à température positive de l'air, pronostiquer le développement prépondérant

des graminées ou des herbes diverses au printemps et en été. L'appréciation écologique des conditions thermiques et d'humidité pendant la période de pousse des plantes annuelles d'été permet de juger du développement futur de ces plantes.

Etude des particularités climatiques

Les particularités climatiques des zones naturelles et le régime d'eau propre aux sols (avec échange d'eau, sans échange d'eau, avec échange périodique, régime potusculaire) déterminent dans une large mesure les liaisons qui s'établissent entre la productivité des plantes herbacées et les facteurs météorologiques.

L'utilisation des lois agrométéorologiques ou climatiques et des probabilités des phénomènes ouvre des possibilités non négligeables. Par exemple, dans les déserts typiques du Kazakhstan, les conditions propices au regain automnal des plantes sont rarement observées, une ou deux fois en moyenne en dix ans. Or, pour pronostiquer les conditions de regain des herbes dans ces territoires, on doit donc dépister les rares cas où l'automne est pluvieux, ce qui est favorable pour la végétation. Pour les steppes de Nogai où les conditions propices au regain automnal sont observées, au contraire, dans huit ou neuf cas sur dix, il y a lieu de dépister les rares cas où l'automne est sec (cas défavorables).

Prise en compte des signaux du milieu géophysique

Il existe des facteurs d'environnement qui, considérés vis-à-vis des plantes, ne se présentent pas comme des sources de réserves mais plutôt comme des prémisses ou des signaux donnés aux plantes pour modifier leurs réactions d'échange et leur bilan thermique. Ce sont les signaux d'excès ou de défaut d'eau et les signaux de température, qui traduisent les particularités individuelles de l'année. Beaucoup de plantes présentent des réponses stables aux variations de la lumière (durée du jour).

En tenant compte des signaux de cette nature, on peut pronostiquer les délais d'arrivée des différentes phases de développement des plantes, la cadence de croissance, l'intensité de la floraison et de la fructification des plantes monocarpiques (fêrules, dorèmes), etc.

Etude des particularités biologiques des plantes

Les conditions météorologiques étant les mêmes, la productivité des pâturages peut varier en fonction de la prédominance de tel ou tel groupe de plantes parmi les herbes, ce qui est dû aux particularités biologiques des plantes fourragères.

La végétation herbacée de printemps, dont la valeur économique est nettement prépondérante, n'est pas homogène du point de vue de sa composition. Sur les pâturages du Kara-Koum, la récolte des fourrages herbeux se compose, en moyenne, de 60 %

de laiches (sedges) (*Carex physodes*, *Carex pachystylis*), de 26 % de graminées et de 14 % d'herbes diverses. Or, la fraction de chaque groupe végétal varie notablement d'année en année.

Lorsque les conditions météorologiques empirent, la part de la laiche (sedge) croît de 45 à 77 %. Cela tient à ce que la laiche est très combattive en ce qui concerne l'utilisation de l'eau et des substances nutritives du sol. La laiche (*Carex*) est très tolérante vis-à-vis de la combinaison défavorable des facteurs météorologiques. Quand l'année est peu pluvieuse, ce sont les laiches qui interceptent et utilisent la plupart des réserves d'eau, ce qui diminue naturellement la part des plantes annuelles de printemps.

Un hiver chaud et humide est propice au développement des graminées (grasses). Si la végétation tombe sur l'hiver et que le printemps est humide, la récolte des graminées (grasses) sera bonne. Un début tardif de la végétation est défavorable pour les graminées, car, lorsque la durée de végétation est très limitée et que l'eau est déficiente, elles risquent de ne pas monter en épi et de ne donner qu'une récolte minime. Par contre, on s'attend à une bonne récolte de graminées quand les précipitations atmosphériques sont uniformément réparties et bien harmonisées avec les conditions thermiques. Dès que les conditions météorologiques deviennent mauvaises, la part des graminées dans la récolte globale tombe, en moyenne, de 38 % (bonne année) à 20 % (moyenne ou mauvaise année).

Pour les herbes diverses, les conditions les plus favorables sont créées quand l'hiver est froid et humide et que le printemps est tardif et aussi humide, à cause de l'inhibition des laiches (*Carex*) et des graminées (grasses). Dans les conditions classées comme très bonnes, bonnes, moyennes et mauvaises, la fraction des herbes diverses varie entre 12 et 18 %; dans les conditions considérées comme très mauvaises, elle peut descendre à 3 %, en moyenne. D'une année à l'autre, la fraction des herbes diverses peut accuser des variations de 0 à 35 %.

Pour les plantes (éphémères) dont la période normale de végétation se situe en hiver et au printemps, la végétation peut commencer pendant la période humide et chaude de l'automne, de l'hiver et même des premiers jours de printemps. Les racines des éphémères sont peu profondes, c'est pourquoi leur récolte est tributaire des conditions météorologiques, et, en particulier, de la quantité de précipitations pendant l'hiver et le printemps. D'autre part, même quand les réserves d'eau dans le sol sont très élevées, le développement des éphémères peut s'avérer inégal, à cause du régime thermique de l'air. Si la température d'air monte progressivement, sans rechutes notables ni grands déficits d'eau dans l'air au cours d'un printemps humide, les conditions de croissance des plantes éphémères sont les plus favorables.

On constate donc qu'en dressant l'évaluation des récoltes à espérer des plantes à végétation d'hiver et de printemps, il est indispensable de tenir compte des conditions météorologiques observées en automne et en hiver, ainsi que des réserves prévisibles d'eau et d'apport de chaleur pour le printemps.

Une particularité caractéristique des plantes annuelles d'été est leur activité intense pendant la chaude période d'été. L'accumulation de la récolte

se produit essentiellement au cours du mois de juin, dans des conditions agrométéorologiques assez sévères. A la différence des autres formes vitales, les variations des plantes annuelles d'été ne peuvent être imputées ni aux variations des précipitations au cours de la période de végétation dans son ensemble, ni aux variations des précipitations au cours des mois isolés. Pour ces plantes, les conditions les plus favorables ont lieu dans les années où le seuil thermique stable de 15 °C coïncide avec un niveau des précipitations de 8 et 10 mm au minimum. Si l'établissement de la température d'air d'environ 15 °C et le début de retombée des précipitations coïncident ou ne diffèrent que d'un jour au plus, les plantes se développent bien. Si le désaccord dure de 2 à 10 jours, les prévisions sont médiocres. Si la pause entre le jour de 15 °C et le seuil critique des précipitations excède 11 jours, on aura très peu de plantes annuelles d'été.

Le développement des sous-arbrisseaux et des arbustes et leur récolte dépendent des conditions agrométéorologiques pendant l'hiver et le printemps. Lorsqu'il y a beaucoup de précipitations (plus de 170 mm) pendant cette période et que le régime thermique du printemps est favorable, la récolte sera bonne. La quantité de précipitations influe aussi sur la croissance linéaire des sous-arbrisseaux et des arbustes. C'est ainsi que, pour 60 à 120 mm de précipitations pendant la période entre novembre et mai, la longueur des innovations annuelles des sous-arbrisseaux et des arbustes varie entre 6 et 15 cm, tandis qu'avec un niveau de précipitations supérieur à 170 mm, les innovations peuvent atteindre 27 et même 50 cm.

Le développement des armoises (sagebrushes) qui constituent le fond du groupe des sous-arbrisseaux xerophytes, se distingue par une pousse très intense des innovations végétatives au printemps et génératives dans les premières semaines de l'été. Lorsque la chaleur de l'été atteint son maximum, le développement des armoises (sagebrushes) est freiné; il ne se renouvelle qu'en automne, lorsque la température baisse et que les précipitations deviennent plus fréquentes. Bien que très vivaces, les armoises restent fortement tributaires des facteurs météorologiques. La pousse est souvent inhibée au printemps, si bien que les innovations peuvent complètement flétrir, ou la fructification automnale peut s'avérer inexistante. Le rendement des pâturages à armoises dépend beaucoup de la bonne humidité du sol en hiver, en été et au printemps; il convient d'en tenir compte en faisant les prévisions.

Pour pronostiquer le développement des soudes (slatworts), il est tout aussi important de tenir compte des précipitations au cours de l'été.

En ce qui concerne les arbustes, dont les racines sont profondes, l'influence des variations saisonnières et annuelles des conditions météorologiques sur leur développement n'est pas bien nette, elle présente souvent une forte inertie. Le printemps peu humide n'inhibe pas trop les arbustes, pourvu que les précipitations soient bonnes en automne et en hiver. Au contraire, un déficit prononcé de précipitations pendant l'hiver et le printemps est néfaste pour la récolte des fourrages à base des arbustes tant pour l'année courante que pour l'année à venir.

Prise en compte des conditions locales de la station des plantes

Pour les différentes stations, même dans une même zone climatique, la nature des liaisons entre les récoltes des plantes et les facteurs météorologiques peut varier sensiblement.

Dans des endroits tels que: estuaires, champs d'inondation, etc., les prévisions relatives à la récolte des plantes doivent tenir compte du régime d'inondation des terres et des niveaux de la nappe phréatique et des eaux fluviales.

C'est le régime d'inondation des près qui joue le rôle principal dans les conditions indiquées. D'après les données de S. Bédarev, lorsque la décrue dans le pays d'aval de la rivière Tchou (Kazakhstan) se produit prématurément (mois d'avril), la productivité des associations roseau-herbes diverses diminue jusqu'à 40 % par rapport à la moyenne. La productivité dépend alors plus étroitement des précipitations atmosphériques. Si la décrue se situe trop tard (mois de juin-juillet), la productivité de l'association végétale baisse aussi en raison de la mauvaise aération du sol par eau morte à faible circulation. Le roseau (common reed grass) continue à croître en hauteur jusqu'à une température de l'air de 16 ou 17 °C (coefficient de corrélation $r = 0,71$). Une augmentation de la température au-delà de cette valeur en absence d'échange d'eau provoque une inhibition de la croissance (relation inverse, $r = -0,71$).

Pour mieux tenir compte des conditions variées des stations des plantes, on peut déterminer directement l'humidité du sol.

En se basant sur ces éléments, on a mis au point des méthodes de prévision du rendement des pâturages désertiques en fonction des réserves d'eau évaluées au printemps et de la profondeur d'humidification du sol.

On peut voir sur la figure 2 quelques exemples de liaisons empiriques entre le rendement des pâturages et les réserves d'eau dans le sol au printemps, ainsi que la profondeur d'humidification du sol. L'inclinaison inégale des courbes sur l'axe des abscisses désigne les réactions non homogènes des herbes aux variations d'humidité.

Au lieu des données nécessairement limitées sur l'humidité du sol dans les zones arides, pour les grandes profondeurs de la nappe phréatique, on peut se servir d'un indice simple et facilement accessible, à savoir: la profondeur d'humidification du sol au printemps (en abrégé PHS).

Pendant la période où l'eau dans le sol est à l'état équilibré, la profondeur d'humidification du sol est un critère direct de la valeur des réserves d'eau. La simplicité de la méthode permet de mesurer très rapidement la profondeur d'humidification du sol sur des territoires étendus des pâturages, dans un relief inégal, en tenant compte de la texture mécanique des sols.

On trouve au tableau les critères d'évaluation économique de la profondeur d'humidification du sol en fonction de la zone et de la nature du sol, compte tenu de la teneur minimale en eau des sols et des conditions climatiques. Dans les zones où cette profondeur est connue depuis de nombreuses

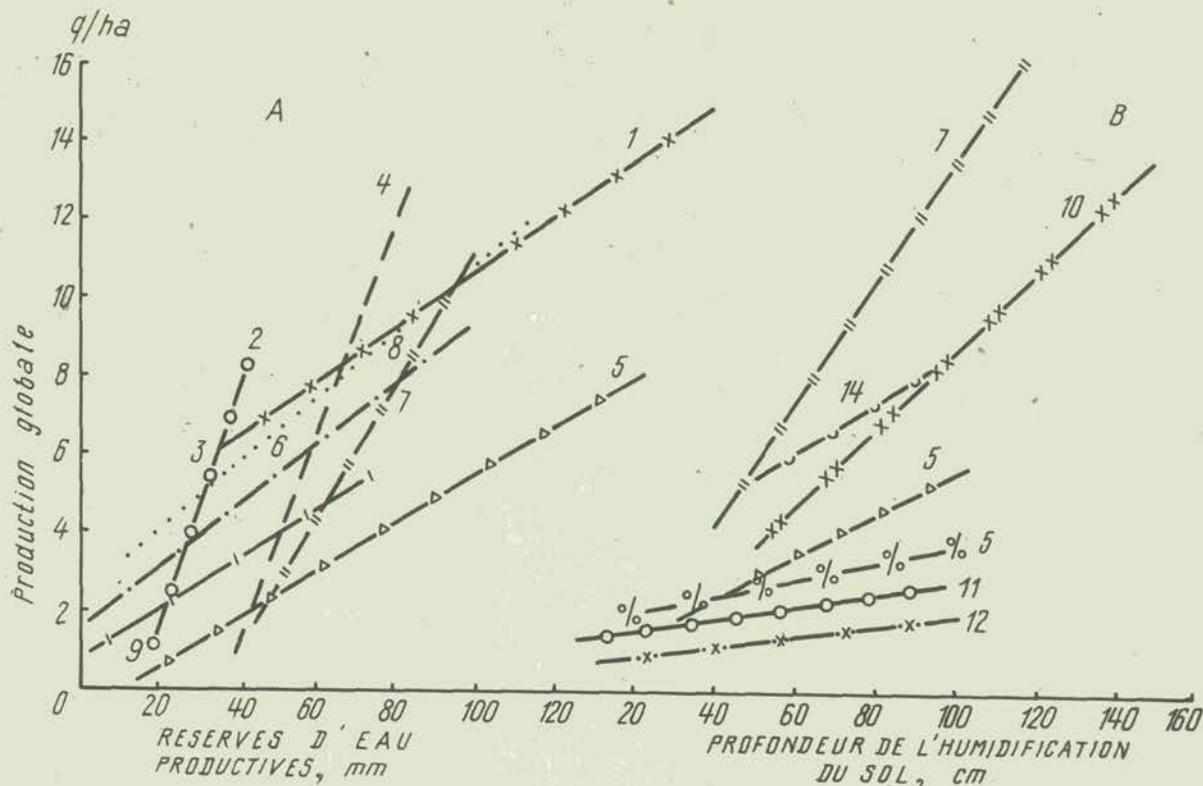


Fig. 2. Production globale de la végétation des pâturages (q/ha) en fonction des réserves d'eau productives dans la couche de 1 m de sol au printemps (A) et de la profondeur d'humidification du sol (B): 1, 2, 4-8, 10 - pâturages semi-désertiques et désertiques du Kazakhstan; 3 - pâturages sablonneux de la République socialiste soviétique autonome de Kalmykie; 9 - pâturages sablonneux de l'Ouzbékistan; 11-13 - pâturages sablonneux du Turkménistan; 14-15 - pâturages situés sur les côtes de montagnes du Turkménistan

années, on utilise avec succès cet indice dans les équations de régression.

Les équations empiriques traduisant la liaison entre le rendement des pâturages et les facteurs météorologiques contiennent beaucoup d'autres indices météorologiques, à savoir: la quantité de précipitations pour des périodes différentes, la somme des températures positives et négatives, le déficit d'humidité de l'air, le nombre d'heures ensoleillées, la quantité de nébulosité, les coefficients intégrés d'humidité, etc.

Avec l'utilisation des méthodes agrométéorologiques, la prévision du rendement est garantie à 80 - 90 %. Le délai de prévision des valeurs maximales du rendement varie entre 1,5 et 2 mois.

On sait que les variations annuelles de productivité des différentes espèces et des groupes isolés de plantes de pâturages ont des répercussions notables sur la qualité des fourrages, mais aussi la productivité des formes vitales principales des plantes.

A titre d'exemple, on cite ci-dessous quelques équations définissant la productivité des herbes à végétation d'hiver et de printemps, ainsi que les innovations annuelles des sous-arbrisseaux et des arbustes pour les régions centrales du Kara-Koum.

1. Pour la productivité globale des herbes à végétation d'hiver et de printemps:

$$y_1 = 0,000104x_1^2 + 0,00717x_2 + 0,000761x_3 - 0,265 \cdot 10^{-4}x_2^2 + 0,0510;$$

$$R = 0,901; S_{y_1} = \pm 0,045 \text{ t/ha};$$

ici y_1 est le rendement global en matière sèche des herbes de printemps, x_1 - la quantité de précipitations à partir de l'automne jusqu'à la formation de la production maximale des herbes; x_2 - la somme des températures négatives pendant l'hiver; x_3 - la somme des températures positives entre l'automne et la décade de production maximale, R - un coefficient intégré de corrélation, S_{y_1} - l'erreur de l'équation.

2. Pour les laiches (Carex) séparément:

$$y_2 = 0,00864 x_1 + 0,00339 x_2 - 0,979 \cdot 10^{-5} x_2^2 + 0,241;$$

$$R = 0,741; S_{y_2} = \pm 0,030 \text{ t/ha},$$

où x_1 est la somme des précipitations à partir du début de la période humide automnale et la décade à température de 16°C; x_2 - la somme des températures négatives pendant l'hiver.

3. Pour les graminées éphémères séparément:

$$y_3 = 0,439 \cdot 10^{-4} x_1^2 + 0,237 \cdot 10^{-6} x_3^2 - 0,115;$$

$$R = 0,718; S_{y_3} = \pm 0,040 \text{ t/ha},$$

où x_1 est la somme des précipitations à partir de l'automne jusqu'à la décade de 16°C; x_3 - la somme des températures positives de l'air entre l'automne et la décade à température de l'air de 16°C.

4. Pour les herbes éphémères diverses séparément:

$$y_4 = 0,251 \cdot 10^{-4} x_1^2 - 0,00218 x_2 + 0,118 \cdot 10^{-4} x_2^2 + 0,0601;$$

$$R = 0,687; S_{y_4} = \pm 0,021 \text{ t/ha},$$

où x_1 est la quantité de précipitations comptées entre l'automne et la décade de 20 °C; x_2 — la somme des températures négatives de l'air pendant l'hiver.

Tableau
Critères d'évaluation de la profondeur d'humidification du sol au printemps sur les pâturages des zones arides

Type de sol	Profondeur d'humidification du sol (cm) contribuant à la création des conditions suivantes de formation du rendement des pâturages					
	sols lourds et moyens			sols légers		
	mauvaises	moyennes	bonnes	mauvaises	moyennes	bonnes
Kazakhstan						
Châtain foncé	<40	50-65	>75	<55	65-80	>100
Châtain clair	<35	45-60	>70	<45	55-70	>80
Brun désertique	<30	40-50	>60	<40	50-60	>70
Gris clair	<30	40-50	>60	<40	50-60	>70
Gris ordinaire (côtes mont.)	<50	60-70	>80	<60	70-85	>100
Sables	-	-	-	<60	70-85	>100
République de Kalmykie						
Brun désert. et steppe	-	-	-	<40	50-60	>70
Sables	-	-	-	<50	60-85	>100
Turkménistan						
Sables de Kara-Koum	-	-	-	<40	40-60	>60
Sables clairs et gris de Badhyz et de Karabil	-	-	-	<40	40-74	>75
Gris-brun argileux de solonetz	<30	30-50	>50	-	-	-
Ouzbékistan						
Sables de Kyzyl-Koum	-	-	-	<40	40-59	>60

5. Pour les sous-arbrisseaux séparément (formation tétyr + Calliganum L. + Salsola arbuscula):

$$y_5 = 0,102 \cdot 10^{-3} x_1^2 + 0,640;$$

$$R = 0,907; S_{y_5} = \pm 0,067 \text{ t/ha,}$$

où x_1 est la quantité de précipitations entre novembre et mai.

6. Pour les arbustes séparément (formation Calliganum L. + Salsola arbuscula + Haloxylon persicum):

$$y_6 = 17,813 x_4 - 27,702 x_4^2 - 0,00686;$$

$$R = 0,832; S_{y_6} = \pm 0,041 \text{ t/ha,}$$

où x_4 est un coefficient d'humidité égal au rapport de la quantité de précipitations à la demi-somme des déficits d'humidité de l'air pendant la période novembre-mai (jusqu'à la seconde décade).

De nouvelles possibilités s'ouvrent pour la prévision du rendement grâce à l'utilisation en qualité de prédicteur d'un facteur causal direct de l'activité vitale des plantes: il s'agit de la radiation solaire (S'). C'est un facteur extrêmement important qui détermine le niveau possible de production de matière organique par les plantes.

L'analyse corrélationnelle que nous avons effectuée pour les stations actinométriques de la Turkménie nous a permis de révéler une liaison substantielle existant entre la valeur de S' aux mois de mai, juin,

juillet, octobre de l'année en cours et la valeur de S' aux mois de mars et d'avril de l'année suivante. Le niveau moyen de la productivité des plantes des pâturages de Kara-Koum est directement lié à la valeur de S' enregistrée au mois d'octobre de l'année précédente ($r = -0,829$).

L'essence physique de cette relation peut être expliquée par l'interaction entre la radiation solaire et la circulation d'air dans l'atmosphère. V. Boutchinski admet qu'aux fortes valeurs de S' au mois d'octobre correspondent des valeurs élevées de la pression barométrique et une pénurie de précipitations au printemps; au contraire, aux valeurs basses de S' correspondent une faible pression barométrique et un niveau élevé des précipitations. La relation est matérialisée dans le premier cas par l'entremise du type anticyclonique prépondérant de la circulation atmosphérique, et dans le deuxième cas, par la prédominance du type cyclonique.

Au lieu des données insuffisantes sur la radiation solaire, on peut retenir des caractéristiques indirectes telles que le nombre d'heures ensoleillées, la somme de nébulosité générale ou le nombre de jours couverts.

Les équations de prévision se présentent comme suit (d'après [6, 10]):

1. Pâturages situés dans la moitié nord du Kara-Koum Central:

$$y = 0,01 x - 0,07; r = 0,743;$$

$$S_y = \pm 0,04 \text{ t/ha.}$$

2. Pâturages situés dans la moitié sud du Kara-Koum Central:

$$y = 0,02 x + 0,07; r = 0,771; S_y = \pm 0,05 \text{ t/ha.}$$

3. Pâturages de l'Est de Kara-Koum:

$$y = 0,014 x + 0,95; r = 0,682; S_y = \pm 0,05 \text{ t/ha.}$$

4. Pâturages situés sur les côtes de montagnes de Turkménie:

$$y = -0,04 x + 22,7; r = -0,724; S_y = \pm 0,13 \text{ t/ha.}$$

5. Pâturages du Kazakhstan Central:

$$y = -0,062 z + 18,48; r = -0,91; S_y = \pm 0,081 \text{ t/ha.}$$

Dans ces équations y est le rendement de la végétation des pâturages, t/ha; x — la quantité de nébulosité générale au mois d'octobre (en points); z — le nombre d'heures ensoleillées; r — un coefficient de corrélation; S_y — l'erreur de l'équation, t/ha.

Les méthodes existantes de prévisions agrométéorologiques du rendement des pâturages sont généralement basées sur les données ponctuelles discrètes provenant des postes météorologiques et des sites géobotaniques; en ce qui concerne leur caractère représentatif vis-à-vis des territoires environnants, le problème restait indéterminé.

D'après nos résultats, les données de la moitié des postes météorologiques du Turkménistan observant le rendement des pâturages ne sont pas représentatives pour les territoires voisins.

Depuis 1966, l'Institut hydrométéorologique d'Asie Centrale et la Direction de l'Hydrométéorolo-

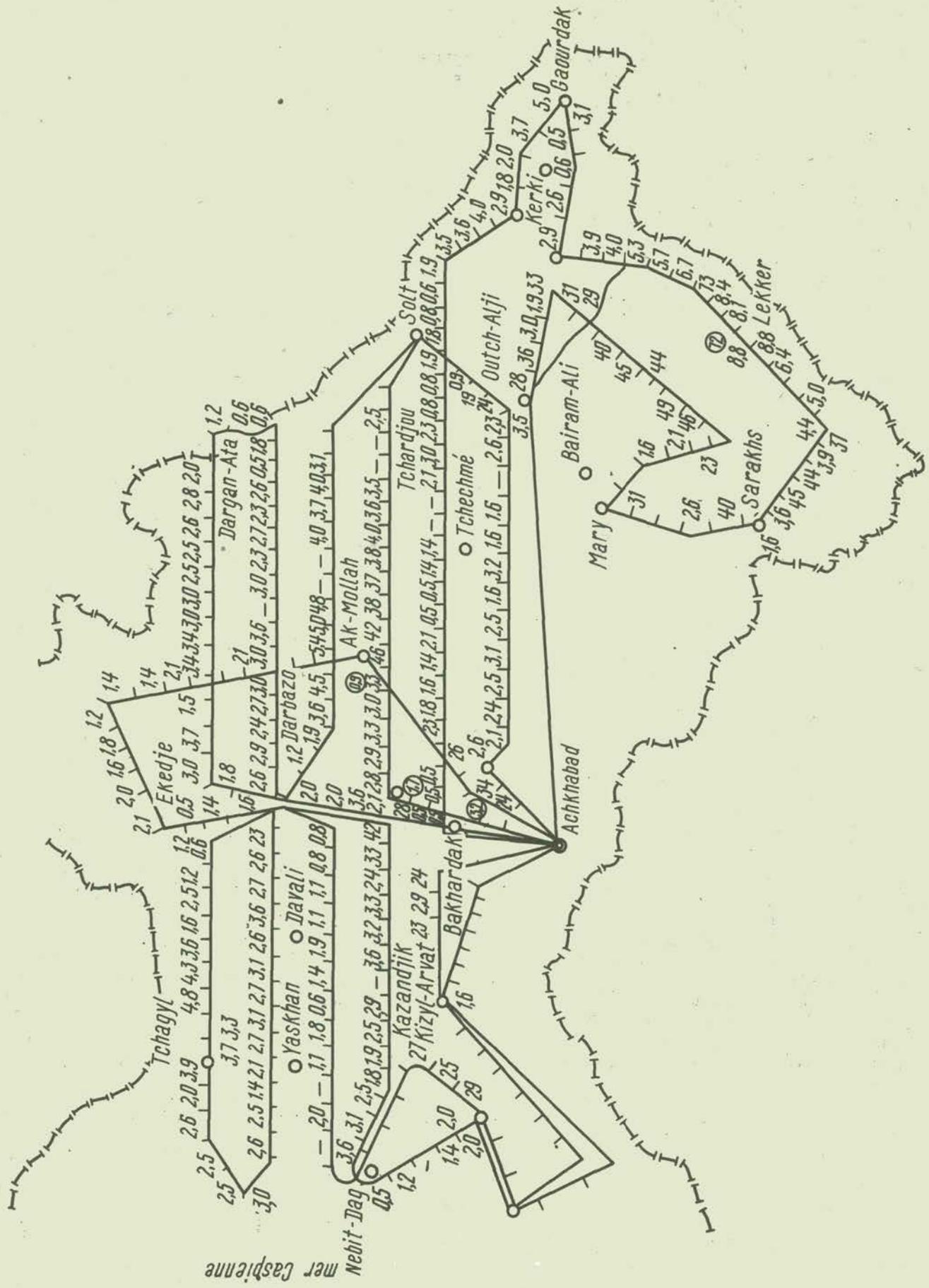


Fig. 3. Répartition du rendement des pâturages d'après les données de la photométrie aérienne. Turkménistan

gie et de l'Environnement de la République Turkmène utilisent l'observation des pâturages par le procédé de prise de vues aérienne, ce qui permet d'obtenir en quelques jours des données comparables et méthodologiquement analogues sur le rendement des plantes sur les pâturages de grande superficie. Les prises de vues se font suivant des tracés longs de 10000 à 15000 km, l'erreur moyenne quadratique étant de l'ordre de 0,5 t/ha (fig. 3).

En se basant sur les résultats des vues aériennes prises au cours de 11 ans au-dessus des pâturages quadrillés en cases de 1 degré sur 1 degré (n = 193 cas), on a révélé la liaison entre le rendement relatif (y, %) et la quantité de nébulosité au mois d'octobre de l'année précédente (x).

Une confrontation directe de ces données avec les facteurs météorologiques s'est avérée être incorrecte, car les propriétés biologiques des plantes et leur réaction aux conditions ambiantes ne sont pas les mêmes pour les différents types de pâturages. Pour cette raison, toutes les données sur le rendement des pâturages divisés en cases de 1 degré sur 1 degré ont été normées par rapport au rendement annuel moyen des pâturages relevé sur une carte géobotanique.

L'équation de régression se présente comme suit:

$$\bar{y} = 0,893 x + 2,238; r = 0,808; S_y = \pm 17,7 \%,$$

où \bar{y} est le rendement de la végétation de printemps sur la case de 1 degré en pour-cent du rendement annuel moyen lu sur la carte géobotanique, t/ha; x — la somme de nébulosité journalière moyenne au mois d'octobre, points. Le délai de prévision est de 5 ou 6 mois. Au printemps il est possible de corriger la prévision sur la base des données sur la profondeur d'humidification du sol (PHS):

$$\bar{y} = 0,328 x + 0,822 \text{ PHS} - 4,636; r = 0,929; S_y = \pm 11,2 \%$$

Le délai d'une prévision ainsi corrigée est de 2 à 2,5 mois.

Ainsi donc, les agrométéorologistes soviétiques (A.Fédosseiev, I.Greengoff, S.Bédarev, E.Korobova, G.Béloborodova, M.Nourberdiyev, K.Artykov et autres) ont mis au point nombre de méthodes variées pour l'établissement des prévisions du rendement des plantes sur les pâturages. Ces méthodes sont largement utilisées dans les organismes chargés de pronostics, tandis que les prévisions elles-mêmes et l'information agrométéorologique courante sont fournies aux organismes agricoles des républiques d'Asie Centrale, de Kazakhstan et de la région sud-est de la République de Russie.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Bédarev S.V.* Agrométéorologie et herbages. L., Hydrométéoizdat, 1979 (en russe).
2. *Boudiko M.I.* Climat et la vie. L. 1971 (en russe).
3. *Greengoff I.G.* Plantes des pâturages du Kyzyl-Koum et conditions météorologiques. Travaux de l'Institut SANIGMI, fasc. 34 (49), 1967 (en russe).
4. *Moguileva A.M.* Le temps et les herbes. L., Hydrométéoizdat, 1957 (en russe).
5. *Nétchayéva N.T.* Dynamique de la végétation des pâturages du Kara-Koum influencée par les conditions météorologiques. Editions de l'Académie des Sciences de la République de Turkménistan, Achkhabad, 1958 (en russe).
6. *Nourberdiyev M.* Conditions agrométéorologiques et rendement des pâturages de Kara-Koum. Achkhabad, éd. « Ylym », 1978 (en russe).
7. *Fédosseiev A.P.* L'hydrométéorologie au service de l'élevage en plein air. L., Hydrométéoizdat, 1952 (en russe).
8. *Fédosseiev A.P.* Bases scientifiques des prévisions agrométéorologiques du rendement des pâturages désertiques. « Problèmes d'aménagement des déserts », 1969, n° 4 (en russe).
9. *Fédosseiev A.P.* Le climat et les herbes des pâturages du Kazakhstan. L., Hydrométéoizdat, 1964 (en russe).
10. *Fédosseiev A.P., Gourova V.N.* Prévision agrométéorologique du rendement des pâturages désertiques. « Problèmes d'aménagement des déserts », 1978, n° 2 (en russe).

PRECISION DE DEPENDANCES EN CORRELATION ENTRE L'EVOLUTION DE LA VEGETATION DE PATURAGE ET LES CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES

par S.A. *Bédarev*. Docteur en biologie. Chef du laboratoire de l'Institut de recherche hydrométéorologique de la RSS de Kazakhie (Alma-Ata).

Malgré le fait que les pâtures occupent la place principale dans la balance fourragère de plusieurs régions arides, les exploitations d'élevage sont forcées de recourir à des manœuvres multipliées pour placer le bétail dans des endroits propices, et même de changer tout le système d'emploi des ressources fourragères. Avant tout, cela est dû aux variations de productions qui provoquent le manque d'importantes quantités de fourrage, diminuent l'efficacité de l'ensemble de mesures pour l'économie de pâturage, et augmentent le prix de revient pour les produits d'élevage.

On peut détourner plusieurs phénomènes défavorables si l'on connaît d'avance les conditions atmosphériques ainsi que l'évaluation agrométéorologique de la croissance, du développement et de la productivité de la végétation de pâture. Voilà pourquoi, les prévisions viables concernant la récolte contribuent à l'efficacité des rotations dans les pâturages, à la création de fenaisons et de pâturages artificiels, etc.

Avant de procéder aux prévisions agrométéorologiques, il faut connaître les régularités de la croissance et du développement de la couverture végétale, ses liens avec l'environnement, et tout d'abord, avec des facteurs météos. Les dépendances entre les facteurs météos et la productivité des plantes établies, on est à même d'évaluer l'état général du pâturage aussi bien que l'état des plantes isolées et des groupes bioécologiques similaires.

Compte tenu du fait que la croissance et l'évolution des plantes sont soumises aux plusieurs facteurs à la fois, dont l'effet est inégal, il faut révéler les principaux, ceux qui conditionnent les cycles d'évolution, l'accumulation de la masse aérienne ainsi que l'état général des plantes. Dans cette optique, une attention particulière doit être portée à l'évaluation écologique et l'inertie de processus différents. Les derniers indices sont importants car les prévisions agrométéos sont basées souvent sur des prévisions synoptiques à long terme, dont la viabilité laisse encore à désirer. C'est pourquoi, la tâche majeure concernant les prévisions agrométéos est de révéler les causes principales de mutation — sans perdre de vue des facteurs secondaires.

En établissant les corrélations entre les indices de productivité, de croissance et d'évolution des plantes, d'une part, et les facteurs météorologiques, de l'autre, il faut se faire une idée précise de l'emplacement des plantes, de leur place dans l'écosystème général, de l'influence réciproque entre l'organisme et son environnement, car l'impact de ce dernier sur l'organisme est différent dans le cadre du même emplacement. Ce point se rapporte surtout aux sociétés végétales composées de plusieurs dominantes à la forme de vie et la durée de végétation diverses. La prédominance de tels ou tels groupes de plantes

dans l'herbage conditionne les différences de l'effet causé par les facteurs météos similaires sur les récoltes des terrains fourragers naturels; les procédés de prévisions atmosphériques vont être, de ce fait, différents. Ainsi, pour les déserts méridionaux aux éphémères, les facteurs décisifs dépendent du taux d'humidité dans l'horizon supérieur du sol (0 — 50 cm), tandis que pour les herbes à la période de végétation prolongée, pour les semi-buissons et les buissons la suffisance en humidité est requise au cours de toute la durée de végétation.

Le rôle et la portée des caractéristiques biologiques et écologiques des espèces végétales ne doivent pas dissimuler toute l'importance qui revient aux facteurs climatiques. En effet, ce sont eux qui conditionnent les variations annuelles et saisonnières des récoltes, les délais et les formes d'exploitation des ressources fourragères, les délais du début de végétation, de la récolte maximum, de la floraison et de la production des plantes, le temps du verdoisement etc. C'est pourquoi, la méthodologie des prévisions agrométéorologiques demande la prise en considération de l'ensemble de caractéristiques physiques, biologiques et autres, se trouvant en interaction et interdépendance.

Il est à noter que si toute une série d'ouvrages était écrit sur les prévisions agrométéos concernant les cultures agricoles, ce n'est pas le cas pour l'évaluation et les prévisions concernant la végétation de fenaison et de pâturage. Sans les analyser, indiquons seulement le fait que la plupart d'auteurs donnent une évaluation quantitative aux conditions atmosphériques quant aux cadences de l'évolution et de la productivité de la matière aérienne. Une telle appréciation quantitative relative à la végétation de fenaisons et de pâturages, présente un grand intérêt pour évaluer du point de vue écologique les ressources climatiques du territoire, ainsi que pour donner une évaluation et les prévisions des conditions agrométéorologiques relatives à la croissance des plantes.

Néanmoins, malgré l'intérêt pour les études accomplies, il faudra les envisager comme une première étape dans la voie de recherche d'une théorie systématique qui embrasserait les procédés méthodiques de l'évaluation et des prévisions agrométéorologiques appliquées à la croissance des plantes fourragères naturelles. Un travail ultérieur devra approfondir ces recherches afin de créer des modèles fiables «temps-récolte» compte tenu de l'ensemble des caractéristiques physiques et biologiques des plantes. La prise en considération des caractéristiques en question permettra de faire les pronostics concernant les cadences de l'évolution, les récoltes maxima et, par conséquent, d'effectuer des mesures diverses dans la prairie et les pâturages.

L'effet que pourraient donner ces mesures, serait en fonction de l'information préalable sur l'état de la couverture végétale et le rendement de la matière aérienne; autrement dit combien à l'avance aura-t-on les prévisions agrométéorologiques. Des pronostics sûrs concernant le repoussement printanier permettront aux organismes de planification d'élaborer ou de préciser le schéma d'exploitation des pâturages compte tenu de prédominance de telles ou telles formes de plantes. Par exemple, les pâturages à la prédominance de *Carex physodes* et *Carex pachystylis*, ainsi que d'autres éphémères et éphéméroïdes pourraient prendre la première place dans les plans. Les associations aux espèces de végétation prolongée vont donner le meilleur effet si l'on les exploite ou on les fauche au cours de la période optimum, quand la masse de plantes est au plus haut, tout comme la valeur nutritive ou la comestibilité. En outre, la précision des délais sur le plan des phases principales d'évolution fournit la possibilité de déterminer les dates de formation pour les récoltes fourragères.

La reprise de la végétation de pâturage au printemps commence dans des délais différents et varie selon les zones climatiques et les années en fonction de la situation atmosphérique printanière aussi bien que celle de l'hiver précédent. D'après certains auteurs, la période de l'accalmie hivernale présente un intérêt tout particulier, car pendant ce temps une plante combine l'action de mécanismes divers d'adaptation à la végétation nouvelle. Ainsi, on a établi que la croissance hivernale des bourgeons d'arbres et de buissons porte un caractère continu, mais passe par intermittence; cette croissance s'anime au cours des dégels et s'arrête pendant les refroidissements. Certains chercheurs sont d'avis que l'impact des températures basses se fait sentir sur le repoussement printanier ultérieur.

Les avis de chercheurs touchent, dans le fond, l'influence qualitative de la période hivernale sur l'évolution ultérieure de la végétation. Les travaux effectués à l'Institut de recherches hydrométéorologiques de la RSS de Kazakhie indiquent une appréciation quantitative de l'influence exercée par les températures hivernales sur le recommencement de la végétation. La dépendance du recommencement de la végétation d'une part, et la durée et la sévérité de l'hiver, d'autre part, avait pour base la somme de températures négatives après le passage de la température d'air à travers 0° au printemps jusqu'à 0° en automne, et du nombre de jours pour la période à partir de 0° en automne jusqu'au recommencement de la végétation des plantes au printemps.

Les résultats obtenus par les stations situées au Nord de l'Aral, ont démontré une corrélation nette, surtout lors des hivers froids (1969), quand la somme de températures négatives totalisait plus de 2000° . Le nombre de jours jusqu'au renouvellement de la végétation pour les buissons était de 165 à 190 jours, et pour les semi-buissons et les graminées — de 160 à 180 jours. Au cours d'un hiver chaud quand la somme de températures totalisait $730 - 750^{\circ}$, la végétation des plantes fut commencée après 140—160 jours et 120—150 jours consécutifs. La liaison étroite est démontrée par les coefficients de corrélation qui font $0,84 \pm 0,037$ et $0,86 \pm 0,031$.

Le début du renouvellement de la végétation pour les déserts du Nord (Monsyr, Ayakou, Kara-Koum, Jetyjol) peut être précisé d'après les équations régressives suivantes:

$$y = 0,037X \pm 96,4$$

$$Sy = \pm 14,3$$

pour MS Aydarly (au sud du Balkhach)

$$y = 0,066X \pm 64,5$$

$$Sy = \pm 13,2$$

où y est le nombre de jours à partir de 0° en automne jusqu'au renouvellement de la végétation au printemps; X — la somme de températures négatives au cours de l'hiver.

Les températures maximales revêtent une grande importance pour le renouvellement de la végétation au printemps. Pour les espèces qui recommencent leur végétation à l'assortiment de températures d'air maximales $\leq 400^{\circ}$, la corrélation entre la durée de la période (en jours), et entre la date du passage des températures par 0° jusqu'au renouvellement de la végétation et la somme des températures maximales pour la même période, est exprimée par le coefficient de corrélation $0,94 \pm 0,006$. L'équation régressive linéaire a l'aspect suivant:

$$y = 0,093X \pm 1,011 \quad Sy = \pm 3 \text{ jours,}$$

où y est le nombre de jours pour la période à partir de la date du passage de la température de l'air par 0° jusqu'au renouvellement de la végétation des plantes; X — la somme des températures maximales pour la même période.

Pour les espèces, qui renouvellent leur végétation à l'assortiment des sommes de températures maximales $\geq 400^{\circ}$ à partir de la date du passage par 0° ; la liaison est exprimée par le coefficient de corrélation $0,87 \pm 0,04$.

L'équation régressive:

$$y = 0,05X \pm 14,45.$$

Le pourcentage des prévisions fait 86 % et 80 % conformément avec ± 10 %.

Ce n'est pas toujours que la végétation du pâturage se renouvelle après la température ayant passé la limite de 0°C . Les plantes précoces (*Agropyron fragile*, *Kochia prostrata*, *Artemisia terrae-albae* et la plupart des éphémères) repoussent souvent immédiatement après la disparition de la couche nivale; l'effet est dû à l'insolation intense et le rechauffement rapide de la couche du sol supérieur. Pour les pâturages en question, donc, les prévisions puissent être faites non à partir du passage des températures journalières moyennes par 0°C , mais en se fondant sur la somme des températures de l'air maxima après la disparition de la couche nivale; d'ordinaire, une corrélation avec le début de la période de végétation est nettement prononcée. Les résultats obtenus le prouvent par un coefficient de corrélation assez haut ($r = 0,91 \pm 0,03$). Ceci dit, il faut indiquer que cette méthodologie des pronostics doit prendre en considération les cas où la couche nivale se révèle instable.

En général, les prévisions agrométéorologiques pour les récoltes de fenaçons et de pâturages doivent assimiler, dans la méthodologie, plusieurs facteurs et conditions de l'environnement, ainsi que les caractéristiques bioécologiques des espèces de plantes dominantes. Dans cette optique une attention doit

être captée par les facteurs limitants pour une région géographique et naturelle donnée. C'est ainsi que dans la zone forestière le facteur limitant se résume par la chaleur, et dans les régions arides — par la quantité d'humidité. En outre, des circonstances locales puissent avoir un effet considérable sur le volume de la récolte. Même dans le cadre d'une zone limitée, les pentes de certaines expositions dans les montagnes auront non seulement un rendement divers, mais une saturation diverse sur le plan des espèces et de la quantité. Dans les conditions arides, en présence des abaissements aux eaux souterraines proches, le rendement de la récolte sera en fonction des températures de l'air et du sol aux débuts de printemps. Tous ces facteurs doivent entrer en considération lors de l'élaboration d'une méthodologie appliquée à la végétation de pâturage.

Les explorations en stations, échelonnées sur plusieurs années, ainsi que les observations faites par le vaste réseau de stations météo, démontrent que l'accumulation de la matière végétale dépend de facteurs multiples, dont les régimes aquatique et salicole jouent un rôle important, tout comme la balance calorifique et la composition botanique. En règle générale, dans les emplacements secs les récoltes maxima sont en avance, et dans les endroits humides elles sont en retard. Les variations des conditions météo dans la période de végétation font un effet sensible sur la récolte absolue du pâturage et de la fenaison aussi bien que sur le caractère dynamique saisonnier de la matière verte. Voilà pourquoi, la courbe de l'accumulation de la récolte fait preuve de deux ou trois sommets. Des variations pareilles dans les conditions atmosphériques incitent des variations dans les délais de l'accumulation de la masse aérienne et apportent des changements de poids dans les évaluations quantitatives du rendement à prévoir.

Les variations saisonnières et annuelles dans les rendements des fenaisons et des pâturages revendiquent une approche raisonnable à l'exploitation des pâturages et le calcul des stocks fourragers, et le nombre du cheptel. Par exemple, dans les territoires au Nord de l'Aral les variations du rendement sur les pâturages au sol blanc et d'absinthe atteignent des chiffres importants. Dans les années aux récoltes maigres, la quantité de la masse aérienne est de 0,15–0,2 t/ha, lors des récoltes moyennes — 0,35–0,4 t/ha et lors des récoltes fortes — 0,5 t/ha et d'avantage. Il est évident que les prévisions du rendement à l'avance présentent un intérêt particulier, car on peut définir le stock fourrager au préalable, et calculer ainsi la quantité de fourrage manquant pour la période hivernale.

Les recherches effectuées ont démontré que les pronostics relatifs au rendement de la végétation de fenaison et de pâturage sont possibles; faits à l'avance, ils revêtent un caractère suffisamment faible. Une série de méthodes est élaborée à présent à cet effet; elles ont pour base des régularités du régime des facteurs météo étroitement liés aux rendements.

1. Dans la période de végétation précoce, la croissance et l'évolution des plantes sont conditionnées par la quantité d'humidité dans le sol et les températures printanières. En effet, c'est justement la période

de branchage intense chez les formes buissonnantes et semi-buissonnantes; en même temps les éphémères et plusieurs espèces herbeuses forment leurs masses essentielles.

Dans les prévisions du rendement une place importante revient aux pronostics relatifs à la hauteur des plantes. Plus les plantes sont hautes et volumineuses, plus sont les récoltes de la matière verte. Les matériaux obtenus en fournissent une preuve, et cela est vrai non seulement pour la végétation naturelle, mais aussi pour les cultures agricoles diverses.

Il fut établi que la croissance, l'évolution et la formation de la masse végétale des associations désertiques se trouvent en liaison directe avec les conditions atmosphériques lors de la période de végétation; ce dernier est tout d'abord en fonction de la quantité d'humidité dans les horizons du sol où poussent les racines, ainsi que du régime thermique.

La quantité d'humidité conditionne la vitesse de l'évolution, la hauteur et, finalement, la récolte de la matière fourragère. Par conséquent, une relation directe existe entre la quantité de l'humidité accumulée dans le sol, la hauteur des plantes, et le rendement. Plus sont la hauteur et l'abondance des plantes, plus on a la récolte. Ainsi, I.G. Sabinina et P.A. Ploujnaïk ont établi un rapport entre la vitesse de repoussement de l'absinthe au printemps jusqu'à la hauteur de 5–10 cm et la température de l'air; l'humidité de sol doit être suffisante (pas moins de 8–10 mm dans la couche du sol de 0–50 cm). La somme de températures efficaces (plus de 5°), nécessaire pour le repoussement des plantes jusqu'à 5 cm, est égale à 200°; pour le repoussement jusqu'à 10 cm elle est de 270°.

Un rapport étroit entre la récolte de la matière sèche et la hauteur moyenne des plantes est obtenu par I.G. Greengoff pour certaines graminées éphémères (*Eremopyrum buonapartii* (Spreng) Nevski, *Eremopyrum distans* (c. Koch) Nevski, *Bromus tectorum* L.) et autres plantes. Ce rapport est exprimé pour les graminées éphémères par l'équation régressive suivante:

$$y = 0,29X - 2,44 \text{ avec } r = 0,91 \pm 0,001.$$

Un coefficient de corrélation encore plus grand entre le rendement et la hauteur moyenne fut obtenu pour *Bromus tectorum* L., dont l'équation régressive a l'aspect suivant:

$$y = 1,4X - 9,5 \text{ avec } r = 0,95 \pm 0,016.$$

Les prévisions relatives aux ressources fourragères naturelles présentent des difficultés considérables du fait que des facteurs multiples y entrent en jeu (une grande diversité de la couverture végétale, des caractéristiques variées bioécologiques, des conditions atmosphériques inégales etc.); parmi ces dernières, une grande portée revient au taux d'humidité et au régime thermique. Ses éléments font partie des prévisions synoptiques à long terme qui ont, pour le moment, une fiabilité insuffisante. Voilà pourquoi, les agrométéorologistes tentent actuellement d'utiliser, outre les prévisions synoptiques, d'autres facteurs d'inertie — tels que la profondeur de mouillage du sol vers le printemps, la quantité de pousses sur le buisson, etc.

2. Le réseau de stations météo au Kazakhstan, en Asie Centrale et d'autres régions du pays usent couramment de la méthode qui détermine les prévisions du rendement par la profondeur de mouillage du sol. La précision de la profondeur qu'atteint l'humidité importe surtout pour les régions au climat sec, où les eaux souterraines sont distancées de la surface. Dans des emplacements pareils l'approvisionnement des plantes en humidité est strictement conditionné par la quantité et l'intensité du régime des précipitations combinées avec les particularités du relief et de la couverture de sol. En règle générale, l'humidité de sol est pourvue par les précipitations automnales et hivernales. La frontière entre la couche mouillée et l'horizon sec est nettement visible sur la paroi de la fosse ou lors du forage.

La profondeur de mouillage du sol (PMS) fut utilisée pour la première fois dans les Grandes Plaines (du Nord) des USA pour servir d'indice aux prévisions de l'état et du volume de rendement des ressources fourragères naturelles. Le rapport entre le rendement de pâturage et la profondeur de mouillage du sol établi, on peut donner une évaluation qualitative de la masse aérienne fourragère de 1,5 — 2 mois à l'avance.

Des études fondamentales ont été exécutées par A.N.Fedosséev, N.A.Mordvinov et d'autres, pour élaborer la méthodologie des prévisions quant à la formation de la récolte aux pâturages compte tenu de la profondeur de mouillage du sol au printemps; la végétation de pâturage fut évaluée en points. Ainsi, d'après A.N.Fedosséev, la profondeur de mouillage est un indice indirect du taux d'humidité accessible et peut servir de signe pour une évaluation visuelle de la présence de l'humidité au printemps.

Compte tenu des propriétés physiques du sol, les taux d'humidité varient considérablement à la même profondeur de mouillage. Le sol mouillé jusqu'à 100 cm contient, vers la première décade chaude les quantités suivantes de l'humidité: sol noir argileux lourd — près de 170 mm, sol gris — près de 150 mm, sol châtain clair — 120 mm, le sable et les sols sablonneux — 80 mm, ce qui correspond aux 70 — 80 % des valeurs correspondantes de la capacité hydroscopique de campagne.

Ayant obtenu les renseignements concernant la profondeur de mouillage des sols, on peut considérer ces chiffres en tant qu'indices du taux d'humidité et, partant, se faire une idée des conditions pour la formation de la récolte ainsi que faire des pronostics sur le rendement au préalable (1,5—2 mois à l'avance).

Les avantages de cette méthode se résument dans le fait qu'il est aisé de déterminer la profondeur de mouillage du sol et d'effectuer, dans de courts délais, des mesures nécessaires sur de vastes territoires et les reliefs différents; ceci met la méthodologie en valeur devant d'autres moyens pour déterminer le taux d'humidité, ces moyens étant lents et encombrants.

On peut également prévoir la productivité de la masse verte à partir de l'accroissement de l'humidité du sol au printemps. Le taux d'humidité présente un indice d'inertie pour le volume du rendement prévu, malgré le fait que les conditions atmosphériques puis-

sent apporter des correctifs à ces prévisions. Plus abondante est l'eau du sol vers le début de la période de végétation, plus on a de chances d'avoir une récolte forte de la matière verte. Un rapport étroit entre la productivité de la masse aérienne et la quantité d'eau du sol est dû au fait que la quantité de précipitations dans la période automne-hiver n'est pas responsable pour le volume de la récolte. Un automne tiède et humide provoque un repoussement intense de la végétation de pâturage, et de ce fait, l'eau du sol se trouve épuisée vers la période hivernale. Les précipitations de la période hivernale en partie s'évaporent, et en partie s'accumulent dans le sol. Le coefficient d'accumulation varie d'une année à l'autre — de 0,60 à 0,90. Par conséquent, vers le printemps la quantité d'eau dans le sol sera en fonction de facteurs divers, de même qu'elle est un indice pronostique direct et un critère sûr quant aux conditions propices pour une récolte des fourrages naturels. La quantité de l'eau disponible dans le sol au printemps permet de faire des prévisions faibles pour la croissance des herbes de pâturage ainsi que pour leur rendement.

La méthodologie des prévisions de la récolte fourragère d'après la quantité de l'eau disponible, dans les déserts du Nord, comprend une prise de mesures effectuées dans la couche de sol d'un mètre de profondeur lors de la première décade chaude, la température moyenne étant de $\geq 10^{\circ}\text{C}$. Pour les déserts du Sud ainsi que pour les plaines au pied de montagnes, les données concernant les taux d'humidité maxima lors des premières décades de mars sont recommandées. Il s'agit des régions où ce maximum peut être révélé; dans le cas contraire il faudra se référer aux taux d'humidité enregistrés lors de la première décade printanière quand la température s'élève à 5°C .

3. A l'absence de données relatives à la quantité d'eau disponible dans le sol, on peut prévoir la récolte maximale d'après le volume de précipitations enregistré au cours des périodes diverses. Une analyse des travaux faits aux stations de recherches, ainsi que celle des observations faites dans les stations météorologiques, avait rendu possible d'établir un rapport assez étroit entre le rendement maximum et la quantité de précipitations durant le période novembre-juin pour les régions arides du Nord, et la période décembre-mai pour celles du Sud. Ce rapport est exprimé par le coefficient de corrélation ($r = 0,75 \pm 0,07$ et $r = 0,87 \pm 0,05$). L'équation régressive prend dans ce cas l'aspect suivant:

$$y = 0,67X \pm 23,1;$$

$$y = 0,74X \pm 9,7,$$

où y est la récolte (%), et X — la quantité de précipitations pour la période donnée (%).

Le pourcentage de véridicité fait 80 et 87 % conformément avec $\pm 20\%$.

La méthode de prévision peut avoir pour base un indice complexe qui est le coefficient de mouillage (C) pour la saison humide. On compte le début de la saison humide à partir de la première décade d'automne ou d'hiver quand la quantité de précipitations dépasse les dépenses de l'humidité pour l'évaporation, tandis que les taux d'humidité du sol commencent à monter. Les rapports sont donc directs entre le coefficient de mouillage et le rendement de la

végétation de pâturage. Les coefficients de corrélation pour ce rapport sont assez hauts dans les pâturages sablonneux: $r = 0,88 \pm 0,03$ et dans les pâturages de takyre: $r = 0,90 \pm 0,04$.

Une grande importance revient aux prévisions du volume de la récolte végétale au printemps quand le déficit de la pâture verte se fait sentir d'une manière accentuée. Les études accomplies dans le Kara-Koum du Sud-Est ont eu pour résultats le rapport quantitatif entre le volume de la récolte de la végétation éphémère et l'ensemble des conditions météorologiques. Un peu plus tard les rapports analogues furent établis pour les régions naturelles diverses du Turkménistan.

4. Afin de déterminer la récolte maximale de la végétation éphémère on faisait recours à la somme de températures au-dessus de zéro moyennes à partir de la première pluie en octobre jusqu'aux récoltes maxima, et la quantité de précipitations pour la même période.

Pour les régions du Sud-Est (station météo-SM Lekker) l'équation régressive prend l'aspect suivant:

$$y = 0,02X \pm 0,001z \pm 1,003; r = 0,75 \pm 0,09; \\ Sy = \pm 0,18 \text{ t/ha.}$$

Pour les régions du Nord-Ouest (SM Tchyguyl) l'équation est:

$$y = 0,004X \pm 0,004z - 1,66; r = 0,88 \pm 0,05; \\ Sy = \pm 0,06 \text{ t/ha.}$$

Pour les régions du Nord (SM Ekenjé) le rapport est exprimé par un coefficient de corrélation un peu moindre:

$$r = 0,75 \pm 0,13; y = 0,01X + 0,001z - 0,36; \\ Sy = \pm 0,03 \text{ t/ha,}$$

où y est la récolte maximale des herbes de printemps, X — la somme de précipitations et z — la somme de températures moyennes au-dessus de zéro.

La première équation peut être appliquée dans les limites de précipitations totalisant 332 mm et la somme de températures de l'air moyennes au-dessus de zéro de 707 à 1326°; la seconde équation est valable pour les précipitations de 35 à 103 mm et les sommes de températures de 665 à 1243°, la troisième équation — pour les précipitations de 35 à 129 mm et les sommes de températures de 600 à 1148°.

Le rapport avec la récolte des pâturages d'éphémères se voit amélioré si l'on introduit dans l'équation régressive un paramètre complémentaire — celui de la profondeur de mouillage du sol (PMS). A titre d'exemple nous allons présenter une équation calculée pour le Kara-Koum Central (SM Erbent),

$$y = 0,02PMS \pm 0,005X \pm 0,0001z - 0,1; \\ r = 0,90 \pm 0,05; \\ Sy = \pm 0,03 \text{ t/ha.}$$

Cette équation prend le sens dans les limites du total de précipitations atmosphériques de 19 à 65 mm, de la somme de températures journalières moyennes au-dessus de zéro de 633 à 1280° et la PMS — de 30 à 60 cm.

Il fut déjà noté que la végétation désertique est placée dans les conditions sévères aux variations brutales de facteurs météorologiques. Ces variations sont surtout visibles quant à la température de l'air lors de la végétation, c'est pourquoi le régime thermique prend tellement d'importance au printemps, au cours de la croissance et l'évolution des plantes. Plusieurs

herbes de pâture poussent d'une façon intense dans la période printanière quand les températures de l'air ne dépassent pas 20 °C.

Des explorations effectuées dans les stations au Nord de l'Aral et les centres météo situées dans le même territoire, ont fourni des statistiques qui permettent de voir un rapport entre la récolte et la somme de températures de 0 à 20°. Ce rapport est marqué par un haut coefficient de corrélation ($0,90 \pm 0,03$) et l'équation régressive de type suivant:

$$y = 0,009z - 0,5; \\ Sy = \pm 0,09 \text{ t/ha,}$$

où y est la récolte maximale, z — est la somme de températures de l'air journalières moyennes pour la période 0—20°.

Avec l'augmentation de la période qui s'étend de 0 à 20°, la somme de températures efficaces monte ainsi que la récolte d'arbustes, de semi-arbustes et d'autres plantes herbeuses.

Les pronostics sur le rendement revêtent une part importante particulière s'ils sont faits quelques mois à l'avance. A cet effet, il faut utiliser comme prédic moyen de prévision certains facteurs climatiques qui assurent les déductions au préalable et amoindrissent l'erreur.

5. Dans cette optique, un intérêt revient aux travaux par V.E. Boutchinsky. Il a établi une corrélation entre la quantité de précipitations saisonnières (pour le printemps et l'automne) et les valeurs de la radiation solaire directe sur la surface horizontale en octobre de l'année précédente et en mars en cours. V.E. Boutchinsky conditionne le rapport par une interaction étroite entre la radiation solaire directe et la circulation atmosphérique, ainsi que la pression de l'atmosphère. Si au mois d'octobre passé des hautes valeurs furent notées pour la radiation solaire et la pression atmosphérique, ainsi que pour la quantité insignifiante de précipitations, alors au printemps le type anticyclonal va dominer; au contraire, à une basse valeur de la radiation solaire directe et de la pression, ainsi qu'à une forte quantité de précipitations correspond le type cyclonal.

Partant de là, un rapport fut établi entre la récolte de la végétation de pâturage dans les déserts sablonneux — y , et la valeur de la radiation solaire directe — X , ainsi que la quantité d'heures du rayonnement solaire au cours du mois d'octobre passé. Le rapport inverse est une réaction exprimée par le coefficient de corrélation — $0,91 \pm 0,03$.

L'équation régressive est:

$$y = 0,062X \pm 18,48; Sy = \pm 0,81.$$

Le pourcentage de véridicité fait 80 % conformément avec ± 20 %. La méthode en question présente un avantage d'une anticipation (6—8 mois à l'avance), d'une petite erreur et d'une simplicité évidente — tout calcul compliqué est superflu.

6. En traitant les problèmes relatifs aux prévisions de la productivité dans les fenaisons et les pâturages naturels, situés dans les régions arides, on ne saura passer les prévisions concernant la végétation dans les terres submersibles. Ces types de ressources naturelles attachées aux rivières des régions arides et semi-arides, méritent une forte attention car les prairies submersibles et les limans servent de sources principales pour le stockage du foin. Les récoltes de

foin y sont de 2–3 fois meilleures par rapport à celles rentrées dans les plaines sèches.

La formation de la matière productive dans les prairies submersibles se trouve en fonction de facteurs multiples, dont les principaux sont des facteurs hydrométéorologiques. C'est le rôle joué par le régime hydrologique de ruissellement qu'il faut mettre en relief. Il est à noter que le régime en question fait preuve d'une diversité considérable même dans les limites d'un massif submersible pris à part. Cette particularité combinée avec la situation météo changeante, crée chaque année une multitude de variantes sur le plan de la croissance, de l'évolution et de la formation de la récolte fourragère. A titre d'exemple, on peut citer la végétation dans la basse Tchou (la delta Fourmanov) qui est submergée chaque année à partir d'octobre-décembre jusqu'à mai-juin.

Les particularités essentielles de son régime hydrologique sont les durées du ruissellement et de la décrue.

Il fut établi que lors d'un été sec, l'accumulation maximale de la matière verte composée d'herbes diverses et de jonc est observé à la décrue vers fin mai-début juin. La récolte de la masse sèche varie dans les limites de 2–10 t/ha. Une décrue précoce (en avril) provoque la baisse dans les récoltes de associations végétales jusqu'à 40 % par rapport à la moyenne annuelle et même d'avantage. L'effet positif causé par les précipitations atmosphériques monte d'une façon considérable. Les durées tardives de la décrue (en juin-juillet) provoquent, elles-aussi une baisse de productivité dans les associations de jonc, surtout par un été pluvial. Cela est dû au fait que les eaux au courant faible ou stagnantes se retrouvent, lors d'été très chaud, dans des mauvaises conditions quant à l'aération de la couche supérieure du sol, cette couche où les racines poussent. Les températures optima, dans cette optique, se situent dans la moyenne de 16–18° pour la période printanière, entre les dates où la température journalière dépasse 10° et 20°.

Les associations d'herbes diverses et de jonc sont répandues sur des terrains au ruissellement élevé (la décrue s'achève en mars-mai). Les récoltes de foin varient de 2,5 à 5,5 t/ha. Les conditions optima surgissent dans le cas où toute la période de végétation est pourvue de précipitations et la décrue se produit durant le mois de mai.

Il y a des associations qui se forment lors de ruissellement de courte durée (1–2 semaines) et qui ne se répètent pas tous les ans — un exemple en donnent les graminées; dans ce cas c'est le niveau des eaux souterraines dans la période printanière qui sert de critère au régime hydrologique. Une caractéristique complémentaire pour les prévisions de la récolte est fournie par les précipitations au cours de la période critique de végétation (20.V. — 20.VI). Les récoltes de l'association de graminées varient dans les limites de 1,5 à 2,0 et même jusqu'à 4,0 t/ha par an.

A l'analyse et l'évaluation des récoltes moyennes pour les exploitations situées dans les prairies submersibles il faut avoir des caractéristiques hydrologiques embrassant l'ensemble des terres submersibles ainsi qu'un nombre d'indices complémentaires. Tels sont: le volume d'eau pour toute la période de

la crue, les débits maxima, le niveau de précipitations pour toutes les saisons de l'année, les températures au printemps, ainsi que certains détails des activités économiques, dont les surfaces de fauchaisons annuelles, leurs déplacements à la suite du niveau élevé ou diminué de ruissellement.

De cette façon, un rapport fut établi entre le volume annuel moyen de récoltes pour les terrains de la rivière Tchou, d'une part, et un ensemble de facteurs, de l'autre. Ce rapport est présenté en forme de graphiques avec une analyse de corrélation consécutive. Pour comparer le degré d'influence de tel ou tel facteur de l'environnement sur la productivité de prairies, les valeurs de la récolte furent exprimées en fractions d'une unité, où l'unité fait une valeur moyenne de la récolte.

Des conditions optima pour les récoltes élevées furent observées quand le volume de la crue dans le delta faisait de 1,00 à 1,40 de la moyenne annuelle, compte tenu de la présence de précipitations au cours de la saison froide. Le coefficient de corrélation entre la récolte réelle (Rr) et celle figurant sur le graphique, fait $0,306 \pm 0,297$. Si l'on y additionne d'autres facteurs, tels que le débit maximum lors de la crue submergente les prairies, le taux thermique pour la période printanière (10.IV–20.V.), le coefficient de corrélation entre la récolte réelle et la récolte calculée fut $0,804 \pm 0,091$, et compte tenu de la superficie de fenaison, il fut $0,861 \pm 0,067$.

7. A la différence de la végétation des terres submersibles, celle des steppes de pré et typiques dépend largement de la quantité de précipitations et de leur répartition saisonnière. Ainsi, les années de récoltes fortes en herbes sont caractérisées dans le Kazakhstan du Nord, la région de l'Altaï et la Transbaïkalie par une quantité de précipitations élevée en avril-juin (120–130 mm en moyen) et une période de végétation tempérée. Lors des années aux récoltes maigres le volume de précipitations est faible, n'accusant que 30–60 mm pour la même période. Au cours des mêmes années on observe des sauts de températures et les signes de sécheresse en mai-juin.

Voilà pourquoi, un indice suffisamment stable, pour évaluer la formation de la récolte d'herbes aux pâturages et fenaisons des steppes typiques, pourrait servir la sécheresse de mai exprimée par le déficit d'humidité de l'air. Les données de base, pour évaluer et faire les pronostics quant à la formation de la récolte d'herbes naturelles, sont puisées dans les informations concernant le déficit mensuel moyen de l'humidité de l'air au mois de mai. Ce déficit peut varier considérablement d'une région à l'autre. Par exemple, dans la steppe de Koulounda on prenait pour un indice concernant le rendement de l'année le déficit d'humidité de l'air en mai qui était moins de 6 mm (le rendement du foin 0,8 – 1,1 t/ha). Si le déficit d'humidité de l'air dépasse 7 mm, il faut s'attendre à de mauvaises conditions de la formation de la récolte d'herbes (le rendement du foin 0,4–0,5 t/ha).

Dans le cas où l'on prend le déficit d'humidité de l'air comme un indice de prévisions, une possibilité de l'année anormale devra être prise en considération: il s'agit du cas quand les conditions favorables de mai puissent être réduites à zéro par un été froid. Ainsi, l'analyse des observations, faites dans les stations

météos au Nord de l'Aral a démontré un faible rapport entre la récolte et le déficit moyen d'humidité de l'air pour la période du 20 avril au 20 mai. Le coefficient de corrélation y est égal à 0,67. Pourtant, faut-il faire une réserve: il existe un lien indéniable et étroit entre la productivité de la masse aérienne et le déficit d'humidité de l'air. Une approche différenciée et argumentée tenant compte de l'emplacement et des particularités bioécologiques des espèces végétales, est de rigueur dans la solution de ce problème. Les défauts de la méthode envisagée gisent dans l'impossibilité de faire les pronostics longtemps à l'avance et de se fier aux prévisions synoptiques.

Les régions de montagne, à la différence des steppes et des déserts, ont un caractère extrêmement disparate et les conditions orographiques compliquées. Les dernières exercent une influence sensible sur les particularités microclimatiques, ainsi que la couverture végétale et celle du sol. C'est pourquoi, la mise au point des méthodes faibles quant aux prévisions de la productivité aux fenaisons de montagne, est très importante aussi bien que compliquée.

Il fut déjà noté que les conditions agrométéorologiques des régions montagneuses favorisent la formation de la récolte. Dans la majorité des années une forte quantité de précipitations atmosphériques et les températures douces contribuent à recevoir des récoltes hautes, quoique les dernières varient considérablement selon les années. Lors des années favorables, la productivité des fenaisons de montagne fait 2,5–5,0 t/ha; mais lorsque les précipitations au printemps et au début de l'été sont rares, et le taux d'humidité du sol est bas, les récoltes de la masse aérienne tombent jusqu'à 0,6–1,5 t/ha.

Les études effectuées sur place ont permis d'établir une dépendance entre le rendement et les éléments météorologiques pour l'Alatou Transily (la vallée de la rivière Assy). Ainsi, les valeurs mensuelles moyennes du déficit d'humidité de l'air pour le mai-juin se sont révélées les plus favorables, quant à la végétation de pâturage, lorsqu'elles sont dans les limites de 2–3 mm; notons qu'au cours de cette période de 70 à 80 % de la masse aérienne se forment. On a reçu également un rapport entre le rendement et l'indice complexe du mouillage (M) qui représente la relation du débit général de l'humidité pour la décade qui commence après le passage de la température par 5° au printemps et se termine au moment de la récolte maximale du foin, à la somme des déficits d'humidité journaliers moyens.

$$M = \frac{Bb + Oc}{\Sigma d}$$

où Bb est le faux d'humidité disponible dans la couche du sol d'un mètre de profondeur au printemps (en mm);

Oc — la somme des précipitations à partir du printemps jusqu'à la récolte maximale (en mm).

d — la somme des déficits journaliers moyens pour la période envisagée.

Les récoltes les plus fortes sont obtenues lorsque $M = 1,0 - 1,4$.

Dans les régions montagneuses d'Arménie la productivité de fenaisons et de pâturages se trouve en fonction du coefficient du mouillage qui varie de 0,2 jusqu'à 1,2. Le rapport obtenu entre le rendement du foin composé d'herbes naturelles et le coefficient de mouillage est direct. Quant à l'équation, elle prend l'aspect suivant:

$$Y = 3,7X + 11,2;$$

$$r = 0,90.$$

Le rapport inverse est obtenu avec le déficit d'humidité de l'air pour le mois de mai. Le rendement peut être calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$Y = -0,88X + 18,5;$$

$$r = -0,84.$$

Un lien plus faible est observé avec les précipitations du mois de mai. Le coefficient de corrélation est égal à 0,74.

Partant du fait que le volume de la récolte pour la végétation de pâturage est conditionné, en premier lieu, par le facteur thermique et la quantité d'eau disponible dans le sol lors de la période de végétation, on a effectué des calculs afin d'établir les rapports entre la récolte, la somme des précipitations et la somme des températures au-dessus de zéro après le passage par 5° , jusqu'à la décade à la récolte maximale pour la région montagneuse du Tadjikistan. Le rapport est exprimé par l'équation suivante:

$$Y = 0,0794V - 0,0132X - 0,741Z + 26,39;$$

$$r = 0,84 \pm 0,06;$$

$$Sy = \pm 0,19 \text{ t/ha,}$$

où Y est la récolte de la matière végétale sèche de la région d'alpage aux herbes diverses;

V — la somme des précipitations durant la période de végétation;

X — la somme des températures au-dessus de zéro pour la même période;

Z — l'humidité du sol (%) dans la couche de 0 — 50 cm.

Ces rapports entre les évaluations et les prévisions du rendement dans les pâturages et les alpages doivent être considérés comme des approximations, et la méthodologie — soumise au perfectionnement.

Les données démontrent clairement que la productivité de la matière verte est toujours en fonction de l'ensemble de facteurs hydrométéorologiques et des activités humaines. Compte tenu de ces liens on peut faire des prévisions quant au rendement de ressources fourragères au préalable, calculer le stock sur le territoire, et de ce fait avoir un effet économique dans des exploitations d'élevage.

IV. GESTION DES PATURAGES ET LEURS EXPLOITATIONS

MONITORING DES PATURAGES DESERTIQUES

par *V.N.Nikolaev*. Docteur ès sciences agricoles, professeur. Chef du laboratoire de l'Institut des Déserts de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie (Achkhabad)

Les pâturages désertiques occupent des territoires immenses en Union Soviétique. Situés dans les républiques d'Asie Centrale et au Sud du Kazakhstan, ils jouent un rôle important dans le développement de l'élevage. De ce fait, le problème de leur utilisation rationnelle et de maintien de leur bonne productivité pendant de longues années font l'objet des soucis permanents des centres de recherches scientifiques et des organismes agricoles de production.

Dans les conditions du progrès scientifique et technique actuel où l'influence de l'homme sur la nature se fait sentir de plus en plus, le maintien d'un écosystème fragile et extrêmement variable, tel que notre désert, est lié à des difficultés importantes et doit s'appuyer sur des recherches théoriques profondes.

En Union Soviétique, grâce à l'aide permanente apportée par les organismes appropriés, le Parti communiste et les Soviets au développement incessant de la recherche scientifique, on a accumulé aujourd'hui une large expérience en matière d'étude complexe et de mise en valeur des territoires désertiques. Dans le cadre de ces recherches, une attention particulière est apportée à la mise au point d'un système, vraiment, scientifique de la gestion, englobant l'ensemble des problèmes ci-dessus mentionnés.

Par monitoring des pâturages désertiques, on entend justement un système de gestion à caractère scientifique et coordonné, visant à assurer l'utilisation rationnelle des pâturages au profit de l'élevage, et permettant d'obtenir la production optimale à l'unité de superficie des pâturages et le maintien de la bonne productivité des pâturages pendant de longues années.

L'une des premières mesures du monitoring, dont la nécessité est absolument impérative, est une inspection géobotanique des pâturages à grande échelle, permettant d'établir la composition des herbes sur les différents types de pâturages ainsi que l'importance et les variations des réserves de fourrages naturels en fonction de la saison de l'année.

En plus des paramètres quantitatifs, on accorde une grande importance à l'amélioration de la qualité du fourrage, basée sur son analyse chimique et sur l'étude de l'appétibilité et de la nutritivité des plantes isolées et des rations offertes.

Par la suite, les paramètres quantitatifs et qualitatifs de l'évaluation des pâturages sont largement utilisés pour l'établissement du cadastre des pâturages et des terres lors du processus de bonification et de l'estimation économique des herbages.

Dans la zone aride qui présente de fortes variations climatiques et fourragères sur les pâturages d'année en année, une gestion rationnelle de l'élevage en plein air est impossible sans l'information récente sur l'état des pâturages pour chaque année calendaire. Cette information est intégrée en effectuant des inspections globales terrestres et aériennes des pâturages et en dressant des cartes opérationnelles des pâturages.

En disposant d'une information aussi riche et variée sur l'état des pâturages, les éleveurs mettent au point des mesures d'organisation visant à assurer une exploitation rationnelle des pâturages pour ovins.

Inspection géobotanique des pâturages

L'exploitation rationnelle des terrains de pâturage, ne peut être, dûment, organisée que suite à une étude détaillée des espèces des herbes lors de l'inventaire des pâturages. L'inventaire des pâturages s'effectue au cours de leur inspection géobotanique.

Dans les conditions du désert, l'inspection géobotanique des pâturages porte en règle générale un caractère complexe et se fait par les efforts communs des pédologues, géomorphologues, géobotanistes, arpenteurs géomètres et hydrogéologues. A une certaine étape, des zootechniciens et des économistes peuvent aussi prendre part aux travaux.

Les travaux liés à l'inspection intégrale des pâturages comprend les phases suivantes:

1. La recherche et la systématisation de l'information de base.
2. La cartographie des pâturages.
3. La mise en évidence des variations saisonnières des réserves de fourrages.
4. Le traitement au bureau de l'information obtenue et la rédaction du rapport.

Recherche et systématisation de l'information de base. En abordant pour la première fois l'inspection intégrale d'un terrain de pâturage, il est nécessaire de bien connaître l'information des années précédentes relative au territoire en question, pour en tenir compte, au cours du travail envisagé. Ayant reçu la mission d'inspection complexe, le chef d'expédition procède à la formation de son équipe. Elle comprend, généralement, un arpenteur géomètre, un pédologue, un géobotaniste, un hydrogéologue (ou ingénieur hydrotechnicien), ainsi que des techniciens.

L'arpenteur géomètre doit, avant la mise en route de l'équipe, avoir rassemblé toutes les cartes nécessaires, commandé des clichés aériens, travaillé toutes les cartes géobotaniques, géomorphologiques, hydrogéologiques et autres (avec le concours des spécialistes intéressés) et réduit toutes les cartes à l'échelle nécessaire.

On considère, actuellement, que, dans les conditions de la zone aride de l'URSS, le moyen le plus rationnel de l'inspection intégrale des pâturages à grande échelle est l'établissement des cartes thématiques au 1 : 100 000. Cette échelle permet d'avoir une information nécessaire et, suffisamment, détaillée pour la gestion des pâturages.

De différents spécialistes de l'équipe, en se préparant à la mission, procèdent à l'interprétation des clichés aériens. La méthode d'interprétation et de cartographie de la végétation et des sols, largement, pratiquée en Union Soviétique à l'heure actuelle est la méthode paysagère intégrale. L'interprétation des périmètres d'après cette méthode est basée sur toute une série d'indices, tels que: le relief, la végétation, l'hydrographie, la disposition, etc. A la suite de l'interprétation, on délimite certaines unités de pâturages qui sont: le périmètre de pâturage, la variété de pâturages, le complexe de pâturage, le type de pâturages, le groupe de types, la classe, etc.

On donne au tableau 1 les correspondances des taxons fondamentaux de la classification des pâturages et de celle des paysages en fonction de l'échelle de la carte.

Cartographie des pâturages. Pour établir une carte de pâturages à l'échelle du 1 : 100 000, on procède d'abord à l'interprétation des clichés aériens ou des plans de vol établis à une échelle voisine du 1:25000. L'interprétation tient compte d'un ensemble d'indices (ton de l'image photographique, relief) au niveau des complexes de pâturage.

Le complexe de pâturage est le taxon fondamental de la classification des pâturages dans les conditions de la zone aride. C'est un complexe de combinaisons hétérogènes de faciès géologiques correspondant à

un sous-site. Il peut occuper dans le désert, surtout dans des massifs de sables homogènes, des surfaces importantes allant parfois jusqu'à quelques dizaines de milliers d'hectares. L'interprétation détaillée des complexes de pâturage est entreprise un peu plus tard, au moment de l'inspection in situ des pâturages, dans le cadre des compartiments de référence sur lesquels on considère des profils écologiques.

Par compartiment de référence, on entend des portions de terrain de superficie minimale présentant un caractère typique, c'est-à-dire susceptibles de caractériser avec beaucoup de certitude et dans tous les détails la composition de la couverture végétale, ses liaisons avec les conditions de l'environnement, sa distribution, ses rapports et son image photographique sur l'ensemble du territoire exploré au niveau des paysages analogues [7]. La superficie et la configuration des compartiments de référence dépendent de la structure du paysage et du caractère de répartition des groupements végétaux. Étudiés par la méthode des profils écologiques, les compartiments de référence deviennent réellement linéaires, étant orientés en travers des éléments principaux du relief.

C'est le profil écologique ou paysager qui constitue le fond de toute inspection complexe. Le profil est tracé, généralement, par une méthode automatisée, en utilisant des clichés aériens. Matérialisé d'abord in situ, le profil est ensuite rapporté sur le cliché aérien. En étudiant le profil, on détermine les points d'intersection des frontières des périmètres et dans les limites du périmètre, on décrit les sols, les associations de végétation.

Ce sont le géobotaniste, le pédologue et le géomorphologue qui établissent le profil paysager par leurs efforts conjugués. La longueur d'un profil sur les différents massifs de pâturages varie, généralement, entre 1,5 et 2,5 km. Le nombre de profils fixés dépend de l'échelle de la carte. L'emplacement des profils est choisi en fonction d'un découpage préalable du territoire.

Les profils écologiques permettent d'explicitier de la façon la plus complète le caractère intrinsèque des

Tableau 1

Unités fondamentales (taxon) des classifications des pâturages et des paysages et leur correspondance aux niveaux différents de la cartographie

Classification		Indice déterminant	Echelle de cartographie
pâturages	paysages		
Cartographie à grande échelle			
Périmètre de pâturage	Faciès	Genres principaux d'associations, variétés des sols, relief	1 : 10 000 et plus
Variété de pâturages	Combinaison de faciès	Combinaison d'associations, variétés des sols, microrelief	1 : 10 000 – 1 : 50 000
Complexe de pâturage	Sous-site	Complexe de combinaisons, variétés des sols, relief	1 : 50 000 – 1 : 200 000
Cartographie à échelle moyenne			
Type de pâturage et sa modification économique	Site	Plantes dominantes à des étages différents au niveau du site	1 : 200 000 – 1 : 1 000 000
Groupe de types de pâturages	Centrée	Edificateur de la formation principale au niveau de la contrée	1 : 1 000 000 – 1 : 2 500 000
Cartographie à petite échelle			
Classe de pâturages	Paysage	Groupes pédogéniques au niveau du paysage	1 : 2 500 000 – 1 : 10 000 000
Sous-zone	Province	Particularités des conditions climatiques	1 : 10 000 000 – 1 : 25 000 000

périmètres considérés au cours de la cartographie des pâturages à grande échelle. Par exemple, lors de la cartographie des pâturages au 1 : 100 000, c'est le complexe de pâturage qui constitue le taxon fondamental marqué sur la carte. C'est ainsi que, lors d'une inspection entreprise dans le désert de Kara-Koum, la fixation du profil écologique a permis de constater que le complexe de pâturage se compose de deux variétés de pâturage: *Calligonum setosum* — *Carex physodes* + *Mausolea eriocarpa* sur les sables à crêtes et tertres bien fixés ou faiblement fixés et *Artemisia kemrudica* — *Salsola gemmascens* + *Eremopyrum orientale* sur des sols takyriformes, avec des remblais de sable locaux en rapport de 7 : 3. A leur tour, les variétés se composent de deux périmètres de pâturage chacune. La première variété comprend les plantes *Calligonum setosum* — *Carex physodes* + *Mausolea eriocarpa* sur les sables fixés des pentes et des dépressions et *Calligonum rubens* — *Aristida karelinii* sur les sables faiblement fixés des crêtes et tertres en rapport de 9 : 1. La seconde variété comprend les associations *Artemisia kemrudica* — *Eremopyrum orientale* sur des sols takyriformes à remblais de sable et *Salsola gemmascens* — *Salsola rigida* (*S. orientalis*) sur des sols takyriformes en rapport de 5 : 5.

On peut, également, se servir de profils paysagers complexes lors de la cartographie géobotanique à échelle moyenne, ces profils étant susceptibles de caractériser des combinaisons plus compliquées de pâturages au niveau des sites et des contrées.

Etude des variations saisonnières des réserves en fourrages. Dans les conditions du désert où la végétation est rare, on a proposé une bande étroite et longue, appelée transecte, qui permet de contrôler les variations de la densité de la couverture végétale sur des sols différents et dans un relief inégal, afin de faire la comptabilité des réserves en fourrages sur les pâturages. En fonction de la nature du terrain et de la composition de la couche végétale, les dimensions de la transecte peuvent être plus ou moins grandes. Au cours des dernières années, lors des inspections des pâturages désertiques de l'URSS par la méthode des profils écologiques, la longueur de la transecte sur les compartiments de référence a augmenté jusqu'à 1 000 m pour une largeur de 2 à 4 m. Une telle bande de terrain, tracée en travers des éléments principaux du relief, constitue au fond un profil écologique simplifié qui coupe un grand nombre de périmètres et de variétés de pâturage dans le cadre du complexe de pâturage. On arrive à rassembler ainsi beaucoup d'information sur le rapport entre les associations de végétation. D'une façon générale, on calcule les réserves en fourrages pour chaque association végétale isolée.

Les travaux comprennent les opérations suivantes:

- description détaillée de la végétation;
- prélèvement des échantillons des herbages;
- recensement du nombre d'exemplaires des arbustes, sous-arbrisseaux et hautes herbes vivaces poussant sur la transecte;
- détermination (au moyen de tables taxonomiques) des réserves de fourrages générales et acceptées par les animaux.

Le traitement ultérieur de l'information obtenue in situ s'effectue généralement au bureau. Au bureau

on fait la rédaction définitive de la carte des pâturages, le calcul des aires des compartiments géobotaniques, on effectue le calcul des variations saisonnières des réserves en fourrage et on établit la capacité des pâturages pour le pacage saisonnier ou annuel des différentes espèces d'animaux.

Les indices de rendement des pâturages sont, généralement, réduits à l'année présentant un rendement moyen en fourrages, ce qui a une grande importance pour la planification en cours et en perspective de l'élevage sur la base de l'utilisation des pâturages naturels.

Amélioration des qualités nutritives des pâturages

Pour nourrir correctement les animaux, il ne suffit pas de connaître la composition botanique de la végétation du pâturage. On doit aussi connaître l'influence des plantes sur l'organisme de l'animal. Il est donc important de connaître l'appétibilité des fourrages en différentes saisons de l'année et surtout les qualités nutritives des fourrages. L'expérience de l'élevage au pâturage désertique montre que la base de la ration utile du bétail n'est constituée que par quelques dizaines de plantes comestibles. Les autres plantes, étant rares dans les herbes sur pied des pâturages, ne jouent qu'un rôle négligeable dans la balance fourragère.

Des études portant sur les qualités nutritives des plantes des pâturages situés dans différentes régions de la zone désertique de l'Union Soviétique sont très nombreuses [11, 21, 9, 10, 13]. Depuis de nombreuses années, on étudie non seulement la qualité du fourrage pour les différentes plantes, mais aussi la nutritivité des rations fourragères pour les différents types de pâturages en fonction de la saison [3, 5, 12].

L'étude détaillée des qualités nutritives des plantes qui poussent sur les pâturages désertiques est poursuivie à l'heure actuelle. Parallèlement à l'estimation zootechnique du fourrage en unités adoptées en URSS, on étudie dans le détail la composition minérale et la teneur en macro- et micro-éléments. Une attention toute particulière est accordée à l'étude de la valeur biologique du fourrage, ainsi qu'à la nature des amino-acides contenus dans les protéines.

Les auteurs des études portant sur la nutritivité des plantes fourragères insistent tout spécialement sur les variations saisonnières des rations réelles offertes aux diverses espèces d'animaux par les pâturages de types différents. On a mis au point en URSS une méthode originale de détermination de la ration des animaux sur le pâturage. Cette méthode est appelée «méthode d'imitation» [15, 20]. L'essentiel de la méthode qu'elle permet de déterminer la composition et le volume de la ration des fourrages consommés sur le pâturage en comptant la quantité de plantes consommées par les animaux et en «imitant» les plantes mangées par leur destruction mécanique. La méthode en question donne les résultats les plus remarquables sur les pâturages désertiques où les herbes sur pied sont rares.

Les données caractérisant la nutritivité des herbes et les éléments de la composition et du volume de la ration fourragère pour les différents groupes et

espèces d'animaux sont largement utilisés à l'établissement de la balance fourragère du pâturage.

A titre d'exemple, nous citerons la balance approximative des éléments nutritifs que nous avons établie pour l'élevage des moutons de caracul durant toute l'année sur les pâturages à haloxyton et laïches (*Haloxyton persicum* — *Carex physodes*) du centre du désert Kara-Koum (tableau 2).

Au moyen de calculs que l'on voit sur ce tableau, on arrive à mettre en évidence l'excédent ou la pénurie des différents éléments nutritifs pendant les différentes saisons de pacage des ovins. Par exemple, au printemps, le pâturage du type indiqué offre aux animaux un excès de protéines, à condition qu'ils mangent leur ration habituelle. Or, si ces protéines contiennent suffisamment de lysine et de tryptophane, elles sont pauvres en amino-acides tels que méthionine et cystine. La teneur en carotène (provitamine A) des plantes vertes de printemps est excessive, tandis que celle des oligo-éléments est proche de la norme. En période d'hiver, on observe la pénurie de tous les éléments nutritifs considérés sans exception.

Les balances fourragères de la nature décrite aident les spécialistes de l'élevage au pâturage à résoudre rapidement les problèmes d'alimentation équilibrée des animaux utiles, en palliant à l'insuffisance des matières nutritives au moyen des fourrages d'appoint.

Cadastre des pâturages

L'une des mesures importantes d'étude approfondie des pâturages, visant à l'amélioration de l'élevage en plein air, est l'établissement du cadastre des pâturages. Par cadastre des pâturages, au sens large, on sous-entend la collecte et la systématisation de

l'information caractérisant les terres en tant que moyen de production. Etant appliqué à la région désertique, le cadastre des pâturages offre ses particularités car les conditions naturelles et économiques ont conditionné l'édification historique du système d'exploitation des terres en tant que pâturages pour le bétail.

Comme auparavant, les éléments principaux du cadastre des pâturages sont la bonification et l'estimation économique des terrains destinés aux pâturages.

En Union Soviétique il est accumulé une grande expérience de l'établissement des cadastres de terres dans des zones et régions géographiques variées, y compris dans le désert [22, 23, 18, 25], etc. Des décrets spéciaux du gouvernement de l'URSS et des gouvernements des républiques fédérées, pris au cours des dernières années, prévoient l'établissement du cadastre pour chaque année sur l'ensemble du territoire du pays.

La bonification des terres en tant qu'élément du cadastre, prévoit la mise en évidence de la fertilité naturelle du sol en fonction de ses caractéristiques qualitatives. Lors de la bonification des terres utilisées constamment comme pâturages, en plus de la nature du sol, on étudie en premier lieu le rendement du pâturage, l'appétibilité des herbes sur pied et les qualités nutritives des fourrages naturels.

Des échelles de pointage existantes permettent d'effectuer une estimation objective (en points) de la valeur agricole des terrains de pâturage. En tant que critère approximatif, nous recommandons, pour l'estimation agricole des pâturages situés dans la zone désertique de l'URSS [17], l'échelle d'estimation régionale à 100 points qui correspond à l'échelle adoptée pour l'ensemble du territoire du pays en ce

Balance approximative des fourrages lors de l'élevage des moutons de caracul au pâturage de haloxyton et de laïches (centre du désert Kara-Koum) pendant toute l'année

Tableau 2

Paramètres de la balance des fourrages	Fourrages secs (kg)	Éléments nutritifs principaux								
		unité fourragère (kg)	protéines digestibles (kg)	amino-acides critiques (g)			carotène (mg)	oligo-éléments (mg)		
				lysine	méthionine et cystine	tryptophane		Cu	Mo	Co
P r i n t e m p s										
Besoins	190	91	9,1	1056	646	152	1520	1520	150	80
Disponibles	190	163	24,0	1590	424	371	42182	1561	146	70
± (excès, défaut)	0	+72	+14,9	+534	-222	+219	+++	+41	-4	-10
E t é										
Besoins	245	123	12,3	1624	298	209	2460	2220	220	110
Disponibles	245	128	9,0	556	142	168	2580	1470	128	93
± (excès, défaut)	0	+5	-3,3	-1068	-756	-41	+120	-750	-92	-17
A u t o m n e										
Besoins	135	76	6,7	806	494	122	1520	1290	130	60
Disponibles	135	73	5,5	278	87	78	6443	1109	71	36
± (excès, défaut)	0	-3	-2,1	-528	-407	-44	+4923	-181	-59	-24
H i v e r										
Besoins	150	100	10,0	891	549	126	1800	1440	140	60
Disponibles	150	61	6,1	465	169	83	811	774	80	44
± (excès, défaut)	0	-39	-3,9	-426	-380	-43	-989	-666	-60	-16

qui concerne la quantité de production fourragère à l'unité de superficie du pâturage, les qualités nutritives étant égales (voir tableau 3).

Il est conseillé de faire l'estimation agricole du pâturage en unités fourragères conventionnelles (u.f.c.), pondérées d'après la teneur en protéines digestibles. Par unité fourragère conventionnelle, on entend en l'occurrence la quantité de fourrages contenant 100 g de protéines digestibles. Un point équivaut à 10 u.f.c.

Comme un document de base pour l'estimation agricole des pâturages désertiques, on utilise, généralement, les données d'une inspection géobotanique à grande échelle des pâturages réduites aux moyennes annuelles.

C'est l'estimation économique du pâturage (ainsi que de tout autre terrain) qui constitue le fond du travail de l'établissement du cadastre des pâturages. Par terme « estimation économique des sols », au sens large du mot, il est à entendre le calcul du profit qu'on peut réaliser par l'utilisation des terres de qualités différentes dans de diverses conditions naturelles et économiques.

Les données de l'estimation économique sont employées généralement, pour apprécier les activités des fermes, ainsi que pour planifier le développement des différents domaines de l'agriculture dans le contexte des réserves disponibles.

La méthode d'estimation économique des terres mise au point à l'Institut de l'économie agricole [23, 24] et fréquemment, employée en URSS, est basée sur deux paramètres économiques:

- valeur du produit brut;
- profit net réalisé à l'unité de superficie des terres.

En ce qui concerne les pâturages, l'estimation tient compte de la valeur globale de la production de l'élevage et du profit net tiré de la réalisation de celle-ci et rapporté à l'unité de superficie de pâturage. Bien que conventionnelle, une telle estimation permet de comparer les modalités et l'efficacité d'utilisation des différents terrains de pâturage.

Il est également nécessaire de prendre en considération les espèces animales concernées. Tout comme

Tableau 3

Echelles d'estimation générale et régionale recommandées pour l'estimation agricole des pâturages en fonction de la production des fourrages

Classes (catégories) des pâturages	Echelles d'estimation			
	zone désertique		ensemble du territoire du pays	
	nombre de u.f.c. à l'hectare	points	nombre de u.f.c. à l'hectare	points
Riches	1000—810	100—81	10000—8100	100—81
Moyens	800—610	80—61	8000—6100	80—61
Appauvris	600—410	60—41	6000—4100	60—41
Pauvres	400—210	40—21	4000—2100	40—21
Très pauvres	200—20	20—2	2000—20	20—0,2
Inaptes au pâturages	—	—	—	—
Terres abandonnées	20	2	20	0,2

l'estimation de la terre labourable qui tient compte de la valeur de chaque culture isolée, l'estimation des pâturages doit tenir compte de la valeur propre du domaine de l'élevage à développer. Sur le plan historique, la zone aride de l'URSS a toujours été employée en qualité de pâturages, surtout pour les moutons de caracul. Pour cette raison la production de viande de mouton, de laine et d'astrakan, rapportée à l'unité de superficie des pâturages et exprimée en roubles, représente un critère objectif d'estimation économique des pâturages désertiques.

Deux échelles d'estimation indépendantes, à 100 points chacune, ont été proposées pour l'estimation économique des pâturages. Une échelle tient compte du coût de la production agricole, l'autre, du profit net obtenu grâce à la vente de cette production et diminué des frais de production.

Pour 100 points, on a pris dans le premier cas la valeur de la production de l'élevage théoriquement possible étant donné les prix existants dans les terrains de pâturage les plus riches d'après les qualités fourragères et sous réserve que la structure optimale du troupeau et les meilleurs paramètres quantitatifs et qualitatifs de la production soient respectés.

Dans nos conditions, les pâturages de capacité maximale permettent le pacage de 50 moutons au plus, pendant toute l'année, sur une superficie de 100 ha. La valeur maximale possible de la viande, de la laine et de l'astrakan, rapportée à l'unité de cheptel ovin est de 30 roubles ou de 15 roubles à l'hectare de pâturage. C'est ce chiffre qui a été retenu comme équivalent de 100 points de l'échelle. Par un procédé analogue, on a calculé le profit maximal net, qui s'élève à 5 roubles à l'hectare.

A titre d'exemple, nous donnons au tableau 4 les résultats définitifs de l'estimation agricole et économique établie pour trois fermes d'élevage du mouton de caracul, situées dans des zones géographiques variées de la République de Turkménie.

Tableau 4

Estimation agricole et économique des pâturages désertiques dans les différentes régions de la République de Turkménie (première ligne: chiffre réalisé, deuxième ligne: chiffre réalisable)

Fermes	Nature du terrain	Estimation des pâturages en points			Taux d'utilisation des pâturages
		agricole	économique		
			d'après le coût de la production	d'après le profit net	
Sovkhoz «26 bakinskikh komisarov»	Désert gypseux	5,7	4,8	0,7	51,6
			9,3	7,4	
Sovkhoz «Kazandjik»	Désert sablonneux	14,1	9,4	3,7	102,1
			9,2	6,8	
Kolkhoz A.M. Gorki	Désert de piémont	21,2	8,1	1,6	28,6
			28,3	21,2	

On remarque sur ce tableau que le sovkhos «Kazandjik» a déjà épuisé toutes les réserves disponibles d'élevage de l'efficacité de l'élevage en plein air. La première ferme n'utilise que la moitié, et la troisième ferme, le tiers des possibilités offertes par les fourrages naturels.

La bonification des pâturages désertiques d'après la production des fourrages en unités fourragères conventionnelles et l'estimation économique de l'exploitation des pâturages en fonction du coût de la production de l'élevage, ainsi qu'en fonction du gain réalisé par la ferme dans ces conditions permettent d'évaluer d'une façon objective les pâturages et créent un critère de plus pour le monitoring des pâturages désertiques.

Etablissement des cartes opérationnelles des pâturages désertiques

Les cartes opérationnelles des pâturages sont établies afin de donner aux spécialistes de l'élevage l'information nécessaire sur l'état des terrains de pâturage pour chaque année de calendrier. Pour atteindre cet objectif, il est important d'assurer la solution de trois problèmes principaux, à savoir: fourniture de l'information à l'avance; contenu d'information et détaillé et sûr des éléments, évaluation des réserves en fourrages pour chaque saison de l'année.

Pour l'établissement des cartes opérationnelles des pâturages dans les régions désertiques de l'URSS, on utilise couramment les données des postes et stations agrométéorologiques. Les observateurs effectuent, en plus de l'ensemble des observations météorologiques, un vaste programme d'observation de la croissance et du développement de la végétation sur les pâturages. De telles observations, réalisées d'après l'ensemble de méthodes étudiées par des organismes scientifiques, sont remises, après leur traitement et généralisation, aux organes chargés de la production agricole.

Après la mise au point de la méthode de photométrie aérienne [4] on arrive à effectuer une évaluation rapide de l'état des herbages sur un vaste territoire des pâturages désertiques.

La méthode d'observation aérophotométrique des pâturages est basée sur la détermination avec des photomètres spéciaux des paramètres de la couverture végétale et sur l'établissement d'une corrélation entre le facteur de luminosité du système sol-végétation et la phytomasse accumulée par les plantes.

Des photomètres tubulaires biométriques de différents types mis au point en URSS, donnent les caractéristiques spectrales dans une gamme de longueurs d'onde entre 360 et 1200 nm. Monté à bord d'un avion spécialement aménagé, l'appareil photométrique permet de faire, en l'espace de 5 à 6 jours de vol, de 2000 à 2500 de mesures d'après un itinéraire établi à l'avance, afin de pouvoir caractériser la quantité de phytomasse dans les points choisis.

Dans les déserts du Sud de l'Asie Centrale où la plupart des précipitations atmosphériques qui conditionnent le développement des herbes des pâturages sont observées en hiver et au printemps, on conseille de faire les mesures de photométrie aérienne au mois d'avril.

L'information obtenue par les mesures photométriques est corrigée ensuite d'après les données des observations fournies par les postes terrestres. Les corrections apportées tiennent compte de l'appétibilité des différentes plantes et du taux d'utilisation des pâturages qui ne pénalise pas leur bonne conservation. Les données ainsi corrigées sont exploitées ensuite pour déterminer les réserves en fourrages par saison d'année. Les variations saisonnières des réserves en fourrages sont calculées compte tenu de l'accroissement de la matière verte pour différentes plantes en chaque saison de l'année, qui a été déterminée dans des conditions stationnaires suite à des expériences des organismes scientifiques pendant de longues années.

La carte opérationnelle des pâturages est dressée au printemps de l'année en cours. Le document de base pour son établissement est la carte en blanc qui a été rédigée d'après les données de l'inspection géobotanique réalisée auparavant; cette carte donne les frontières des types de pâturages ou de complexes de pâturages en fonction de l'échelle adoptée. Sur ce document sont marqués les itinéraires d'inspection photométrique aérienne, les données corrigées concernant les réserves en fourrages et les limites d'extrapolation admissible pour les territoires voisins. Dans les buts pratiques, il est utile de faire cinq cartes différentes par an, afin de caractériser chaque saison séparée, ainsi que les moyennes annuelles.

La caractéristique du terrain de pâturage, qui généralise les données terrestres et aériennes d'inspection des pâturages, est contenue dans une note explicative jointe aux cartes opérationnelles qu'on remet aux organismes intéressés. Si nécessaire, on fait figurer sur cette note, les données qui caractérisent les régions géographiques ou administratives, les provinces ou toute la république. Afin de pouvoir faire des comparaisons nécessaires, on confronte généralement un certain nombre de cartes schématisées démontrant les caractéristiques différentes du territoire de pâturages pour les années passées. A titre de modèle de références, on mentionne, obligatoirement, l'estimation de la productivité en fourrages du pâturage en se basant sur une année à rendement moyen.

Au cours des dernières années, la photométrie aérienne des pâturages est pratiquée dans toutes les républiques d'Asie Centrale, ainsi qu'au Kazakhstan. Les superficies inspectées atteignent plusieurs dizaines de millions d'hectares. Disposant d'une carte opérationnelle présentée au moment opportun, d'une caractéristique détaillée de l'état des pâturages pendant l'année en cours et des données sur les variations saisonnières des réserves en fourrages, les spécialistes de l'élevage en plein air connaissent exactement l'état des pâturages à chaque moment et en chaque point et, si cela est nécessaire, prennent des mesures organisationnelles utiles pour préserver l'équilibre écologique du désert là où il est menacé.

Gestion rationnelle des pâturages désertiques

Les problèmes d'utilisation rationnelle des pâturages naturels pour le pacage du bétail ont toujours été au centre des préoccupations de nombreux centres de recherches de l'URSS. Les chercheurs

soviétiques ont apporté une grande contribution au développement des bases théoriques de l'utilisation rationnelle des pâturages dans des zones et régions différentes. Dans les pays disposant de vastes terrains de pâturages, tels que l'Australie, les Etats-Unis, etc., on attache à ces questions une attention que ne cesse de croître.

D'après S.Archer et K.Bunch [2], D.Brown [6] l'utilisation rationnelle des pâturages consiste à exploiter ces derniers de manière à assurer l'utilisation complète des fourrages, à permettre la bonne croissance et la reproduction des herbes et à garantir la bonne conservation du pâturage.

Toute une série d'études fondamentales [1, 14, 19, 16, 8] est consacrée à la détermination de l'influence du pacage, dans les conditions des déserts de l'URSS, en tant que base théorique nécessaire à la mise au point du système d'utilisation rationnelle des pâturages.

C'est la rotation des pâturages qui constitue le fond de la gestion des pâturages. Au sens large, la rotation est un système de gestion scientifique rigoureux qui prévoit le respect de deux principes fondamentaux: le nombre d'animaux en pacage doit être en accord avec la superficie du terrain; les délais d'utilisation de chaque terrain de pâturage doivent varier périodiquement d'année en année.

Pour assurer l'utilisation efficace des pâturages et leurs bonnes conservation et productivité pendant de longues années, on doit s'en tenir strictement aux recommandations scientifiques. Le moyen le plus simple de le faire consiste à établir et à respecter,

regoureusement, un plan de gestion des pâturages couvrant une période de quelques années.

Ce plan prévoit toute une série de mesures organisationnelles et de gestion, telles que:

- rotation optimale des pâturages;
- bonification des terres imparties à la ferme;
- irrigation des pâturages;
- établissement de la balance annuelle en fourrages;
- établissement d'un plan annuel de répartition du bétail entre les pâturages compte tenu de la qualité et de la quantité de fourrage disponible;
- organisation planifiée de l'alimentation complémentaire des animaux avec des aliments concentrés et volumineux livrés par le réseau de distribution centralisée.

Une attention particulière doit être attachée, dans le cadre de ce plan, à la construction des ouvrages du génie civil sur les pâturages, destinés tant à la production qu'aux besoins du personnel, ainsi qu'aux problèmes d'amélioration des pâturages et au perfectionnement des techniques du pacage.

Les spécialistes des exploitations chargés d'établir et de mettre en pratique les plans de gestion des pâturages doivent profiter de l'ensemble des données du monitoring des pâturages désertiques.

La pratique généralisée du monitoring des pâturages désertiques permet d'atteindre l'équilibre écologique de l'écosystème désertique et d'éviter les processus de désertification, afin de préserver le potentiel biologique des sols dans les zones concernées.

BIBLIOGRAPHIE

1. Améline I.S. Rotation des pâturages du mouton de caracul en Asie Centrale. Ed. de l'Institut d'élevage du caracul, Samarkand, 1944.
2. Archer S. et Bunch K. Prairies et pâturages de l'Amérique. Ed. de la littérature étrangère, M., 1955.
3. Balaban G.I., Strokova E.S. Nutritivité des fourrages naturels pour les moutons de caracul en Ouzbékistan. Travaux de l'Institut du caracul, fasc. 5, Samarkand, 1951.
4. Béliayeva I.P., Ratchkoulík V.I., Sitnikova M.V. Procédé de détermination du rendement des plantes généralement désertiques. Certificat d'auteur n° 185142, 1965, 7. Bulletin des inventions, des échantillons de produit et des marques de commerce, 16, 1966.
5. Bobrovski G.Ph., Zinoviev G.A., Ermakova I.A., Nétchayéva N.T. Qualités nutritives des armoises sur les pâturages du Nord-Ouest du Turkménistan. Travaux de l'Institut de Botanique de l'Académie des Sciences de la RSST, vol. 7, Ed. de l'Académie des Sciences de la République de Turkménie, Achkhabad, 1962.
6. Brown D. Méthodes d'étude et de recensement de la végétation. Ed. de la littérature étrangère., M., 1957.
7. Vinogradov B.V. Méthodes aériennes d'étude de la végétation des zones arides. «Naouka», M.—L., 1966.
8. Kachirina A.V., Markov A.P., Matveyev V.I. Fondements agrotechniques des rotations des pâturages dans les différentes zones du Kazakhstan. «Kazgossizdat», Alma-Ata, 1955.
9. Kormanovskaya M.A., Barliayeva E.V., Vorobieva E.I. et coll. Composition chimique et nutritivité des fourrages au Kazakhstan. «Kazgossizdat», Alma-Ata, 1969.
10. Kormanovskaya M.A., Matveyev V.I., Barliayeva E.V. et coll. Composition chimique et nutritivité des fourrages au Kazakhstan. «Kazselkhozgiz», Alma-Ata, 1962.
11. Minervine B.N. et coll. Plantes fourragères des plaines du Turkménistan. Ed. de la filiale turkmène de l'Académie des Sciences de l'URSS, Achkhabad, 1940.
12. Mikheev G.D. Composition et nutritivité des fourrages sur les pâturages de haloxylon et laiches du désert de Kara-Koum. Ed. de l'Académie des Sciences de la République de Turkménie, Série biologique, 2, 1962.
13. Mikheev G.D., Gavrilova T.I. Fourrages de la République de Turkménie. Composition et nutritivité. Ed. «Ylym», Achkhabad, 1977.

14. *Morozova O.I.* Economie des pâturages du mouton de caracul en Asie Centrale. «Mejdounarodnaya kniga», M., 1946.
15. *Nétchayéva N.T.* Influence du pacage sur les terrains de pâturage au désert du Kara-Koum en tant que base de la rotation des pâturages. In: «Déserts de l'URSS et leur mise en valeur», Ed. de l'Académie des Sciences de l'URSS, fasc. 2, M., 1954.
16. *Nétchayéva N.T., Mossolov I.A.* Principes et méthodes d'établissement des plans d'utilisation des pâturages avec rotation dans les exploitations d'élevage du mouton du Turkménistan. Ed. de l'Académie des Sciences de la République Turkménie, Achkhabad, 1954.
17. *Nikolaev V.N., Amangheldyev A.A.* Principes d'estimation agricole des pâturages désertiques. «Problèmes de mise en valeur des pâturages», n° 3-4, 1976.
18. *Nikolenko G.S.* Estimation économique des terres. Ed. «Kainar», Alma-Ata, 1968.
19. *Sinkovski L.P.* Sur la rotation des pâturages au Tadjikistan. «Agriculture du Tadjikistan», n° 1, 1952.
20. *Tkatchev I.Ph.* Nouvelle méthode d'évaluation de l'appétibilité et de la digestibilité de l'herbe au pâturage. «Elevage», n° 2, 1959.
21. *Tchaplina Z.P.* Composition chimique des plantes fourragères des pâturages du désert et du semi-désert de piémont en Asie Centrale. Travaux de l'Institut du caracul, vol 9, Samarkand, 1959.
22. *Tcheremouchkine S.D.* Sur l'estimation économique de la terre. Méthodes des travaux scientifiques de l'Institut de l'économie de l'agriculture, fasc. 32, M., 1959.
23. *Tcheremouchkine S.D.* Sur les bases du cadastre en URSS. Ed. de l'Institut de l'Economie de l'Agriculture, M., 1961.
24. *Tcheremouchkine S.D.* Théorie et pratique de l'estimation économique de la terre. Ed. de la littérature sur les questions sociales et économique, M., 1963.
25. *Chornikov A.* A propos de l'estimation économique des cultures fourragères. «Economie de l'agriculture», n° 7, 1968.

PRINCIPES DE ROTATION ET DE GESTION DES PATURAGES

par *N.T. Nétchayéva*. Académicien de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie. Conseillé scientifique de l'Institut des Déserts de l'AS de la RSS de Turkménie (Achkhabad)

Les déserts représentent une zone où, en dépit des conditions, extrêmement, dures, on assiste à un niveau assez élevé des possibilités potentielles des écosystèmes sur le plan de la productivité biologique.

C'est depuis longtemps que l'élevage désertique en URSS a abandonné sa forme nomade pour faire usage d'une méthode plus progressive, celle de la mise en valeur des écosystèmes par le truchement de l'exploitation permanente des territoires fixés comme pâturages bien que leur superficie soit grande. Cela offre la possibilité d'organiser l'utilisation des pâturages sur la base d'un plan échelonné sur plusieurs années, de recourir à des méthodes modernes d'irrigation, de mise au vert et d'aménagement des pâturages, d'améliorer les conditions d'existence des populations engagées dans l'élevage.

Des succès substantiels ont été enregistrés en matière de l'étude et de l'exploitation des pâturages en territoires arides de l'URSS. Toutes les républiques de l'Asie Centrale et du Kazakhstan ont réalisé, à une grande échelle, la mise en carte des territoires réservés aux pâturages, et cela avec l'estimation de leur rendement et de leur capacité. On a apprécié la qualité nutritive et la comestibilité des plantes, ainsi que des rations des moutons; on a préparé des ouvrages de référence appropriés. On a mis au point des

fondements scientifiques des rotations des pâturages et recommandé la méthodique de l'établissement des plans de l'exploitations des pâturages à base de leur rotation à l'échelle des exploitations d'élevage de diverses zones. On a mis au point des méthodes d'amélioration des pâturages.

L'élevage en plein air est une des méthodes les plus anciennes de l'utilisation de l'herbage. En vertu des raisons sociales et économiques, la période prérévolutionnaire avait été marquée de l'utilisation pas assez rationnelle des pâturages. En ce temps-là, les petites exploitations individuelles n'avaient pas des moyens et des techniques pour percer des puits profonds, pour bâtir des abris pour bétail, le territoire d'herbage étant utilisé d'une manière inégale. Les massifs les plus commodes au point de vue économique avaient été surexploités tandis que les autres, ceux qui n'étaient pas irrigués et ceux qui étaient éloignés n'en faisaient pas l'objet. Avant la gazéification des grandes agglomérations, des arbustes désertiques représentaient un des types les plus importants du combustible, ceux-là étant fournis sur le dos des chameaux. Et il s'en suit que l'approvisionnement en combustible avait été lié avec des territoires moins éloignés.

L'abattage et l'essouchement des arbustes sont la cause première d'une dégradation rapide de la flore

et de l'apparition des variantes anthropogènes de celle-ci. Ce n'est ces derniers dix ans qu'on assiste à la chute de l'abattage des arbustes, et cela grâce à une vaste utilisation du gaz en tant que combustible.

Vers le moment de la mise en place des sovkhozes et kolkhozes (début des années 30), dans les étendues considérables des déserts la flore indigène avait subi des changements substantiels. Les variantes anthropogènes se caractérisent par un nombre moindre et même par une disparition de nombreuses formes de vie et d'espèces de plantes, en premier lieu des arbustes et des herbes bien comestibles.

Dans les déserts de divers types (ceux de sable, gypseux et d'argile) près de 20 % de pâturages sont appauvris, leur rendement étant de 20-50 % inférieur par rapport à celui qui est possible. Ces dernières décennies les déserts sont marqués par une activité économique accrue, celle-ci étant liée avec la mise en chantier des prises d'eau, la prospection et l'exploitation du pétrole et du gaz. Et cela entraîne une déformation rapide des écosystèmes des déserts, une perturbation de leur intégrité naturelle et l'apparition des paysages technogènes.

Les pâturages constituent une base fourragère de l'élevage des moutons et des chameaux. La baisse du rendement des pâturages lors des années de sécheresse ainsi que de la qualité nutritive des fourrages vers l'hiver est complétée par des fourrages grossiers et des aliments concentrés. Mais la prospérité de l'élevage est fonction, dans la plus grande mesure, de l'état des pâturages. L'exploitation modérée et équilibrée des pâturages dans les déserts de l'Asie Centrale est prédéterminée par la répartition planifiée de ceux-là entre les exploitations, avec la prise en compte de leur rendement, et par leur affectation à ces dernières.

Grâce à l'exploitation planifiée, la désertification en URSS n'a pas lieu, mais certaines exploitations n'utilisent pas toujours leurs pâturages d'une manière rationnelle, en dépit du fait qu'on avait établi un système régissant l'exploitation des pâturages et leur rotation. C'est pour cette raison que jusqu'à présent à l'intérieur des grandes massifs désertiques on assiste à l'apparition d'un certain nombre de zones désertifiées.

En tenant compte de tout cela, il importe d'orienter l'utilisation économique de la flore des déserts et des écosystèmes dans leur ensemble de telle sorte que leur productivité ne baisse pas mais plutôt soit maintenue et accrue.

L'influence du pâturage sur les prés

Pour assurer la gestion des pâturages il faut savoir distinguer les rapports existants entre les animaux, la végétation et les sols.

Le pâturage du bétail est un facteur très puissant et son rôle est très important pour le fait qu'à la volonté on peut le diriger, régulariser, n'exerçant qu'une influence positive sur les écosystèmes des déserts.

L'observation de plusieurs années sur l'état des pâturages exploités à des fins économiques et des expériences spéciales opérés à une vaste échelle

pour voir l'influence exercée par le bétail sur l'état des pâturages et par la préservation prolongée des prés de tout effet permettent de conclure que le pâturage modéré avec la prise en compte des saisons est profitable pour les prés dans leur ensemble. Des mutations indésirables en matière de la couverture d'herbe sous forme de la baisse du rendement des pâturages à la surcharge des pâturages, l'abandon prolongé des pâturages conduisent à l'appauvrissement des écosystèmes désertiques et à la baisse de leur productivité [3, 4].

Le pâturage du bétail exerce une influence notable sur les plantes et les prés eux-même. Le mécanisme de cet effet est différent. L'aliénation d'une partie des organes végétaux et reproducteurs exerce une influence sur les plantes ce qui perturbe différentes fonctions de la croissance et du développement, transforme la structure morphologique, les fonctions physiologiques des organes qui sont au-dessus du sol et même des organes souterrains, affaiblit les processus de reproduction, etc. Grande est l'influence du pâturage sur la reproduction des plantes portegraines. D'un côté, la consommation des pousses portegraines baisse la reproduction, de l'autre, le fait de piétiner les graines contribue à leur conservation et à leur germination normale.

Les bêtes en pâturage influent sur la couverture du sol. Si le pâturage est faible ou modéré, il se traduit par l'ameublissement de la surface du sol, ce qui est positif. Si le pâturage est excessif, il aboutit à la destruction de la couverture du sol.

Pour ce qui est du pâturage, il influe aussi sur les processus de la formation des paysages, surtout dans un désert de sable. La destruction du gazon de carex entame l'érosion du sable et l'apparition des dépressions.

Dans les conditions du climat aride l'effet du pâturage est très marqué. Cela s'explique par le fait que durant plus de la moitié de l'année la majeure partie des plantes herbues sont en état sec. Ainsi, le pâturage est un facteur très puissant qui exerce une influence aussi bien positive que négative sur la couverture des déserts.

L'observation prolongée de l'exploitation des pâturages par des sovkhozes et kolkhozes dans le cadre de vastes étendues du Turkménistan et les expériences avec des troupeaux de moutons élevés sur de grands territoires du sovkhoze important «Ravnina» qui se spécialise à l'élevage de l'astrakan ont servi de base pour la mise au point des fondements scientifiques de l'utilisation rationnelle des pâturages.

L'influence du pâturage sur les plantes

Pour ce qui est des plantes des déserts qui au cours d'une longue période ne cessent de subir l'effet des herbivores, leur structure même s'est adaptée au pâturage. Cette adaptation se manifeste dans la texture des organes qui sont au-dessus du sol (ceux-ci étant bien courbés ou épineux chez les arbustes), dans la disposition des bourgeons de reproduction: ceux-ci étant basiliaires chez les semi-buissons et disposés tout près du sol pour ce qui est des herbes; la capacité des pousses de se reproduire vite après

avoir consommées; la prédominance de la reproduction végétative sur celle par graines, pour ce qui est des herbes vivaces, etc.

L'aliénation d'une partie des organes qui se trouvent au-dessus du sol exerce une influence différente sur les plantes de diverses bioformes.

Buissons. La partie comestible est celle des pousses de l'année en cours ainsi que des branches âgées de deux ou trois ans. Les moutons consomment, en règle générale, les branches annuelles. Les chameaux consomment les branches plus dures. C'est pourquoi, les moutons utilisent en automne 50 % et en hiver 60 % des fourrages comestibles. Pour les chameaux ce rapport est de 70 % et 80 % et ils mangent plus de branches du saxaul. Si leur pâturage est grand, la couronne des saxauls est comme si elle est émondée, les plantes revêtent «une forme de pâturage». La consommation intense de la couronne stimule l'éveil des bourgeons qui sont en sommeil de la partie inférieure des buissons, les pousses devenant plus nombreuses. Il s'en suit que la masse fourragère ne diminue pas sur le plan quantitatif, celle-ci devenant plus accessible aux moutons. Le pâturage modéré et même intense contribue au renouvellement de la couronne des buissons et le piétinement des graines qui s'en lissent dans le sable contribue, à son tour, à leur conservation et à ce qu'elles ne sont pas consommées par des insectes, leur germination étant meilleure.

Une grande importance revient aux délais de l'utilisation des arbustes. Les représentants de la famille Chenopodiaceae (*Haloxylon persicum*, *H. aphyllum*, *Salsola rihteri*) sont bien consommés en automne et hiver, une fois la végétation est terminée. En dépit du fait que l'espèce de *Calligonum* est consommée en état vert, la forme géniculeuse des branches empêche que toutes les pousses soient mangées, une partie considérable de celles-ci étant conservée pour assurer la survie de la plante. Les graines de *Calligonum* ont un grand besoin d'être ensevelies dans le sable ce qui se produit lors du pâturage. *Calligonum rubens*, quant à lui, pousse mieux dans le cadre des pâturages exploités d'une manière intense, donne plus de pousses vertes et s'adapte fort bien au pâturage du bétail en formant des buissons petits de taille. Si *Calligonum rubens* pousse, habituellement, sous forme des buissons hauts de 2,5–3 mètres, sa forme en pâturages devient plate, ses buissons étant hauts de 1,0–1,2 mètres avec le diamètre de 3 mètres environ.

Le pâturage exerce une néfaste influence sur les pousses des buissons. Car les bêtes les mangent, et, surtout, piétinent. Mais prenant en compte la longévité des buissons, la reproduction normale de la population dans le cadre des prés naturels ne demande pas un grand nombre de pousses. Car les pousses conservées assurent la structure normale des populations. Pour ce qui est des massifs améliorés où ne poussent que des plantes semées, les pousses sont endommagées plus par le bétail. C'est pourquoi, les massifs améliorés sont préservés du pâturage les premiers 2 ou 3 ans.

Plantes semi-buissonneuses. Les *Artemisia* et *Salsola* sont les plus répandues. Elles ont une grande

importance économique. Au printemps, en automne et en hiver les moutons mangent, surtout les pousses végétatives d'*Artemisia* disposées à une partie inférieure du buisson. Quant aux pousses génératrices, elles se mangent moins, surtout en hiver. En été les moutons ne mangent pas beaucoup d'*Artemisia*. Au printemps seuls 30 % des pousses comestibles sont utilisés, en automne et en hiver 40–50 %. Si la charge est modérée, *Artemisia* pousse d'une façon satisfaisante et se reproduit bien. Si la charge est grande, *Artemisia* est opprimée.

Les chameaux mangent la partie supérieure d'*Artemisia*. Ils utilisent au printemps 50 % et en automne et en hiver 75 % des pousses produites, annuellement, mangeant en partie des pousses douces vivaces, surtout si la charge est bien grande.

Les moutons et chameaux mangent en automne et en hiver *Salsola* semi-buissonneuses (*Salsola gemmascens*, *Anabasis salsa*), *Salsola rigida* étant mangée toute l'année. Les moutons utilisent en automne et en hiver 35–50 % des pousses annuelles et les chameaux 75 %. Si la charge est bien poussée, les chameaux mangent toutes les pousses, les plantes devenant petites de taille et leur ensemencement et reproduction étant caducs. La mise en pâturage modérée, surtout en automne et en hiver n'opprime pas les *Salsola* semi-buissonneuses.

Plantes vivaces. Deux espèces de *Carex* (*Carex physodes* dans le désert de sable et *Carex pachystylis* dans le désert d'argile et de loess situé au pied d'un massif) sont les plus répondeuses, et, ont une grande importance économique. Les moutons mangent les *Carex* toute l'année. Au printemps ils utilisent 85 % de la récolte des pousses (des réserves brutes), au cours des autres saisons 50–70 %. Pour ce qui est des *Carex*, les chameaux les mangent moins, à peu près 20–30 % du rendement, mais au printemps les *Carex* forment la base de la ration des chameaux. Grâce aux puissants organes souterrains composés des racines et rhizomes qui dépassent par leur masse de 15–20 fois les pousses qui se trouvent au-dessus du sol, *Carex a*, au printemps, une grande capacité de regain pour s'opposer bien à la mise au pâturage du bétail. Un pâturage modéré n'opprime pas *Carex*, surtout si l'on observe la rotation, lorsqu'on est en présence du changement de la saison d'exploitation selon des années et les pâturages ne sont pas utilisés annuellement au printemps. Cependant la mise au vert systématique au printemps, à deux reprises, ou la grande charge diminue de deux fois le rendement de *Carex* en l'espace de 4–5 ans.

Les plantes vivaces qui se mangent bien, par exemple, *Astragalus* dont les systèmes de racines ne sont pas puissants et qui sont rares en pâturage, disparaissent si au printemps le bétail est systématiquement mis au vert, même si cela se fait d'une manière modérée.

Des annuels. Deux groupes d'annuels ont une grande importance pour les pâturages: il s'agit de ceux qui ont la végétation d'hiver-printemps (éphémères) et de *Salsola*. Au printemps et en été la réserve des herbes est utilisée à 60–70 %, les séchés sur pied étant mangés à 60 % au cours d'autres saisons. Les moutons mangent toutes les pousses avec les organes générateurs.

Les Salsola annuelles sont consommées différemment: certaines sont consommées à 60 % en été, si la charge est grande leur nombre diminue vite. Les Salsola juteuses sont consommées en automne et en hiver, une fois la végétation est terminée. Leur réserve est utilisée à 50—65 %. Elles souffrent moins de la mise en pâturage. Car elles parviennent à ensemencer, l'enfoncement dans le sol des grandes graines contribuant à leur germination.

Ainsi, la mise en pâturage modérée est profitable pour toutes les plantes vivaces (l'exception étant rare), surtout pour les buissons et semi-buissons. Car la consommation d'une partie de pousses contribue à éveiller les bourgeons en sommeil disposés dans une partie inférieure et à pousser la ramification dans les années à venir. Pour ce qui est des plantes annuelles, seule la mise en pâturage systématique au printemps est nuisible. Si l'on procède à la mise au vert au cours d'autres saisons et à la rotation, les plantes annuelles parviennent à ensemencer, leur quantité ne diminuant point.

L'influence de la mise en pâturage sur l'enfoncement des graines

Si la mise en pâturage ne se fait pas, l'ensemencement des plantes herbeuses se passe, graduellement, et se traîne en longueur, à partir du mûrissement au printemps jusqu'à l'automne avancé. Et avec cela, seule une faible partie de graines est enfouie dans le sol, les autres restant en surface pour être mangées par des rongeurs, insectes et oiseaux. Ainsi, on assiste à la baisse de la capacité de reproduction normale des herbes au cours de l'année prochaine.

Lorsque l'on est en présence de la mise en pâturage, les graines mûres sont précipitées par les bêtes sur le sol. C'est pourquoi l'ensemencement des pâturages s'effectue, harmonieusement, dans un bref délai, leur enfouissement s'effectuant de concert avec les graines éparpillées auparavant.

En fonction de la quantité du bétail, les graines sont enfouies à une profondeur différente: si la charge est minimale ou moyenne, son rapport étant de 9 ou de 6 ha par tête de bétail, la partie majeure de graines se trouve à la profondeur de 0,5—2 cm qui est propice pour la germination, seule une partie minime de graines (3—8 %) étant enfouie à la profondeur allant jusqu'à 5 cm. Si la charge est très grande égale à 3 ha par tête et par an, 26 % de graines se trouvent enfouies à la profondeur de 3 à 5 cm qui n'est pas propice pour la germination et dans leur majorité les graines n'ont pas de possibilité de germer.

La prise en compte des pousses a fait voir que la meilleure situation est propre aux terrains où la mise en pâturage est moyenne (264 pousses par m²), la charge minimale aboutissant à 204 pousses par m² et la charge maximale à 128 pousses par m². La moindre quantité des pousses a été enregistrée dans une réserve (70 par m²) où la mise en pâturage ne se pratique pas et l'enfoncement des graines a fait défaut. Il s'en suit qu'en dépit du fait que les moutons mangent une certaine quantité de graines, la mise en pâturage modérée assure la meilleure reproduction de la végétation parce que la densité des

pousses et leur composition d'espèce prédéterminent, dans une grande mesure, la composition et la densité de l'herbage des pâturages.

Grand est aussi le rôle de l'enfouissement des graines pour la reproduction des buissons et semi-buissons.

Le piétinement des fourrages lors de la mise en pâturage

La littérature quant à elle ne nous a pas fourni des renseignements sur la quantité des fourrages piétinés lors de la mise en pâturage sur les prés naturels de la zone aride. Nos observations nous ont fait voir qu'une certaine quantité de fourrages se détériore inévitablement: il s'agit de la casse des branches et du piétinement lors de la mise en pâturage dans les prés désertiques. La quantité des fourrages piétinés est fonction de la composition des formes vivantes des plantes, de la couverture du sol et de la quantité du bétail. Pour ce qui est des buissons et des plantes fruticuleuses, ceux-ci ne souffrent pas pratiquement de la mise en pâturage: Haloxylon perd une petite quantité de branches par suite de la fragilité de sa lignine, Haloxylon perd un certain nombre de branches vertes et, surtout, sèches lorsqu'il est attaqué par des moutons. Les pertes en fourrages composés des buissons et semi-buissons ne dépassent pas 1 % de leur quantité en toutes les saisons.

Les herbes douces de printemps font l'objet du choix pour leur piétinement lors de la mise en pâturage du bétail. Lorsque la mise en pâturage a lieu dans une zone sablonneuse, au printemps, les herbes vertes courbées et même enfouies dans le sable ont la faculté, surtout Carex, de se redresser, leurs pertes étant minimales. En été, les herbes sèches sont enfouies plus dans le sable, surtout des gramens annuels et l'herbage varié. En été, en fonction de l'intensité de la mise en pâturage, les herbes de printemps séchées sur pied perdent 3—7 % de leur rendement, et cela par suite de leur piétinement.

Le piétinement est, surtout, nuisible pour les pousses fragiles des Halimocnemis et Gamanthus qui se reproduisent sur le sol de takyr, si la mise en pâturage se fait par un temps humide. Avec cela 15 % du rendement sont piétinés mais, en revanche, les grosses graines de ces Salsola se trouvent dans des conditions propices pour leur germination.

La ration de pâturage des moutons

La ration de pâturage du bétail est fonction de divers types des prés ce qui est conditionné par la composition des espèces de la flore. C'est pour cette raison qu'on s'est mis à étudier la ration de pâturage des moutons dans le cadre des pâturages buissonneux de Haloxylon-Carex du désert de sable et des pâturages semi-buissonneux d'Artemisia du désert d'argile [1, 4].

Quant au désert de sable (Sud-Est de Kara-Koum) couvert de grands buissons de Haloxylon-Carex, la ration des moutons a été étudiée en vue d'établir le taux de la participation en la matière des fourrages herbeux et buissonneux par saisons.

Ces observations ont démontré que les herbes constituent la base de la ration de pâturage durant toutes les saisons. Au printemps et en été la participation des fourrages buissonneux n'est que de 13-25 %, en automne et en hiver celle-ci étant de 33-48 % (voir tableau 1). Au printemps sont consommés les représentants des genres de Calligonum et Astragalus et en automne et en hiver — Haloxylon et Salsola.

En dépit du fait que les buissons participent, d'une façon considérable, dans la ration des bêtes, en automne et en hiver est aliénée seule une partie minime des fourrages buissonneux comestibles: au printemps et en été on utilise 12-19 % et en automne et en hiver 18-22 % des fourrages buissonneux (voir tableau 2). Cela assure la conservation des buissons lors de la mise en pâturage des moutons. C'est pour cette raison que dans le désert de sable lors de l'établissement des normes de pâturage il convient de prendre en considération, surtout, l'état de la couverture d'herbe.

Tableau 1

Composition de la ration de pâturage journalière de moutons dans de diverses saisons, la charge étant modérée. Kara-Koum, 1941

Types de fourrages	Fourrages mangés							
	printemps		été		automne		hiver	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
herbeux	1,8	75	2,0	87	1,6	67	1,3	52
buissonneux	0,6	25	0,3	13	0,8	33	1,2	48
Au total:	2,4	100	2,3	100	2,4	100	2,5	100

Tableau 2

Quantité des fourrages utilisés dans les pâturages de Haloxylon-Carex dans de diverses saisons, la charge étant moyenne. Kara-Koum, 1940

Type de fourrage	Printemps		Été	Automne	Hiver
	1 ^{re} moitié	2 ^e moitié			
Quantité de fourrages, kg/ha	215	353	364	308	222
herbeux	150	256	230	218	172
buissonneux	65	97	134	90	50
Fourrages mangés, kg/ha	142	216	218	174	113
herbeux	135	192	200	145	89
buissonneux	7	24	18	30	24
Tous les fourrages utilisés, %	66	61	60	56	51
Rapport des fourrages utilisés, %:					
herbeux	95	88	91	82	73
buissonneux	5	12	9	18	27

Pour ce qui est de la qualité nutritive de la ration dans les pâturages de Haloxylon-Carex, elle empire de 3,5 fois à partir du printemps vers l'hiver. La qualité nutritive la plus élevée est atteinte dans la première moitié du printemps, lorsque des herbes vertes font partie de la ration [2, 9].

Lors de l'étude de la ration de pâturage dans les prés d'Artemisia du Nord-Ouest de Turkménistan (Borovski, Nétchayéva et autres, 1962) un des objectifs consistait à tirer au clair la composition de la ration des moutons et sa qualité nutritive au cours des premières (ration n° 1) et ultérieures (ration n° 2) journées de la mise en pâturage sur une superficie limitée. Il s'est trouvé que la consommation des plantes change au fur et à mesure de la mise au vert du bétail. Les bêtes mangent d'abord les plantes les plus attractives, quoiqu'elles ne soient pas nombreuses. Mais cette ration (n° 1) variée des premières journées ne fait pas long feu. Car dans ces conditions l'herbage varié tarit vite et les moutons se voient obligés de manger la plante de base qui y prédomine, celle d'Artemisia (ration n° 2). Au cours

Tableau 3

Composition et qualité nutritive de la ration dans des pâturages d'Artemisia

Saison	Nombre de types		Qualité nutritive de 100 kg du fourrage sec (en unités de fourrage)	
	ration n° 1	ration n° 2		
			ration n° 1	ration n° 2
printemps	42	34	74	63
été	18	17	52	49
automne-hiver	12	12	34	30

de toutes les saisons la ration n° 2 est moins nutritive mais elle est plus répandue, pour ce qui est des pâturages d'Artemisia (tableau 3).

Ainsi, il est à constater que la ration des moutons mis en pâturage est fonction de la composition d'espèce des plantes et de leur consommation au cours de diverses saisons. Elle change même dans le cadre du même pâturage, en fonction de la durée de la mise au vert: au début, la ration est plus nutritive; plus tard, elle devient homogène, y prédominant des espèces qui dominent dans le pâturage, la valeur nutritive de la ration étant moindre. La qualité nutritive de la ration de pâturage est en baisse du printemps vers l'hiver, et cela dans tous les pâturages: cette baisse étant double dans les pâturages d'Artemisia et même plus et de 3,5 fois dans ceux de Haloxylon-Carex.

L'influence de la mise en pâturage sur la flore

Normes de la charge

La mise à l'épreuve de trois charges (tableau 4) a fait ressortir que la mise en pâturage avec une grande charge opprime la flore. Cela résulte du taux élevé de la consommation, du piétinement des plantes, du re-

Le rapport entre les groupes de plantes et la réserve des fourrages herboux lors de la mise en pâturage dans des prés de *Haloxylon-Carex* de Kara-Koum (données moyennes pour quatre saisons) après l'utilisation des pâturages d'une manière bien intensive pendant quatre ans

Utilisation des pâturages par brebis et par an	Le nombre d'exemplaires (pousses de <i>Carex</i>), poids par an (g/m ²)								Rendement des herbes, kg/ha	Baisse du rendement (en % par rapport à la charge moyenne)
	Carex		Gramens		Herbage varié		Au total			
	Nombre	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Poids	Nombre	Poids		
Minimale, 9 ha	342	15,8	242	8,7	88	2,6	698	24,8	248	95
Moyenne, 6 ha	347	16,5	256	7,8	82	2,5	685	26,8	268	100
Maximale, 3 ha	243	12,7	343	8,0	93	2,3	679	20,3	203	72

lâchement du gazon de *Carex* et de l'enfouissement des graines à une trop grande profondeur (jusqu'à 5 cm) qui n'est pas propice pour leur germination. La mise en pâturage intensive et répétée au printemps a un effet, particulièrement, négatif sur la flore. Car la mise au vert coïncide avec les phases précoces de la végétation. On assiste à la violation de la formation des réserves des substances plastiques chez les plantes vivaces à la perturbation de la fructification chez les annuels et de l'activité photosynthétique de toutes les herbes.

Même dans les sables bien immobilisés, une fois les pâturages utilisés pendant 4 ans avec une grande charge, on assiste à la baisse du rendement des herbes de 18% et constate l'oppression de *Carex* physodes. La baisse du rendement des herbes est double si la charge est grande au printemps. La végétation herbeuse réagit le moins sur la mise au vert en hiver. La mise en pâturage avec une grande charge, quand on assiste à l'aliénation de 75% des pousses annuelles (des fourrages), change en mal les pâturages.

Pour ce qui est de la charge modérée et faible, celle-ci contribue au maintien et à un rendement élevé de la flore; la plus acceptable est la charge modérée, avec l'utilisation de 65% du rendement annuel.

La charge modérée dans les pâturages couverts de grands buissons, dans le désert de sable, exige, annuellement, 6 ha par tête de bétail; pour ce qui est des pâturages couverts de semi-buissons, d'*Artemisia* et d'*Artemisia-Salsola* dans des déserts gypseux et d'argile, la norme est de 4-7 ha, les pâturages herboux des contreforts exigeant 3,5 ha.

La mise au vert continue par saisons et la rotation de pâturage

Printemps. Lors de la mise au vert au printemps, on assiste à l'oppression de la flore par suite de la consommation des plantes à de diverses phases de la végétation. Les plantes vivaces, surtout *Carex* physodes, n'arrivent pas à accumuler une réserve suffisante des substances plastiques dans les organes souterrains qui assurent une haute vivacité des herbes vivaces et la croissance normale des pousses dans la saison à venir. Les annuels sont mangés avant le mûrissement de leurs graines. C'est pourquoi, ils se voient remplacer par des petites plantes qui se mangent mal et sont même nuisibles. Ces dernières sont mal consommées, ont un ensemencement précoce. A son tour, la mise en pâtura-

ge contribue à l'enfouissement des graines dans le sol, celles-ci se mettant à se reproduire. C'est, surtout, après la mise en pâturage au printemps, à deux reprises, que font leur apparition des *Ceratocephalus falcatus* qui sont nombreuses, petites et peu utiles. Il s'en suit qu'en dépit du maintien pendant un certain temps des pousses de *Carex* leur poids diminue, après 4 ans, de deux fois. On assiste à l'augmentation brusque du nombre des plantes annuelles, leur rendement (poids) étant en baisse.

Les observations réalisées dans des sovkhoses, confirment les résultats de l'expérience. Tous les pâturages utilisés systématiquement au printemps sont marqués par la baisse de leur rendement et par des mutations indésirables sur le plan de la couverture végétale.

L'été. Lors de la mise en pâturage en été, juste après l'ensemencement des annuels, les graines sont enfouies dans le sol, pour pousser par la suite d'une façon simultanée. C'est un phénomène positif en général. Parfois, cependant, la mise en pâturage en été est si propice pour les gramens, notamment, pour *Bromus tectorum*, que celui-ci, supportant bien la sécheresse, supplante les annuels plus précieux et même *Carex* physodes vivace affaiblie par la mise au vert et la détérioration de sa lignine. Quant à *Bromus tectorum*, vu l'excès de charge, il pousse menu, cette forme à lui étant un mauvais fourrage. En dépit du fait que le total des fourrages ne diminue pas et parfois progresse, la qualité du fourrage chute. Car les gramens, par rapport à *Carex*, sont moins nutritifs et se conservent mal en état de séché-sur pied. L'accroissement du nombre des gramens introduit le début d'une mutation indésirable de la couverture d'herbe dans le désert de sable.

L'observation des pâturages d'été dans les sovkhoses de la zone sablonneuse a démontré que leur herbage est marqué par l'abondance des gramens annuels et l'oppression de *Carex* physodes.

L'automne et l'hiver. Lors de la mise en pâturage en automne et, surtout, en hiver on observe la diminution de la quantité des annuels, par suite de l'enfouissement tardif des graines dans le sol et la casse de leurs pousses au cours de la mise au vert. Ce phénomène s'amplifie au cours des hivers humides et doux («végétatifs»), lorsque la mise au vert ne vise que les pousses. Les *Salsola* qui sont, systématiquement, consommées par le bétail et qui n'arrivent pas à semer disparaissent au fur et à mesure. Pour ce qui est de la plante

fourragère de base, à savoir Carex, celle-ci se développe très bien. Car son évolution ne fait l'objet que d'une concurrence minime de la part d'un petit nombre d'annuels et la mise au vert ne se fait qu'après la fin de la végétation. Ainsi, il est à conclure que la mise en pâturage, en automne et en hiver, ne porte pas un préjudice à Carex et ne profite pas au développement des annuels. L'effet négatif de la mise en pâturage systématique, en hiver, consiste à ce que cela aboutit à l'uniformité de la végétation herbeuse, la prédominance revenant à Carex physodes. C'est pour cette raison que la ration de pâturage des moutons y est uniforme.

Le territoire de pâturage muni des puits marqués par la salinité de l'eau, territoire qui est utilisé en permanence en hiver, est caractérisé par un bon état de Carex, l'herbage annuel de printemps étant pauvre.

On a pris en compte l'influence de la mise au vert, à deux reprises, lors d'une seule période de végétation, à savoir au printemps (d'abord à la première, puis à la deuxième moitié), ainsi qu'au printemps et en automne. L'utilisation à deux reprises des pâturages n'est pas propice pour la flore et l'opprime. La mise au vert systématique, à deux reprises, et cela en l'espace de 4 ans de suite, fait chuter la quantité des fourrages herbeux, même dans les sables bien immobilisés.

L'influence du changement de la saison de la mise au vert (rotation des pâturages)

La mise au vert avec l'observation de la rotation des pâturages, c'est-à-dire avec le changement de la saison de leur utilisation selon les années, favorise aussi bien la végétation que le sol. La rotation de toutes les saisons d'un an est bien propice. Dans ce cas-là l'herbage se développe, suffisamment bien, et, il est marqué d'une combinaison heureuse de divers groupes des plantes, la prédominance revenant à Carex physodes et à une grande variété d'herbes. D'autres schémas de la rotation des pâturages exercent, eux aussi, une influence heureuse, il s'agit, notamment, de la rotation selon les années de la mise au vert au printemps et en automne ou en hiver.

On a évalué le rendement de Carex physodes dans le Sud-Est de Kara-Koum sous l'effet de la mise au vert systématique après 4 ans de la mise au vert dans des délais différents avec une charge moyenne (la prise en compte simultanée en avril).

Variantes de l'expérience:

	(Poids de 100 pous- ses par an, g)
La mise au vert permanente en une seule saison	
La mise au vert à deux reprises au printemps	2,7
L'unique mise au vert au printemps précoce	3,5
L'unique mise au vert au printemps avancé	4,0
La mise au vert permanente en été	3,5
La mise au vert permanente en automne	5,0
La mise au vert permanente en hiver	6,4
La mise au vert à deux reprises au printemps et en automne	4,3

La mise au vert avec la rotation des pâturages

La rotation des pâturages lors de la mise au vert pendant toutes les saisons de l'année	5,6
La rotation de la mise au vert au printemps et en automne	5,6
La rotation de la mise au vert en automne et en hiver	6,2
La rotation de la mise au vert au printemps et en été	5,0
La mise au vert au printemps à l'intervalle d'une année	6,0
Réserve	
Sans la mise au vert	5,0

La mise au jour des changements réguliers dans la couverture de végétation des pâturages, changements intervenant sous l'effet de la mise au vert en l'espace de la même saison de l'année, a donné des preuves scientifiques à l'appui de la rotation des pâturages dont le sens consiste au changement des saisons de leur utilisation selon les années, avec l'observation d'une charge moyenne. L'effet le plus propice et utile pour l'économie est celui qui a trait aux schémas suivants en matière de la rotation des pâturages: la rotation des pâturages avec l'alternance de la mise au vert selon les années et au cours de toutes les saisons; la rotation des pâturages avec l'alternance de la mise au vert, au printemps ou en été, avec celle qui se fait en automne ou en hiver (tableau 5) [8].

Tableau 5

Exemples de la rotation des pâturages

Années de l'utilisa- tion	N° des terrains de pâturage			
	1	2	3	4

L'alternance de la mise au vert lors de toutes les saisons

1 ^{re} et 2 ^e	printemps	été	automne	hiver
3 ^e et 4 ^e	été	automne	hiver	printemps
5 ^e et 6 ^e	automne	hiver	printemps	été
7 ^e et 8 ^e	hiver	printemps	été	automne

L'alternance de la mise au vert de printemps avec celle d'hiver et de la mise au vert d'été avec celle d'automne

1 ^{re}	printemps	hiver	été	automne
2 ^e	"	"	"	"
3 ^e	hiver	printemps	automne	été
4 ^e	"	"	"	"

Le schéma le plus rationnel, pour ce qui est de la rotation des pâturages, n'est pas toujours réalisable en pratique. Car tous les pâturages ne sont pas permanents. Ils se diffèrent en caractère de la végétation, en qualité des abreuvoirs, de taux d'approvisionnement en eau et d'aménagement des constructions appropriées. On peut faire recours à la rotation des utilisations de printemps et d'automne-hiver ou de printemps et d'été etc., cela contribuant, aussi, à la conservation de la flore.

Les schémas de la rotation des pâturages peuvent être tout à fait différents. Et avec cela, il convient, de prendre en considération que la réaction de divers types des pâturages vis-à-vis de la mise au vert est fonction du caractère de la végétation et de la couverture du sol. Les pâturages de sable sont les plus fragiles, plus stables étant ceux qui sont herbeux et dont la terre est grise claire. C'est pourquoi, il convient, de changer la saison d'utilisation, annuellement, tous les deux, trois ou quatre ans. Pour ce qui est des pâturages de sable, la saison d'utilisation change plus souvent. Cela se fait moins souvent dans les terrains tassés. La mise en œuvre de la rotation des pâturages et l'observation de la charge moyenne bien équilibrée excluent la nécessité de la mise au repos des pâturages, tout en assurant un bon état de ceux-ci.

La mise en œuvre de la rotation des pâturages doit être assise non pas sur des petits terrains dont le jalonnement est difficile à réaliser sur le terrain, mais plutôt sur des massifs comparativement gros. Ceux-ci peuvent être constitués des pâturages situés auprès des puits (ou autres types d'abreuvoir), le rayon de la mise au vert étant moyen. Si le rayon de la mise au vert, à partir de l'abreuvoir, est de 4–5 km, la superficie des pâturages est de 5–7 mille ha. La notion du «pâturage auprès d'un puits» déterminée par le rayon de la mise au vert du bétail est familière à tous les travailleurs des exploitations d'élevage. Car ce principe est à la base de la répartition du bétail par pâturages.

Système de la mise au vert des pâturages

L'équilibre en matière de la mise au vert des pâturages ainsi que la quantité et la qualité des fourrages consommés sont fonction, dans une grande mesure, de la méthode de la mise au vert. Dans le désert où pendant plus de six mois est consommé l'herbage séché sur pied la mise au vert désordonnée conduit à des pertes considérables des fourrages par suite de leur piétinement. Lorsque la mise au vert est échelonnée et mise en œuvre par portions et par terrains, cela aboutit à une utilisation économe des pâturages et des fourrages.

Dans les déserts où les superficies sont grandes et la capacité des pâturages est basse, il est possible, de réaliser la mise au vert sans un jalonnement préalable des terrains, celle-ci est élaborée sur la base de l'expérience de plusieurs siècles de l'élevage de moutons en désert (Netchayéva et Mossolov, 1953). La mise en pâturage suivie sur des terrains limités qui ne sont pas jalonnés permet de régulariser le taux de charge en assurant l'utilisation équilibrée des fourrages.

Toutes les initiatives appelées à préserver les pâturages, à les irriguer et aménager d'ouvrages appropriés, à améliorer la flore, à mettre de côté des réserves de fourrages etc. sont mises en œuvre en conformité avec un plan d'utilisation des pâturages échelonné sur plusieurs années [7, 8, 9].

L'effet du repos sur les pâturages

Le repos n'est nécessaire que pour des pâturages appauvris dont le rendement des fourrages a baissé. Il est opportun de mettre au repos seuls les pâturages où la mutation de la végétation n'a pas évolué trop (deuxième degré de la dégradation de pâturage). En ce cas-

là, à l'intervalle de 6–7 ans la productivité des pâturages se rétablit. Si la dégradation de pâturage est grande (troisième degré de la dégradation), ces mutations sont irréversibles au moyen du recours au repos et dans un délai, économiquement, acceptable. De tels territoires exigent une amélioration radicale.

Le repos est propice pour les pâturages de printemps qui sont, systématiquement, utilisés surtout au printemps. Cependant, il est difficile de le faire en pratique. C'est pourquoi, il est plus opportun de mettre en œuvre la rotation des pâturages, le changement de leur utilisation selon des années ce qui est plus efficace et avantageux.

L'absence prolongée des mises au vert, l'état de la flore étant satisfaisant, exerce une influence négative sur la couverture végétative et du sol, ce qui aboutit à la baisse du rendement.

Lors de l'expérience au Sud-Est de Kara-Koum en l'espace de 4–5 ans de repos on avait constaté la baisse du rendement de 20 % par rapport aux terrains où on avait annuellement procédé à la mise au vert du bétail, la charge étant moyenne et la rotation des pâturages appliquée. Le repos plus prolongé conduit à la disparition d'un certain nombre d'espèces de plantes, à un tassement superflu du sol, à la constitution d'une écorce composée des mousses, des lichens, des algues, celle-ci empêchant la reproduction normale des plantes.

Pour ce qui est du Kara-Koum Central, à savoir son complexe en rangées de takyr, où l'on assiste à l'alternance des terrains de sable et d'argile, l'influence du régime de réserve a fait l'objet de l'observation pendant 17 ans. Au cours de ce temps nous avons observé trois périodes: celle de rétablissement — les premiers 7 ans, celle de production — 5 ans suivants, celle du début de l'oppression — encore 5 ans.

Pendant la période de rétablissement on a constaté l'augmentation de la variété des espèces, du nombre des plantes rares qui sont bien consommées, la diminution de nombreuses microassociations qui créent un grand bariolage de la couverture végétative. La composition des espèces est devenue plus riche et variée, la productivité de la couverture végétative étant en hausse. Pendant la période de production une certaine amélioration de la flore et l'élévation de sa productivité allaient croissant. Un haut rendement des pâturages était maintenu au cours de toute cette période. 12 ans écoulés, on assiste à l'avènement de la période de l'oppression de la flore et à la baisse du rendement des pâturages. Car la surface des sables et des plaines de takyr s'est couverte d'une écorce lézardée composée des mousses, lichens, algues etc. La productivité biologique et le rendement des pâturages ont baissé.

Ainsi, le régime de réserve prolongé aboutit à une mutation indésirable de la couverture végétative dans le sens du renforcement de la couverture herbeuse et de l'oppression des buissons ce qui entraîne une variété plus limitée des fourrages et la baisse du rendement des pâturages.

L'absence prolongée de la mise au vert n'est pas propice pour tous les types de pâturages. La désertification des pâturages, la baisse de leur rendement par suite de leur utilisation incomplète sont observées partout, en diverses régions naturelles du désert, dans le cadre de divers types de pâturages.

Fluctuation du rendement des fourrages sous l'effet du climat et de la mise au vert

Indice	Sous l'effet du climat	Sous l'effet de la mise au vert
Nombre de plantes par 1 m ²	320-585	495-1020
dont: Carex (pousses)	260-425	325-455
Gramens	10-140	10-530
Herbes diverses	1-136	12-510
Rendement de la phytomasse aérienne, kg/ha	90-340	135-345
dont: Carex	56-175	95-290
Gramens	2-150	25-190
Herbes diverses	2-54	15-40

Ce processus a été décrit par E.A.Chingareva (1940), par rapport au Kara-Koum Zaoungouzsky, et, plus tard, par V.N.Nikolaev (1960), O.I.Morozova (1940), par rapport aux déserts de la Turkménie et de l'Ouzbékistan, N.T.Nétchayéva (1954), par rapport aux sables en rangées du Sud-Est de Kara-Koum. Ces derniers temps cette dernière a observé le processus de la formation de la «karakhorsangue» au Kara-Koum Central, dans les conditions du régime de réserve. (Il est intéressant de noter, que le processus de la couverture des pâturages d'une écorce par suite de la mise au vert peu intense est connu depuis longtemps, pour ce qui est des éleveurs locaux. Il en témoigne le nom donné par eux à ce processus, à savoir «karakhorsangue»).

Tous les pâturages de la zone aride sont l'objet de l'influence des facteurs météorologiques qui changent beaucoup d'une année à l'autre. C'est pourquoi, on assiste annuellement aux fluctuations considérables de la flore, aussi bien en composition d'espèce, qu'en taux de croissance et de développement. Cela explique une brusque fluctuation, pour ce qui est du rendement des fourrages de pâturage. Des études stationnaires prolongées ont permis de démontrer que la mise au vert influe d'une manière plus substantielle que le climat sur certains paramètres. Grande est fluctuation du rendement des fourrages sous l'effet du climat. Car le rendement peut diminuer ou monter de 3,5 fois sous son effet. Mais sous l'influence du régime différent de la mise au vert le rendement des fourrages herbeux peut osciller de 2,5 fois. Il en témoigne des données du tableau 6.

Il importe de connaître et prendre en considération les lois de la dépendance du tapis végétatif vis-à-vis du climat et de la mise au vert. Car le rôle de ces facteurs en matière de l'élevage en plein air est très important. Actuellement, il n'y a pas de moyens pour exercer une

influence rapide et efficace sur le climat. On ne peut que prendre en compte la fluctuation du rendement des fourrages sous son effet, prévenir les conséquences pernicieuses sous forme de la disette de fourrage au moyen de l'organisation de l'engrais, de la conduite du bétail sur un autre terrain et d'autres mesures qui assurent le maintien du cheptel lors des années de mauvaise récolte. Pour ce qui est de la mise au vert, qui est aussi un facteur puissant, celle-ci se prête à la gestion, se trouvant totalement entre les mains de l'homme.

La mise au vert bien organisée sur une base scientifique est susceptible de fournir un moyen puissant du maintien des écosystèmes des territoires arides en un bon état. Une utilisation rationnelle des ressources biologiques naturelles est en mesure d'assurer, pour ce qui est des pâturages, un haut niveau de leur productivité et de prévenir l'expansion des processus de la désertification dans les régions arides.

BIBLIOGRAPHIE

1. Borovskii G.F., Zinoviev G.A., Ermakova I.A., Nétchayéva N.T. Qualité nutritive des pâturages d'Artemisia et de Salsola au Nord-Ouest du Turkménistan. Oeuvres de l'Institut de la botanique de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, 1962, vol. 7.
2. Mikhéev G.D. Des mutations saisonnières en matière de la consommation et de la nutritivité des fourrages des pâturages désertiques. Thèses du rapport de la Conférence scientifique nationale sur l'étude et la mise en valeur des territoires désertiques de l'Asie Centrale et du Kazakhstan. Achkhabad, «Ilim», 1968.
3. Morozova O.I. Problèmes de l'étude et de la mise en valeur des pâturages désertiques de l'Asie Centrale vu leur mise en culture. Recueil «Déserts de l'URSS et leur mise en valeur», Moscou-Léninegrad, Editions de l'Académie des Sciences de l'URSS, 1950.
4. Nétchayéva N.T. L'influence de la mise au vert sur les pâturages du Kara-Koum en tant qu'une base de la rotation des pâturages. Recueil «Déserts de l'URSS et leur mise en valeur», vol. 2, Moscou-Léninegrad, Editions de l'Académie des Sciences de l'URSS, 1954.
5. Nétchayéva N.T., Antonova K.G. Productivité biologique de la masse végétative aérienne des formations de base. Livre «Végétation du Kara-Koum Central et sa productivité», Achkhabad, «Ilim», 1970.
6. Nétchayéva N.T., Mordvinov N.A., Mossolov I.A. Pâturages du Kara-Koum et leur utilisation. Achkhabad. Editions de la filiale de Turkménie de l'Académie des Sciences de l'URSS, 1943.
7. Nétchayéva N.T., Mossolov I.A. La mise en pâturage des moutons en Turkménistan. Editions de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, Achkhabad, 1953.
8. Nétchayéva N.T., Mossolov I.A. Dispositions fondamentales et méthodique de l'établissement des plans de l'exploitation des pâturages avec l'utilisation de leur rotation dans les kolkhozes et sovkhoses d'élevage du mouton du Turkménistan. Achkhabad, Editions de l'Académie des Sciences de la RSS de Turkménie, 1954.
9. Nikolaev V.N., Gladychéva L.E., Dourdyev N.N. Composition chimique, la nutritivité et la productivité biologique des fourrages de pâturage au Kara-Koum, Edition «Ilim», Achkhabad, 1980, p. 298.

ORGANISATION DES TERRITOIRES DE PATURE EN REPUBLIQUE DU KAZAKHSTAN

par A.G. Arkhipov. Ingénieur principal de l'Institut
KAZGHIPROZEM (Alma-Ata)

V.I. Terekhov. Ingénieur en chef du Département
de prospection complexe de l'Institut
KAZGHIPROZEM (Alma-
Ata)

La République du Kazakhstan dispose de plus de 188 millions d'hectares de pâturages naturels ce qui fait la moitié du fonds de pâture national.

Les pâturages naturels sur le territoire du Kazakhstan sont situés dans toutes les zones climatiques et sont marqués par une diversité typologique sur le plan de la végétation, du rendement et des modes d'exploitation économique.

La nature et les différences biologiques de la couverture végétale ont, dans une large mesure, conditionné la spécialisation des branches d'élevage, de même qu'elles ont rendu nécessaire d'élaborer les formes adéquates d'organisation et d'aménagement des territoires de pâture dans les économies d'élevage.

Au Nord de la République, dans la zone de forêts-steppes et de steppes aux groupes d'arbres isolés, les pâturages naturels constituent 30–35% de superficies de tous les domaines. Ils sont dispersés en terrains limités entre les massifs de labourage ou dans les dépressions entre les groupes de *Betula* et de *Populus tremula*. Sur le plan de la végétation, ce sont les pâturages de pré-steppique (*Pratostepposa*) et de pré (*Pratoherbosa*), avec une dominance dans l'herbage de graminées gazonneuses et prairiales (*Stipa*, *Festuca*, *Calamagrostis*, *Agropyrum*, *Bromus*) des herbes diverses à la période de végétation longue (*Multipratoherbosa*), des *Carex* et d'autres plantes. Le rendement moyen y est de 0,7–1,4 t/ha (en matière sèche), la végétation ne se fane pas en été et laisse le regain après le broutage, ce qui permet une mise en pâture durant toute la période de végétation. La composition d'espèces des plantes fourragères est pratique pour la pâture des bovins.

L'environnement et les conditions économiques dans cette zone favorisent deux directions dans la spécialisation agricole — la production du blé commercial, du lait et du bœuf.

A l'heure actuelle, l'élevage est assuré dans les économies spécialisées dans la production de viande et de lait, et comme branche auxiliaire — dans les économies de blé, où l'on utilise les fourrages naturels et les restes de blé.

La tâche principale d'une organisation du terrain se résume, dans les conditions présentes, à faire progresser la spécialisation et la concentration, à la base d'une coopération interéconomique et une intégration agro-industrielle. Ces efforts vont permettre d'exploiter d'une façon rationnelle les ressources naturelles agraires et autres, d'accélérer la croissance productive et son efficacité.

Une place importante dans l'évolution de l'élevage de cette zone revient aux entreprises interéconomiques pour l'engraissement des bovins, pour l'élevage des génisses remontantes et d'autres formes de coopération.

Ainsi, l'entreprise interéconomique Kouibychev pour l'élevage des génisses de race, dans le district Bychkoulsky, la région du Kazakhstan du Nord, achète par contrats dans les économies de la région des génisses de la race rouge de steppe, à l'âge de 15–20 jours, les nourrit, les élève et rend aux fournisseurs des vaches portantes de 5–6 mois. Cet élevage intensif des génisses dans une ferme spécialisée, accorde aux économies de la zone laitière une possibilité d'augmenter le cheptel des vaches au troupeau, et d'exploiter les pâtures d'une façon plus rationnelle. En outre, un élevage orienté des génisses contribue au perfectionnement de la race et de la productivité des animaux.

A côté de la solution des problèmes de spécialisation, de concentration et de coopération de l'élevage, des problèmes relatifs à l'emplacement des centres d'engraissement, le gros d'attention est porté dans cette zone, au cours de l'organisation du territoire, à l'emploi justifié des pâturages naturels, à la conservation de leur productivité initiale ainsi qu'à leur bonification.

A cet effet, des schémas technologiques relatifs à l'exploitation de la couverture végétale sont élaborés; ces schémas sont basés sur les résultats d'une exploitation géobotanique de chaque terrain de pâture ou de chaque groupe de terrains similaires, compte tenu de leurs particularités phytocénologiques et bioécologiques.

Dans la zone de steppes classiques et de steppes sèches du Kazakhstan, la plupart de plaines ayant des sols ordinaires et des terres noires méridionales, ainsi que des steppes ayant des sols bruns-châtains et châtons, avaient été labourées lors de la mise en valeur des terres défrichées. Les pâturages naturels à la superficie de quelques 40 millions d'hectares, ne sont présents que sur des sols combinés salins et, dans une plus grande part, sur des sols peu développés ainsi que dans les basses collines.

D'après la composition de leur couverture végétale, les pâturages de plaine présentent des types combinés: herbes diverses-*Stipa*, *Stipa-Festuca sulcata*, *Festuca sulcata-Stipa lessingiana* aux associations de *Festuca sulcata*, *Linosyris*, *Festuca sulcata*, *Artemisia-Festuca sulcata* et *Festuca*. Leur rendement moyen varie de 0,35 à 1,0 t/ha, pour tomber dans les années sèches de deux fois et d'avantage.

Sur les sols peu développés et rocailleux des basses collines, le gros de la couverture végétale est constitué par des variantes pétrophytiques des steppes arbustées, où participent les arbustes — *Spiraea hypericifolia*, *Caragana balchaschensis* et *Caragana frutex*, les herbes diverses de steppe, les graminées gazonneuses — *Stipa rubens*, *S. lessingiana*, *Festuca sulcata*, *Avenastrum desertorum*, *Artemisia terrae-albae* et *Arte-*

misia sublessingiana. Le rendement des pâturages dans les basses collines reste généralement en fonction de l'exposition des pentes et du degré de développement de la couverture du sol. D'après les explorations géobotaniques, on peut avoir sur les pâturages dans les basses collines de 0,2 à 0,8—1,0 t/ha.

Dans la zone de steppes, les pâturages sont dans une large mesure soumis à la dégradation par le soleil, surtout aux sommets et les pentes rocailleuses des basses collines.

En ce qui concerne la spécialisation agricole, le rôle primordial revient à la production du blé, combinée avec succès avec des branches d'élevage du bétail, dont l'élevage de jeunes bovins de boucherie, des moutons d'astrakhan et d'astrakhan fin, des chevaux en troupeaux, et des porcs au Kazakhstan Central et Oriental.

La mise en valeur des terres défrichées avaient créé des conditions favorables pour développer d'avantage l'élevage dans la République. A l'heure actuelle, la zone de steppes compte plus de 50 % de bovins et près de 16 % du cheptel des moutons.

Procédant actuellement à l'organisation du territoire dans les entreprises d'élevage, on met l'accent sur les conditions nécessaires pour assurer une production d'élevage rentable. L'une des tâches majeures qui devra trouver une solution dans les projets de l'organisation du terrain à l'intérieur des économies, est la stabilisation de la base fourragère afin de pourvoir aux besoins de chaque branche d'élevage spécialisée.

Les projets prévoient dans cette optique nombre de mesures, dont: une bonification superficielle et radicale des pâturages naturels, une formation de pâturages artificiels clôturés, un perfectionnement de la structure des aires d'ensemencement, pour assurer les besoins de la production de l'herbe, une irrigation équilibrée du territoire de pâture, et d'autres mesures.

Toutes les initiatives prévues par les projets vont former un ensemble, chaque mesure fut précédée d'une analyse écologique et économique et des solutions optima furent trouvées afin de conserver et améliorer la qualité des domaines, ainsi que d'avoir le maximum de produits sur chaque hectare avec le minimum de moyens.

C'est ainsi que pour augmenter le rendement de l'élevage des bovins de boucherie, dans la zone des steppes, une importance de premier plan revient aux fourrages verts à hautes qualités nutritives durant toute la période de pacage. Le but peut être atteint par la mise au point d'une chaîne verte dans les assolements herbagers, ou par une bonification radicale des pâturages et l'ensemencement de ces derniers avec des herbes à une longue période de végétation. Une exploitation de pâturages bonifiés devra figurer dans le schéma général de la rotation herbagère, élaboré pour chaque terrain appartenant à un troupeau donné.

La rotation de pâturages (le pâturage tournant) dans la zone de steppes, doit assurer la pâture aux qualités nutritives équivalentes pour toute la période de broutage, ce dernier s'étendant d'une manière consécutive sur l'herbage des pâturages naturels et artificiels (ensemencés). Partant du fait que le broutage au début du printemps exerce une influence considérable sur le repoussement ultérieur et la conservation de la végétation sur les pâturages, il faut prévoir le début du pacage sur des terrains naturels aussi bien qu'artifi-

ciels — en fonction de particularités bioécologiques et physiologiques des plantes de pâture. L'organisation d'une chaîne verte sur les pâturages se résulte en une augmentation de poids journalière moyenne plus haute, par rapport à la mise au pré sur les pâturages naturels. En outre, un broutage consécutif modéré contribue à la conservation des pâturages naturels.

Des massifs de pâture énormes se situent au Sud du Kazakhstan, dans les zones désertique et semi-désertique: leur superficie dépasse 125 millions d'hectares. La direction principale dans la production agricole de ces régions est l'élevage, dont la branche majeure est l'élevage des moutons.

Dans la zone semi-désertique, la couverture végétale est généralement présentée par des combinaisons de plantes semi-arbustes désertiques, de plantes gazonneuses de steppes, de plantes gazonneuses meubles, et plus rarement — par des plantes rhizomales.

Les ensembles de la couverture végétale dans les plaines sont constitués par des associations qui comprennent: *Festuca sulcata*, *Stipa capillata*, *Stipa lessingiana*, *Agropyrum fragile*; quant aux associations désertiques, elles comprennent: *Artemisia* et *Salsola*. La production de l'herbe sur les pâturages combinés fait en moyen 0,25—0,4 t/ha, mais elle reste sujette à des variations annuelles considérables.

L'élevage progresse, dans la zone semi-désertique, en deux directions spécialisées — l'élevage des bovins de boucherie et l'élevage des moutons. Certaines entreprises combinent ces deux branches. Parmi les économies de l'élevage des moutons il faut noter une prédominance de celles qui produisent la viande et la graisse: leur spécialité réside en moutons à queue grasse. Compte tenu des grandes possibilités de la zone semi-désertique sur le plan de l'élevage des moutons à queue grasse, ainsi que leur efficacité économique, la tâche est d'augmenter leur cheptel dans les années à suivre jusqu'à 10 millions.

Une exploitation rationnelle des pâturages semi-désertiques dans les conditions actuelles, se heurte à une irrigation faible et à l'absence de prés de fauchaison en quantité nécessaire. C'est pourquoi, lors de l'organisation du territoire des entreprises de l'élevage dans cette zone, une attention particulière est portée aux problèmes d'irrigation, à la bonification radicale des pâturages et la formation de prés de fauchaison artificiels. Il importe également de mettre au point les limites des exploitations du sol et celles du cheptel.

La pratique prouve qu'une haute rentabilité est gagnée dans ces conditions, seulement par des grandes entreprises spécialisées qui comptent 50—60 mille têtes de bétail.

Plus de la moitié de tous les pâturages dans la République est située dans la zone désertique (91,0 millions d'hectares). D'après la couverture végétale et les conditions écologiques, on révèle au Kazakhstan plusieurs types de déserts: argileux, pierreux et rocailleux (gypsofères), sablonneux, salins et salifères. D'après les conditions climatiques, la zone désertique se prête à la division en deux sous-zones: celle du nord et celle du sud.

La couverture végétale des déserts du nord est dominée par les semi-arbustes — *Artemisia* et *Salsola*. Des associations de graminées désertiques — *Stipa*, *Agropyrum*, *Festuca sulcata* — sont rares, et apparaissent surtout au nord, sur les sols argileux bruns; quant au

reste du territoire, elles ne sont présentes que dans les dépressions. En général, les graminées ne jouent pas dans la zone désertique un rôle d'importance quant à la pâture: leur part ne dépasse pas 5—7%.

Les types essentiels de pâturages sur les sols argileux et aréno-argilés sont dominés par l'*Artemisia*. Les espèces les plus représentatives sont — *Artemisia*, *Agropyron fragile*, *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis aphyllum*, *Artemisia sp.*, *Salsola rigida*; quant aux sols rocailloux, ils sont dominés par *Salsola arbuscula* et *Artemisia*.

Le rendement de ces pâturages est de 0,15—0,35 t/ha.

Les pâturages, aux *Artemisias* sur les sols bruns salifères tachetés de salines, font ressortir des types combinés, où participent les associations d'*Anabasis salsa*, *Camphorosma lessingiana*, *Salsola laricifolia*, *Salsola rigida* et *Artemisia panciflora*.

Des éphémères et des éphéméroïdes sont fréquemment présentés dans l'herbage des pâturages aux *Artemisias* — il s'agit de *Poa bulbosa*, de *Carex pachystylis*, d'*Eremopyrum orientale*, de *Ceratocarpus arenaria* et d'autres plantes. Lors des années humides, ils forment dans la couverture végétale une sinusie éphémère nettement prononcée et fournissent un accroît à la production de 0,05—0,1 t/ha.

Les pâturages des déserts du Nord ont un trait particulier qui consiste en changements périodiques d'aspects, durant toute la période de végétation. Le fait est dû à l'abondance des formes de vie variées et à la spécificité de leur évolution végétale. Les changements survenus dans la composition de l'herbage, ainsi que dans le rythme de son évolution, font un effet sensible sur la dynamique de la production et les qualités nutritives des herbes, sur divers types de pâturages.

Au printemps, la nutritivité de la pâture augmente jusqu'à 80 unités fourragères (u.f.) (dans 100 kg de fourrage sec). En été, lorsque les éphémères dépérissent et l'*Artemisia* se retrouve à l'état du repos relatif, la nutritivité accuse une baisse jusqu'à 30—40 u.f. En automne, la nutritivité de la pâture monte quelque peu pour atteindre 45—50 u.f. Vers cette période, la teneur en essence dans l'*Artemisia* tombe, et la plante est broutée plus volontiers par les moutons. Au cours des années de sécheresse, l'*Artemisia* ne repousse presque pas. C'est vers le milieu et la fin de l'été que le manque de pâture est ressenti sur les pâturages aux *Artemisia*, d'une façon la plus sensible. C'est pourquoi, on les exploite surtout au printemps et en automne, pour conduire le bétail en été aux alpages.

Les plaines soulevées des plateaux tertiaires — Ousturt et Betpak-Dala — aux sols gypsés et peu développés gris-bruns rocailloux, sont recouvertes d'une végétation très maigre d'*Artemisia* et de *Salsola*. Sur le plan de la nature, ce sont des déserts extrêmement sévères aux conditions de l'habitat arides et défavorables à l'évolution des plantes. La couverture végétale y est raréfiée, les espèces dominantes sont — *Salsola laricifolia*, *Salsola rigida*, *Arthrophytum lehmaniana*, *A. betpakdacense*; les arbustes rampants sont représentés par *Anabasis solsa*, *Nanophyton erinceum*, *Arthrophytum* et *Salsola*. Le gros de la matière fourragère (80—90%) est fourni par les *Salsola* et les *Artemisia*. Les éphémères se développent normalement uniquement dans les années aux précipitations fortes

qui tombent au cours des périodes hivernale et printanière.

La production des pâturages dans les déserts rocailloux fait 0,15—0,2 t/ha en moyen. A l'heure actuelle, tout le territoire des déserts rocailloux est sous-exploité par manque d'irrigation.

Une vaste superficie (près de 32 millions d'hectares) dans la zone désertique incombe aux déserts sablonneux. Ces derniers s'étendent par des massifs isolés à partir de la frontière occidentale jusqu'à la frontière orientale du Kazakhstan. Les massifs les plus importants sont: les sables de Volga-Oural, le Kara-Koum Subaral, le Kyzyl-Koum, le Mouyunkoum, le Taukoum et le Sarychykotraou.

La végétation des déserts sablonneux présente une grande valeur sur le plan économique. Les pâturages des déserts sablonneux sont beaucoup plus productifs, par rapport à ceux des déserts argileux et rocailloux environnants. On peut les exploiter pratiquement toute l'année à la ronde. La production des déserts sablonneux n'est pas soumise à de fortes variations, dues aux sécheresses.

La composition typologique des pâturages dans les déserts sablonneux est sensiblement variée. Le fait est dû à la présence d'arbustes, dont *Haloxylon persicum*, *Haloxylon aphyllum*, *Calligonum sp.sp.*, et *Amodendron sp.sp.*, de semi-arbustes — *Artemisia sp.sp.*, *Eurotia ceratoides*, *Astragaens sp.sp.* et de multiples plantes herbeuses.

Les massifs des sables du Nord (Volgo-Oural, Subkasiens, Kara-Koum, Oural-Elben, Grands et Petits Barsouks, Kara-Koum Subaral et Aryskoum Subaral, Mouyunkoum Subtchou et autres sables) situés dans les sous-zones de sols bruns et gris-bruns, sont dans une large mesure couverts de steppes. Leur végétation compte, à côté des arbustes et des semi-arbustes, aussi des graminées de steppe — *Agropyron fragile*, *Stipa*, *psamophitum*, *Festuca beckeri* et d'autres.

Les sables du Kyzyl-Koum du Sud sont riches en végétation éphémère et éphéméroïde, c'est pourquoi, leur valeur monte surtout au printemps.

A l'heure actuelle, la végétation secondaire s'est répandue sur la majeure partie des sables, cette végétation faisant suite à l'exploitation séculaire des pâturages sablonneux.

La mise en valeur des pâturages désertiques du Kazakhstan a une très longue histoire. Le caractère saisonnier nettement accentué dans l'évolution de la végétation désertique et une faible irrigation du territoire conditionnaient depuis toujours la forme nomade de l'élevage. Des éleveurs anciens connaissaient bien les pâturages qu'il fallait exploiter au printemps, aussi bien que ceux où ils se rendaient en été et en automne, et les lieux de l'hivernage.

Le système saisonnier qui s'était formé au cours de l'histoire, n'avait pas d'alternative sur le plan de l'exploitation des zones désertique et semi-désertique. Ce système permettait d'user de vastes massifs de pâture et d'en tirer les produits d'élevage — la viande, la laine, l'astrakhan — sans faire d'investissements capitaux. Par ailleurs, l'élevage de ce genre ne pouvait pas progresser d'une façon stable: lors des années défavorables le cheptel diminuait d'un coup, le bétail crevait en masse.

Le pacage d'année en année et aux mêmes saisons, provoquait la dégradation ou la destruction complète

des pâturages qui demandent, dans le désert, des décennies pour se voir reconstituer de nouveau.

L'Etat Soviétique, dès le début prête une grande attention à la mise en valeur des déserts et des semi-déserts sur le plan industriel aussi bien qu'agricole.

Les transformations socialistes sur le territoire du Kazakhstan prévoyaient une mise en valeur des massifs de pâture. La rotation agricole entraînait des pâturages abandonnés et peu exploités, des mesures furent prises quant à la régularisation d'emploi et d'irrigation des pâturages.

La collectivisation des économies d'élevage parcelées avait permis d'adopter une nouvelle approche à l'organisation du territoire de pâture. Des conditions furent créées afin de répartir, d'une façon équitable, les pâturages entre les économies. Compte tenu de l'environnement, du rendement et de la composition botanique, tous les pâturages furent divisés en entreprises économiques de pâture, et affectés aux kolkhozes.

A l'heure actuelle, de grandes entreprises d'élevage sont installées dans la zone désertique du Kazakhstan; elles fournissent au pays du mouton en grandes quantités et à bon marché, la laine, l'astrakhan et autres produits d'élevage. Ces dernières années, des efforts considérables furent déployés sur le plan de spécialisation et de concentration de l'élevage des moutons, de gros travaux d'irrigation et de bonification radicale des pâturages furent achevés pour assurer une exploitation rationnelle de l'ensemble des pâturages.

Les entreprises situées dans la zone au pied de la montagne et qui disposent des pâturages sablonneux désertiques, des alpages et des pâturages aux contreforts ont une spécialisation dans l'élevage des moutons à la toison fine; quant aux entreprises dont les pâturages se trouvent dans les déserts sablonneux et rocailloux, elles ont pour direction économique majeure l'élevage des caraculs.

Le Kazakhstan dispose de vaste potentiel pour faire progresser la production d'élevage dans ses aspects essentiels.

La République fut saisie d'une tâche capitale — accroître sensiblement le cheptel des bovins, des chevaux et des moutons.

Une longue expérience dans l'organisation d'une exploitation rationnelle des pâturages et l'aménagement de leur territoire, a permis de mettre au point un échelonnement dans les projets; ce cheminement consécutif assure une efficacité dans l'emploi des richesses naturelles.

L'étape initiale pour établir le projet, commence par le schéma du développement et de l'emplacement de la production agricole dans le district ou la région; ce schéma peut figurer comme un document à part ou faire partie d'autres matériaux de prévision. Il dresse les bases à une exploitation exhaustive et rationnelle de tous les domaines, ainsi que fait des pronostics économiques quant au progrès dans l'agriculture, la spécialisation et la concentration de la production, la formation de nouvelles exploitations du sol et la régularisation de celles qui existent déjà, l'emplacement des entreprises interéconomiques et de complexes d'élevage.

Une réalisation ultérieure de ce «schéma» dans la partie relative à la formation de nouvelles exploitations et la régularisation des existantes, à l'installation des

entreprises interéconomiques et d'autres, — cette réalisation va au fur et à mesure qu'apparaissent des conditions économiques nécessaires, elle prend la forme des projets d'organisation interéconomique du terrain. La seconde part des problèmes touche l'exploitation des domaines agricoles, l'emplacement des complexes d'élevage et des bases fourragères affectées; ces problèmes sont résolus dans le projet d'organisation du terrain à l'intérieur de chaque entreprise.

L'étape finale de l'élaboration du projet prend la forme d'un document technique de travail concernant l'objet concret (le complexe d'élevage, le pâturage artificiel, la rotation des cultures irriguée, la bonification et l'irrigation des pâturages, etc.). Il est évident que ce document s'appuie sur les recherches précédentes.

Chaque document susmentionné traite les problèmes relatifs à l'organisation de l'aménagement du territoire des pâturages, en détails au degré différent. Néanmoins, dans tous les cas il faut aspirer à une utilisation exhaustive de la pâture, et à un maximum du rendement des produits agricoles.

Au cours de l'élaboration des projets, il faut aspirer à assurer l'ensemble du cheptel par les pâturages toutes saisons dont la composition de l'herbage saura satisfaire les particularités physiologiques des races animales présentes.

Dans la zone de steppes où l'on élève généralement des moutons à la toison fine et semi-fines, le territoire affecté à l'entreprise ou à la ferme, doit avoir un aspect compact, former un massif unique. Là, une attention particulière doit être portée au choix correct de la composition typologique végétale aux délais de végétation différents, car cela permet de tenir les moutons au pacage plus longtemps, et les pourvoir de la pâture de qualité. A cet effet, il faut être attentif à l'assortiment des types répandus dans divers habitats. Ainsi, dès le début du printemps et jusqu'à la moitié de l'été, on peut exploiter dans la zone de steppes la *Festuca sulcata*, la *Stipa* et la *Festuca sulcata-Artemisia* sur les sols secs salinisés et les pentes ensoleillées des basses collines; vers la fin de l'été on passe sur les pâturages dans les dépressions, et l'on exploite le regain sur les terrains broutés; en automne on utilise les types d'*Artemisia* et de *Salsola-Artemisia* sur les sols peu développés rocailloux et salinisés. Lors de la distribution des terrains pour le broutage d'automne, il convient d'éviter d'affecter aux moutons les pâturages au développement massif de la *Stipa capillata* ou de *Festuca*.

Dans la zone désertique au caractère saisonnier d'exploitation des pâturages nettement prononcé, il est nécessaire d'organiser le territoire de façon à pourvoir le cheptel de la pâture toutes saisons. Dans ces cas, les exploitations des entreprises, des sections et des fermes peuvent être formées en terrains isolés. Cela étant, leur nombre ne devra excéder les limites optimales raisonnables.

Nous allons maintenant envisager les problèmes principaux relatifs à l'organisation et l'aménagement des pâturages à l'instar du sovkhoe d'élevage des moutons «Akterek», dans la région d'Alma-Ata, dont le territoire fait preuve d'une grande diversité de nature.

Les sols exploités par le sovkhoe couvrent une superficie qui totalise 78,7 mille hectares, dont: 11,6 mille hectares des terres de labourage; 4,1 mille

hectares de prés de fauchaison et 56,1 mille hectares de pâturages.

Les pâturages naturels affectés au sovkhoe se trouvent dans des conditions écologiques différentes, disposant de couverture végétale diversifiée au caractère d'exploitation saisonnier très net.

Les pâturages d'été ayant une superficie de 10,9 mille hectares, sont situés dans les montagnes (points absolus jusqu'à 2800 m). La partie supérieure est présentée par des steppes d'alpage à la dominance de *Stipa kirchisorum*, *Stipa capillata*, *Festuca sulcata*, *Poa pratensis*, *Bromus inermis*, *Carex* et les herbes diverses. A la suite d'une exploitation intense, plusieurs terrains sont salis par des mauvaises herbes. La production varie dans les limites de 4,1 à 11,5 q/ha; l'accroît maximum de la masse aérienne tombe sur le mois de juillet.

Les pieds et les contreforts de la montagne sont couverts d'associations de *Stipa*, de *Festuca sulcata* et d'*Artemisia*. La production de l'herbe dans ces pâturages varie de 0,29 à 1,38 t/ha avec une moyenne de 0,45 t/ha.

La plaine au pied de la montagne est en partie labourée, et le reste est occupé par des pâturages de printemps et d'automne dominés par les éphémères d'*Artemisia* (23,5 mille ha) à la production de 0,25 à 0,58 t/ha. La nutritivité maximale y est atteinte vers la fin de la période printanière; en été la couverture végétale se fane, et ce n'est qu'en automne que l'*Artemisia* et parfois les éphémères repoussent de nouveau.

Sur le territoire adjacent à la vallée de la rivière Kopa, et dans la bande de biseautement des eaux souterraines, on voit évoluer des herbes diverses graminées et halophytiques — *Lasiagrostata*, *Phragmites*, *Prata halophila*, ainsi que des pâturages salifères d'*Artemisia* et de *Salsola*. Une partie de l'herbage est fauchée, et le reste est exploité comme pâturages de printemps-été-automne et automnaux. La production moyenne selon les types d'herbage varie de 0,25 à 1,03 t/ha.

La composition des domaines agricoles et les conditions de l'environnement ont dicté à l'entreprise une direction d'élevage. La branche principale y est l'élevage des moutons, et la branche auxiliaire — l'élevage du bétail laitier et à viande, et l'élevage des chevaux en troupeaux; ces deux branches permettent d'employer d'une façon exhaustive les ressources fourragères du sovkhoe. Au moment de l'organisation du terrain, le sovkhoe possédait: 43,7 mille têtes de moutons, 900 têtes de bovins et 1,4 mille têtes de chevaux.

Le caractère saisonnier d'exploitation des pâturages et les conduites du bétail fréquentes, dues à la faible irrigation des domaines, ont eu pour résultat une sous-exploitation de la pâture potentielle, la baisse dans le rendement et une dégradation de la qualité d'herbage. En outre, un système d'élevage pareil ne permettait pas d'organiser d'une façon régulière la technologie de production dans la branche.

C'est pourquoi, la tâche majeure, lors d'élaboration du projet relatif à l'organisation du sol à l'intérieur de l'entreprise, fut axée à trouver un principe nouveau dans l'exploitation des pâturages, compte tenu de la technologie sophistiquée de l'élevage.

Le projet prévoyait une organisation rationnelle du territoire de pâture, adaptée aux méthodes intensives de l'élevage, ces dernières étant proches à une techno-

logie de production industrielle. On compte de placer la totalité du cheptel dans des complexes mécanisés auxquels seront affectés les pâturages naturels et perfectionnés, dans les bandes au pied de la montagne, les zones de steppes sèches et, semi-désertiques, pour la période de printemps et d'automne. En été, les moutons, les jeunes bovins et les troupeaux de chevaux se verront affectés les alpages qu'on ne peut pas exploiter dans d'autres saisons. Les troupeaux du bétail à lait et les juments à koumis seront mis en pacage sur des pâturages artificiels irrigués.

Le cheptel des moutons prévu par le projet et se chiffrant à 70,0 millions de têtes, sera placé dans les 13 complexes d'élevage, dont 9 seront destinés aux brebis (5000 têtes chacun); un — à l'engraissement (5000 têtes), trois — aux agneaux (10000, 5000 et 4000 têtes) et un — à l'entretien des moutons et des agneaux (6000 têtes).

Le complexe inclut des bâtiments (les kochars) à l'approvisionnement en eau mécanisé, au chargement et à la distribution automatique du fourrage, un centre d'insémination artificielle (près des complexes aux brebis), un centre du traitement des fourrages, une plate-forme pour le stockage du fourrage grossier, un magasin pour les concentrés ainsi que des logements pour le personnel en service.

Le système adopté pour les complexes, altère une mise en pacage avec une mise en stables: au cours des périodes printemps-été-automne les moutons seront gardés aux pâturages et, en hiver, ils vont passer en stables, avec des courtes sorties sur le terrain adjacent en promenades.

Il fut déjà noté que tous les complexes sont situés dans la zone des pâturages printaniers et automnaux. C'est pourquoi, chacun d'eux se voit affecter des enclaves de pâturages d'été. Les exceptions à la règle sont accordées au complexe des brebis ayant des pâturages artificiels à lui, pour toute la période d'été, et au complexe d'engraissement dont le cheptel sera pourvu en fourrage.

On prévoit d'introduire des rotations à tous les pâturages printaniers et automnaux, en mettant au point un système des terrains clôturés et d'alternance des parties exploitées dans le temps et l'espace. La majorité des complexes vont combiner les pâturages naturels et bonifiés.

Le système d'exploitation des pâturages printaniers et automnaux prévoit le broutage annuel en deux saisons, et certains terrains seront exploités à reprise au cours de la période de printemps.

Le schéma de base relatif à l'aménagement du territoire et l'exploitation des pâturages printaniers et automnaux est présenté sur l'exemple du complexe pour 5000 têtes de brebis (voir fig.).

Le complexe se voit affecter 2374 hectares de pâturages, dont 1106 ha sont bonifiés et 1268 ha — naturels. L'ensemble du territoire est partagé en quatre champs de rotation dont chacun est subdivisé en terrains appartenant aux troupeaux. Lors de la formation des champs, le caractère de la végétation naturelle et la compacité des terrains furent pris en considération. Le champ embrasse les terrains à la végétation uniforme et aux périodes de végétation similaires, avec une perspective de l'exploitation par tout le cheptel du complexe. Voilà pourquoi les limites des champs sont

Fig. Schéma de l'aménagement du territoire du complexe d'élevage des moutons prévu pour 5000 têtes:

- Les limites des champs de rotation;
- Les limites des terrains affectés aux troupeaux;
- Les directions de conduites du bétail;
- I-IV Les numéros des champs de rotation;
- 1-5 Les numéros des terrains affectés aux troupeaux;
- ▨ Le centre du complexe;
- La conduite d'eau avec les abreuvoirs;
- ⊙ Le puits;
- ▨ Les pâturages bonifiés;
- Les pâturages naturels;

inégaux d'après la superficie comme d'après la capacité fourragère.

Une condition importante, sur le plan de la formation des terrains au sein du champ de rotation, fut leur capacité équitable en fourrage. Cela étant, sur les pâturages à la prédominance des éphémères, la correspondance de terrains fut établie d'après le stock fourrager en période automnale, et sur les terrains à la prédominance de la végétation d'Artemisia et de Salsola — d'après le stock fourrager printanier.

Le complexe envisagé prévoit deux champs de rotation sur les pâturages bonifiés et deux champs sur les pâturages naturels. Les champs à l'herbage bonifié sont partagés en 7 terrains affectés aux troupeaux, dont 5 (selon le nombre de troupeaux) sont exploités annuellement à la mise en pâture et 2 — pour le fauchage. Les champs à l'herbage naturel sont divisés selon le nombre de troupeaux en 5 terrains.

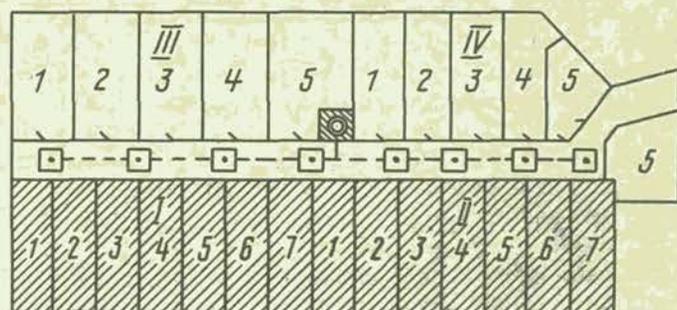
Le besoin en pâture est calculé compte tenu de la durée de la période de pacage et du besoin journalier des animaux. La durée de la période de pacage constitue 170 jours, y compris 65 jours en automne (à partir de la fin août jusqu'à la fin novembre). La période de stallage est calculée à partir du décembre jusqu'au mois de mars y compris 120 jours. Au cours de la période d'été (90 jours) le cheptel du complexe est gardé au total sur les alpages.

Le besoin journalier d'une brebis-mère fait 8 kg de la matière verte au printemps et 5 kg en automne. La norme de printemps est augmentée compte tenu de l'accroît. Le besoin général en fourrages pour l'ensemble du complexe est de 54 mille quintaux de la matière verte, dont au printemps — 26 mille quintaux et en automne — 28,0 mille quintaux. Le total des fourrages obtenu de la superficie affectée est de 55,5 mille quintaux, dont 27,9 mille quintaux au printemps et 28,6 mille quintaux en automne. De cette façon, le cheptel sera pourvu de fourrage vert en entier.

L'exploitation des pâturages est prévue dans le cadre d'une rotation de quatre ans, sur quatre champs alternés par les saisons de pacage.

D'après les données par la station météo d'Otar, le repoussement de l'herbage sur le territoire en question recommence vers la fin mars, et le pacage, donc, est possible à partir de la première décade d'avril. C'est pourquoi, au début d'avril on prévoit un pacage au ralenti, pour ne pas surbrouter l'herbage, et pour faire habituer les animaux à la pâture. Les deux premiers champs bonifiés devront être broutés au cours de 6 jours. Vers le mi-avril quand l'herbage atteint sa maturité de pâture, on exploite le troisième champs de la

Les pâturages de printemps et d'été



rotation, à la couverture naturelle. La capacité de pâture permet de garder les moutons sur ces champs au cours de 15 jours.

Le haut niveau du regain, assuré à l'herbage à la suite du broutage au début du printemps, permet d'exploiter le premier et le second champs encore une fois.

Le quatrième champ est prévu pour le pacage vers la fin de la période printanière, quand sa capacité en matière verte constituera 672 t.

De cette façon, les deux champs seront exploités à deux reprises au cours du printemps et les deux autres — seulement une fois. Le quatrième champ utilisé en arrière-saison, sera assuré de conditions favorables quant à l'ensemencement d'éphémères; ce dernier contribue au repoussement normal de l'herbage.

Le regain insignifiant en automne conditionne un broutage limité dans tous les champs.

L'alternance des saisons d'exploitation, dans les champs de rotation (voir tableau) selon les années, favorise l'ensemencement et le repoussement de l'herbage.

Tableau
Schéma de rotation des pâturages pour un complexe de 5000 brebis-mères

n° du champ	ANNÉES			
	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e
I	printemps I, III automne I	printemps I, III automne II	printemps II automne IV	printemps IV automne III
II	printemps I, III automne II	printemps II automne IV	printemps IV automne III	printemps I, III automne I
III	printemps II automne IV	printemps IV automne III	printemps I, III automne I	printemps I, III automne II
IV	printemps IV automne III	printemps I, III automne I	printemps I, III automne II	printemps II automne IV

Les marques: printemps I — première moitié d'avril; printemps II — seconde moitié d'avril; printemps III — première moitié de mai; printemps IV — seconde moitié de mai, début de juin; automne I — fin d'août, moitié de septembre; automne II — seconde moitié de septembre, début d'octobre; automne III — octobre; automne IV — novembre.

A la différence du système envisagé auparavant, l'un des complexes pour 5000 têtes de brebis-mères prévoit de garder les animaux dans les pâturages artificiels irrigués, sans les conduire vers l'été sur les alpages. A cet effet, le complexe se voit affecter un terrain à la superficie de 240 hectares irrigué à l'aide des eaux souterraines. En outre, il est doté d'un terrain de pâturage naturel pour le pacage des animaux au début du printemps et à l'arrière-saison; la superficie du terrain est de 384 hectares.

Le projet prévoit un pacage sur des terrains clôturés situés dans les pâturages irrigués au rendement élevé. Au cours de l'été on recommande d'effectuer là pas moins que 5 cycles de broutage, le séjour des animaux dans les enclos ne devant pas dépasser 3 jours.

La garde des bovins prévoit un emploi dans le troupeau de lait des génisses à l'âge de plus de 2 ans et des veaux de l'année en cours, ce cheptel étant gardé dans les pâturages artificiels irrigués; quant au reste du cheptel il est conduit sur les pâturages naturels.

Sur les pâturages irrigués, on recommande un pacage partiel sans faire usage d'enclos permanents. La clôture est installée le long du périmètre du terrain affecté au troupeau et en bordure des conduites du bétail. A l'intérieur du terrain on délimite, à l'aide de haie électrique, la portion journalière à brouter au troupeau, ce qui assure une exploitation exhaustive. Un tel système d'aménagement des pâturages permet d'employer d'une manière efficace l'arroseur «Voljanka», pour irriguer le terrain.

La production de l'herbe, prise à 32 t/ha de la matière verte broutée ou à 6400 unités fourragères, on peut y faire paître les vaches au cours de 180 jours en 6 cycles de broutage.

Les jeunes, apparus lors des années précédentes, seront gardés, dans la période printemps-automne, sur les pâturages aux contrées fortes montagneuses, et en été — sur les alpages. La mise en pâture est prévue à partir de la seconde moitié d'avril sur les pâturages naturels. Le cheptel est partagé en 7 troupeaux à 150—250 têtes chacuns, formés d'après le sexe et l'âge.

Les terrains sont affectés aux troupeaux à raison que le cheptel y sera gardé au printemps au cours de 40 jours. La capacité de l'herbage, sur la totalité du massif, est chiffrée à 1,7 mille t de la matière verte dont 0,98 mille tonnes incombe au printemps, tandis que le besoin pour la même période constitue 0,96 mille tonnes.

En automne, après le retour des alpages, ce massif sera exploité une seconde fois. En plus, les troupeaux des jeunes se voient affectés, pour la même période, 1500 hectares de prés de fauchaison de liman dont le regain ne sera fauché qu'en automne. Le projet prévoit à utiliser 80% de prés de fauchaison dans cet endroit, les 20% restant au repos chaque année.

Pour le pacage dans la période d'été (75 jours — à partir du début juin jusqu'à la mi-août), on conduit le bétail sur un terrain des alpages d'été, dont la partie la plus aplaniée est prévue pour une bonification radicale.

Le massif est divisé en 7 terrains qu'on affecte aux troupeaux, et qu'on soumet au pacage en enclos. Le terrain est encore subdivisé par des enclos à raison de 6 jours de broutage dans chacun, au cours du cycle. Si la période de broutage dure 30 jours, il faut donc avoir 6 enclos.

L'élevage des chevaux dans l'entreprise aura pour but la production de viande, de koumis et, en partie, de bêtes de somme. Le système d'élevage de chaque groupe sera en fonction du but à atteindre.

La ferme des juments laitières pour la production du koumis est située à côté du centre et se verra affecter des pâturages adjacents naturels et artificiels arrosés.

Le broutage des chevaux commence en avril sur les pâturages naturels. Au fur et à mesure du repoussement de la végétation sur les pâturages artificiels, les juments-mères sont conduites dans les enclos. Afin de parer à la raréfaction de l'herbage et à l'abaissement de sa production, il est recommandé de garder les chevaux aux enclos 3 jours tout au plus.

Les chevaux seront gardés dans les pâturages artificiels au cours de 180 jours (mi-avril — mi-octobre), après quoi ils seront conduits sur les pâturages naturels jusqu'à la fin de novembre.

Les jeunes en quantité de 1000 têtes vont être gardés en troupeaux, ceux qui seront destinés à l'engraissement ensemble avec ceux destinés à la procréation. A cet effet, ils auront à leur disposition un massif de pâture à la superficie de 4900 ha dont 2860 ha sont des pâturages de printemps et d'automne, et 2040 ha — des pâturages d'été.

Le cheptel est formé en cinq troupeaux à 200 têtes, chacun ayant deux terrains de pâturage de printemps et d'automne et un terrain d'été.

L'ensemble de mesures projetées a pour but d'employer tout le potentiel des domaines agricoles et d'augmenter la production.

Comparé à la période qui précédait l'organisation du sol, le sovkhos «Akterek» va augmenter, à la première étape d'après le projet, la production de lait de 4,2 fois, de laine — de 1,8 fois et de viande — de 1,5 fois; à la seconde étape la production sera augmentée conformément de 1,5; de 2,5 et de 2,4 fois.

Les grandes entreprises d'élevage peuvent avoir au Kazakhstan plusieurs schémas de rotation des pâturages — en fonction de leur typologie, des espèces et des races animales. Pour chaque groupe d'animaux le schéma devra partir des réalités du terrain. Cela étant, ces schémas devront être simples, accessibles aux éleveurs et nettement marqués sur le terrain.

Lors de l'organisation des pâturages, à l'étape actuelle de l'évolution agricole, il faut prévoir en perspective une introduction des méthodes industrielles dans l'élevage.

L'installation de grandes entreprises et de complexes d'élevage requiert une intensification dans l'exploitation des pâturages par la voie de leur bonification radicale, leur irrigation, la création de pâturages artificiels clôturés et arrosés, et une introduction de schémas de rotation adéquats.

METHODES DE LA CARTOGRAPHIE DES PATURAGES AU PROFIT DES EXPLOITATIONS D'ELEVAGE

par V.I. Terekhov.

Ingénieur en chef du département de prospection complexe de l'Institut KAZGHIPROZEM (Alma-Ata)

Les exploitations d'élevage, dont la production dépend, essentiellement, de l'utilisation des aliments naturels de pâturages, doivent avoir une information précise sur la couche de végétation et sur l'état général écologique de leur territoire.

Elles désirent connaître en premier lieu la composition typologique des terrains de pâturage naturels, les surfaces et les réserves globales en fourrages, le dynamisme des récoltes suivant les années et le regain des parties aériennes des plantes pendant la période de végétation, la stabilité des biocénoses (systèmes écologiques) ou le sens de leur variation sous l'effet des activités d'aménagement, ainsi que d'autres particularités bioécologiques de la couche végétale.

Une des méthodes principales d'étude des pâturages, largement répandue dans notre pays, est l'établissement des cartes de la végétation. Ces cartes des pâturages et des terrains de fenaison (démontrant les réserves en fourrages, les types de terrains fourragers, etc.) font partie des cartes spéciales de l'écologie et des ressources terrestres. Contrairement, aux cartes géobotaniques, elles sont destinées, essentiellement, à la mise en évidence de la répartition en étendue des régularités biologiques qui conditionnent le rendement économique du tapis végétal utilisé en tant que pâturage ou terrain de fenaison [16]. Les cartes en question doivent contenir le volume d'information nécessaire permettant d'étudier et d'envisager des mesures pour utiliser rationnellement les ressources fourragères tout en maintenant les conditions écologiques optimales des biocénoses. Compte tenu de ces exigences, la cartographie des pâturages et des terrains de fenaison doit être toujours accompagnée des résultats de l'examen géobotanique.

Il existe plusieurs méthodes de levé des cartes du tapis végétal. Deux méthodes, le levé de surface et le levé d'itinéraires, ont connu l'application pratique fréquente.

Le levé de surface, ou levé objet par objet, prévoit la visite de chaque objet de planimétrie, la mise en relief et le dégagement des frontières de toutes les associations végétales faisant l'objet du levé cartographique à l'échelle donnée.

En fonction de la qualité des documents de base utilisés, le levé de surface peut s'opérer par des procédés variés.

Si l'on utilise comme documents topographiques de base les plans des exploitations, les cartes topographiques ou d'autres documents sur lesquels les frontières des types de terrains fourragers ne sont pas marquées, on procède au levé à vue suivant le réseau de piquets préparé préalablement (levé de piquetage) ou à l'aide des instruments topographiques (levé à la planchette ou levé tachéométrique).

Si l'on dispose des photographies aériennes, le levé

de surface s'effectue soit par interprétation de profils, soit par interprétation de la végétation par contours.

La méthodologie et les techniques du levé de surface sont exposées dans le détail dans les manuels et les monographies publiés dans notre pays et consacrés aux problèmes de cartographie du tapis végétal [5, 6, 7, 10, 13, 15, 17].

Le levé à vue à l'aide des piquets et le levé régulier, sont très difficiles à faire et demandent beaucoup de temps. Dans la pratique de la cartographie des pâturages, ces procédés sont utilisés rarement; ils sont exploités pour de petites surfaces et à grande échelle 1:5000 — 1:25000. Dans notre pays, l'inspection des terrains naturels de pâturage et de fauchage est basée, essentiellement, sur la photographie aérienne agricole.

Les matériaux fournis par la photographie aérienne: les clichés individuels, les tableaux d'assemblage des photographies aériennes, les photoschémas et les photoplans préparés par les soins des entreprises de photographie aérienne rurale, contiennent une très grande quantité d'informations. Ils permettent d'inspecter et de reporter sur la carte les pâturages beaucoup plus rapidement, avec moins d'efforts et de frais et avec une précision élevée.

Les clichés individuels sont pour ainsi dire la production brute de la photographie aérienne; ce sont des images directes du terrain. On y distingue, clairement, tous les détails visibles du paysage: le relief, les cours d'eau, les affleurements des roches, les takyr, les solontchaks, les particularités physionomiques des divers types de végétation. Il est cependant assez difficile d'employer directement les clichés individuels pour la cartographie des pâturages. En effet, le géobotaniste doit s'occuper d'un grand nombre de clichés représentant le territoire en question. En outre, ces clichés sont dans la plupart des cas pris avec des échelles différentes, ils présentent des distorsions et des recouvrements en marge, ils n'ont pas de repères altimétriques et ne sont pas rattachés au canevas géodésique.

Afin de faciliter l'emploi des clichés, on fabrique des tableaux d'assemblage des photographies aériennes sur lesquels les clichés sont assemblés dans le cadre d'une région d'étendue notable, ce qui permet de s'orienter plus facilement sur le terrain et de rechercher plus vite le cliché désiré. Ils conservent, toutefois, tous les inconvénients propres aux clichés individuels. De ce fait, on peut les utiliser uniquement en tant que base supplémentaire de la cartographie.

Le document de base utilisé pour la cartographie des pâturages naturels est le photoplan.

Les photoplans, établis à des échelles différentes, sont interprétés, rattachés au canevas géodésique de précision et représentent l'ensemble d'éléments physiques et géographiques du terrain: le réseau de routes et de cours d'eau, les sources d'eau, les agglomérations,

le relief et les repères altimétriques, ainsi que les frontières des paysages isolés: forêts, massifs sablonneux, solontchaks, takyrs, terres labourées, pâturages, terrains de fauchage, portant l'indication de leur état technique de culture (arbustes, gravier, pierres, salinisation, humidité excessive. . .). Le ton et le dessin des différents types de végétation qu'on distingue sur les photoplans non blanchis permet de reconnaître les frontières des associations, des combinaisons ou des complexes végétaux à cartographier.

L'information fournie par les photoplans et les clichés individuels sur la situation physico-géographique, sur la structure et le caractère de la végétation permet de cartographier le tapis végétal plus précisément et plus rapidement.

Parmi les méthodes, il convient de citer, avant tout, les méthodes de levé terrestre en série et de levé aérovisuel, largement employées au cours des inspections des pâturages naturels.

Pour prendre connaissance plus détaillée de ces méthodes, prenons l'exemple d'organisation de la cartographie et de l'inspection des pâturages et des terrains de fauchage au Kazakhstan.

Le Kazakhstan est un ancien pays de pâturages, sur son territoire il y a plus de 188 millions d'hectares de terrains de pâturage naturels. Ils sont situés dans toutes les zones pédogéographiques: steppe, steppe boisée, semi-désert, désert, ainsi qu'en montagnes de l'Altaï et du Tian-Chan.

La végétation variée est la base principale de l'élevage, surtout en zone de steppe sèche, de semi-désert et de désert. Il est, donc, naturel que les autorités de notre république accordent une si grande attention à l'étude des terrains de pâturage et de fauchage naturels. Une cartographie planifiée des pâturages est la première composante de la gestion des pâturages. L'inspection des pâturages est confiée à des centres de recherches scientifiques et de projets, y compris l'Institut Kazghiprozem, l'Institut de projets pour l'arpentage des terres du Kazakhstan, où on a créé un grand département de prospection complexe, dont la mission est l'inspection et la cartographie des pâturages naturels.

L'inspection se fait par des équipes de spécialistes spécialement formées et composées d'un géobotaniste, son adjoint (technicien) et deux ou trois ouvriers. Si nécessaire, on introduit dans ces équipes des pédologues, arpenteurs et agronomes.

L'étude géobotanique et les méthodes de cartographie peuvent être plus ou moins détaillées, en fonction de la complexité de la couche végétale et de sa valeur économique et écologique générale.

Au cours de l'inspection des pâturages des exploitations d'élevage situées dans les zones de steppe sèche, de semi-désert et de désert à couche végétale, relativement, homogène ou complexe, on fait la cartographie du terrain par moyen de levé topographique par itinéraire véhicule à l'échelle 1:25000 et 1:50000.

En montagne où les sols ont le plus de valeur, on utilise le transport par bêtes de somme et on établit les cartes à l'échelle 1:25000. La méthode pratiquée dans ce cas-là est une combinaison de deux procédés: le levé terrestre en série est complété par l'interprétation directe des portions étalons et l'extrapolation de leur contenu sur les contours représentés sur les

photoplans mais restant en marge des itinéraires. Une telle méthode nécessite un contrôle par prélèvement des résultats de l'extrapolation.

Dans un territoire, difficilement, accessible (massifs sablonneux à billons et buttes, terres inondées et deltas des rivières, systèmes montagneux peu articulés, salses de boue) la cartographie des pâturages se fait par le procédé de levé aérovisuel à bord d'un hélicoptère.

Les principes d'établissement des contours au cours de la cartographie des pâturages reposent sur la mise en évidence des secteurs homogènes du point de vue de la composition et de la structure de la végétation, du rendement, des conditions d'habitat (relief, sols, humidité) et de l'état d'utilisation dans l'exploitation.

Comme unité cartographique, on adopte le type de pâturage ou de terrain de fauchage. D'après son volume, le type est proche d'une association ou d'un groupe d'associations apparentées. Sous le terme d'association, nous sous-entendons, conformément, à sa définition adoptée dans notre pays, l'ensemble d'associations végétales (phytocénoses) qui possèdent dans leurs étages principaux et dans les étages secondaires les plus développés les mêmes espèces de plantes (dominantes et édificateurs), une même combinaison de cénopopulations, de conditions d'habitat et de qualité de la production. Cette définition souligne que l'association est une unité écologique et territoriale.

On sait que la couche végétale est rarement homogène d'après sa composition; on rencontre le plus souvent des compositions hétérogènes, c'est fait que les types de terrains de pâturage et de fauchage peuvent être homogènes ou complexes.

Sur le terrain en plateau où la végétation plus ou moins homogène, représentée par des associations végétales écologiquement voisines, s'étend sur un territoire important, la texture des contours sera dans la plupart des cas homogènes; les contours correspondront, donc, aux limites des associations.

Dans un relief compliqué (montagnes, salses de boue, sables à billons et buttes, terres inondées adjacentes aux rivières), la végétation est, généralement, représentée par des mésocombinaisons, ou combinaisons de plusieurs associations. Même sur une carte à grande échelle, il est difficile de marquer les aires occupées par les associations différentes d'autre part, en parlant de l'exploitation agricole, il n'est pas possible de les utiliser en tant que des types séparés. Pour ces raisons, on ne marque que des types complexes de terrains de pâturage et de fauchage. Les frontières de contours pareils correspondront, donc, aux limites des associations réunies; dans la plupart des cas elles coïncideront avec les limites naturelles des unités géomorphologiques ou avec les endroits de changement des formes du mésorelief (dépression-crête, pentes d'orientation différentes, sommets, trous, billons, buttes, etc.)

En plus des combinaisons, on doit distinguer la composition complexe de la couche végétale (les microcombinaisons). C'est un ensemble d'associations ou de leurs fragments régulièrement répétés appartenant à des associations différentes mais réunis généralement entre eux par des successions d'affiliation et par des frontières frangées, dans un territoire génétiquement homogène, dans les conditions d'un paysage très faiblement articulé [3].

Au Kazakhstan, les complexes de végétation sont largement répandus sur des territoires, relativement,

jeunes, se trouvant au stade de formation de la couche végétale: dépression Caspienne, plaines alluviales des deltas anciens, dépressions lacustres, plaines espacées de salses de boue, etc.

Au niveau d'une couche végétale complexe, on tient comme type de pâturage, le type de complexe d'associations qui prédomine sur le territoire donné, ou bien plusieurs types de complexes tels que l'association fondamentale soit commune à eux tous mais que les éléments accessoires soient différents. Dans ce cas les limites des contours sont tracées, compte tenu des variations des sols, du relief ou du changement de l'association fondamentale.

L'ensemble des travaux relatifs à l'inspection géobotanique et à la cartographie des pâturages naturels se divise en trois phases: la phase préparatoire, les travaux sur le terrain et les recherches de bureau.

1. Phase préparatoire. La texture et l'importance de la phase préparatoire dépendent de la méthode opératoire adoptée (levé terrestre en série, levé aérien à l'aide d'un hélicoptère, méthode combinée, etc.), des documents de référence disponibles et de leur qualité, de la connaissance du territoire à inspecter, ainsi que d'autres facteurs organisationnels et techniques.

En tout premier lieu, on se fait remettre et on étudie minutieusement les documents de référence: les photoplans, les bandes de vol et, si nécessaire, les clichés individuels ainsi que tous les matériaux pouvant caractériser le territoire soumis à la cartographie du point de vue économique et naturelle. Si les inspections et la cartographie sont faites par le procédé terrestre en série, on met en relief sur les photoplans les frontières les plus visibles des microrégions naturelles ou administratives ou des paysages typiques: sur les plaines, on marque les portions de terrain homogènes ou complexes du point de vue géobotanique, des massifs sablonneux, des broussailles, des forêts et les terres inondables; en montagne et sur le terrain couvert de salses de boue, on met en relief les flancs de côtes, les vallées, les roches, etc., c'est-à-dire qu'on dresse un schéma préalable du sectionnement géobotanique.

Si la cartographie est à faire par le levé aérien, les travaux préparatoires sont beaucoup plus difficiles et délicats. En pareils cas, tout en préparant le sectionnement géobotanique, on doit dégager les contours existants de la végétation à l'intérieur des microrégions, c'est-à-dire établir sur le photoplan un maquette préalable de la carte du territoire. A ces fins, on emploie les bandes de vol et les clichés individuels, ainsi que les cartes géobotaniques disponibles à une petite échelle. En étudiant les variations de ton et de dessin de l'image de la végétation, du relief, les traces d'humidité et les autres indices d'interprétation visibles sur les photographies et en les comparant avec la situation telle qu'elle est représentée sur les photoplans, on met en relief les frontières des unités à cartographier.

Les méthodes d'interprétation de la couche végétale sur les photographies aériennes sont exposées en détails dans les ouvrages de B. Vinogradov [6, 9, 10] tandis qu'on trouve les indications sur la nécessité de dresser une carte provisoire chez V. Sotcheva [20], chez R. Ozonda [22] et chez d'autres auteurs.

Toujours en phase préparatoire, on doit aussi rechercher les renseignements sur l'existence d'animaux

sauvages et de plantes rares ou endémiques dans la zone des travaux s'ils présentent une grande valeur scientifique et économique et doivent être protégés.

S'appuyant sur les matériaux géobotaniques disponibles, on prépare une classification provisoire des terrains de pâturage et de fauche.

En fin de la phase préparatoire, on prend des mesures d'organisations et administratives nécessaires. On réunit les spécialistes qui font partie de l'équipe, on rédige des programmes et des devis, on reçoit l'équipement, les outils.

2. Travaux sur le terrain. Cette période se déroule dans la succession suivante:

- a) organisation des travaux;
- b) reconnaissance sur le territoire;
- c) cartographie et inspection en série des pâturages;
- d) information des autorités des exploitations sur les résultats de l'inspection des pâturages.

La notion d'organisation des travaux sous-entend:

- la location et l'aménagement d'un bureau pour la troisième phase de travail des spécialistes;
- la mise en place d'un laboratoire de campagne pour le séchage des échantillons de fauchée et pour la préparation des échantillons à l'analyse chimique;
- l'organisation de l'approvisionnement matériel éventuel de l'équipe, du ravitaillement en essence des automobiles, etc.

Si l'inspection se fait par la méthode du levé aérien, il est nécessaire, en outre, d'aménager une aire d'atterrissage et un terrain de stationnement et de service.

Avant de procéder aux travaux sur le terrain, le géobotaniste interviewe les autorités et les spécialistes de l'exploitation agricole afin de préciser:

- l'orientation générale de la production agricole;
- les volumes d'approvisionnement en fourrages grossiers et aqueux;
- le rendement des terrains de fauchage et de pâturage naturels et artificiels au cours de 5 à 7 dernières années;
- la répartition du bétail sur le territoire de l'exploitation d'après les espèces et les groupes d'animaux;
- les délais de pacage sur telle ou telle portion du terrain;
- les lieux et les aires des terrains de pâturage améliorés, leur rendement.

La reconnaissance est une phase obligatoire de l'inspection et de la cartographie des pâturages. Elle se fait afin de mieux connaître le territoire, ses particularités naturelles, les modalités botanico-géographiques de répartition spatiale des unités végétales fondamentales.

Au cours de la période de reconnaissance, on doit:

- vérifier et compléter la liste provisoire des types de terrains de fauchage et de pâturage dressée pendant la phase préparatoire;
- établir les types d'inhomogénéité de la couche végétale (complexes, combinaisons, séries), ainsi que les causes qui les provoquent;
- mettre en évidence les modifications principales des associations végétales consécutives aux activités humaines et leur relation vis-à-vis de la végétation primitive;
- préciser les limites des microrégions géobotaniques fixées préalablement sur les photoplans, ainsi que

les renseignements réunis sur les sols, le relief, l'humidité du territoire et les autres conditions naturelles et économiques.

Pour la reconnaissance, on établit un réseau d'itinéraires bornés à suivre en automobile, généralement suivant les chemins vicinaux existants. Les itinéraires sont choisis de manière à traverser toutes les microrégions géobotaniques ou types de paysages marqués sur les photoplans.

Si la cartographie prévue est réalisée par le procédé du levé aérovizuel, la reconnaissance préalable sera effectuée, de préférence, en deux phases combinant les travaux en l'air et sur la terre. Au début, on procède à l'inspection du terrain carrossable. Le réseau d'itinéraires est établi en tenant compte de la viabilité du terrain. Il est souhaitable que les itinéraires, même raréfiés, englobent l'ensemble du massif à cartographier. Sur chaque contour visité, on fait une description complète de la couche végétale et l'on procède aux fauchées pour déterminer le rendement. Une telle reconnaissance a un double objectif: premièrement, elle permet de contrôler l'interprétation provisoire des limites des contours et de la composition typologique de la végétation; deuxièmement, on accumule une certaine quantité de descriptions détaillées et de données sur le rendement, ce qui permettra de diminuer le nombre d'atterrissages au cours de la cartographie aérovizuelle définitive et d'étendre ainsi la surface inspectée, donc d'améliorer le rendement des travaux de cartographie et de diminuer leur coût.

La deuxième phase de la reconnaissance est réalisée par la méthode aérovizuelle. Il y a, généralement, trois géobotanistes qui participent au vol: deux géobotanistes remplissent les fonctions d'observateurs (un à chaque côté de l'appareil), tandis que le troisième (le plus souvent c'est le chef d'équipe géobotanique) joue le rôle de navigateur.

L'objectif principal de la reconnaissance aérovizuelle est de prendre connaissance du territoire non exploré à bord d'automobiles, de contrôler les limites des contours marquées sur les photoplans et de s'assurer que leur contexture correspond à ce qu'on trouve sur le bordereau d'indices d'interprétation. En outre, les géobotanistes s'entraînent à tracer les itinéraires et à décrire rapidement la végétation à bord d'hélicoptère.

A la fin de la reconnaissance, on dresse l'horaire des travaux de cartographie sur l'ensemble du territoire. L'horaire prévoit l'ordre successif des inspections des terrains de fauchage et de pâturage, compte tenu des délais de leur utilisation dans les buts agricoles (délais de fauchage, de pâture, degrés de développement végétatif des herbes).

La cartographie détaillée en série des pâturages qui suit la reconnaissance est la phase principale des travaux sur le terrain. Pendant cette période on effectue le levé de la couche végétale à titre définitif, on établit une description détaillée des pâturages, on évalue leur état technique de culture, on détermine le rendement, on cueillit les plantes afin de constituer l'herbier et l'on ramasse les échantillons pour l'analyse chimique.

Le volume et le sujet de la cartographie terrestre et aérovizuelle diffèrent considérablement.

Le levé terrestre en série se fait conformément à l'horaire fixé après la reconnaissance.

Avant de se mettre en route, le géobotaniste consulte les photoplans préparés et trace les itinéraires sur ceux-ci. Les itinéraires seront fixés de manière à parcourir toutes les formes principales du relief. On aura soin de traverser tous les contours délimités sur les photoplans. Les exceptions ne seront tolérées que pour des contours de faibles dimensions sans valeur: solontchaks, takyrs, etc. Tous les itinéraires seront, rigoureusement, rattachés sur le terrain aux points caractéristiques (repères) marqués sur les photoplans.

Les itinéraires seront orientés en travers des lignes de changement des éléments du relief, en fonction de la franchissabilité du sol, de la structure de la couche végétale et d'autres facteurs.

Sur les plaines, les itinéraires seront, généralement, parallèles entre eux. En montagne, ils auront des orientations choisies par l'exposition des pentes, de façon à traverser toute la végétation, du pied au sommet.

En route, le géobotaniste doit, en marquant sur le photoplan l'intersection des frontières des associations, s'arrêter pour décrire en détail les pâturages. Il fait les descriptions détaillées des associations rencontrées pour la première fois, si elles croisent, deuxièmement, il n'en fait que des brèves.

Si l'itinéraire traverse une portion de terrain à végétation complexe, pour déterminer le pourcentage des associations au sein du contour, le géobotaniste procède à une évaluation linéaire en mesurant les distances au moyen des lectures de l'indicateur de vitesse (de parcours); pour des taches de faibles dimensions, il évalue à l'estime la largeur des associations traversées et porte toutes ces données sur son journal de bord. L'écriture doit être condensée, en utilisant des indices et des abréviations établies à l'avance, qui facilitent le travail, par exemple, n^o1-AZ-NE-19^o-1,8 km, 494 parc., Ata 65, S.a. 35 — on 215 gr br. sol., ce qui signifie: itinéraire n^o1, direction Nord-Est 19^o, parcours 494, les associations: *Artemisia terrae-abbae* — 65% et *Salsola arbusculiformis* — 35% sont décrites, la description n^o215 sur les sols gris-bruns «solontchak».

Tous les contours marqués sont numérotés sur les photoplans et décrits sur la feuille de description détaillée. Sur les photoplans, à côté du point concerné, on inscrit le numéro de la description, puis on met au numérateur l'indice du type d'après la légende provisoire, et au dénominateur, le numéro du contour. La feuille de description détaillée, dont le libellé est donné en annexe 2, est remplie en roulant: directement au point décrit pour les petits contours, à la fin de l'inspection du contour si sa superficie est grande. La pratique de nombreuses années d'inspection des terrains de fauchages et des pâturages au Kazakhstan montre que la cartographie la plus sûre est assurée quand la densité est la suivante à des échelles différentes:

1 : 100 000 — 2—3 km; 1 : 50 000 — 1—1,5 km;

1 : 25 000 — 0,5 — 0,8 km.

Le plus petit contour délimité en cartographie des pâturages et des fauchages est de 1 cm² pour les premiers et 0,5 cm² pour les seconds (à l'échelle de la carte).

Le levé aérovizuel à bord d'un hélicoptère demande une préparation particulière. Chaque jour, avant le vol suivant l'itinéraire fixé, le géobotaniste ou le chef d'équipe-navigateur marque la route à suivre sur les photoplans. Les itinéraires sont fixés en tenant compte

des repères qui figurent sur les photoplans, ainsi que de ceux qui ont été ajoutés au cours de l'inspection de reconnaissance, de manière à pouvoir examiner et décrire tous les contours délimités à l'avance.

Après avoir marqué les itinéraires sur les photoplans, on établit la route, ou plan de vol, conformément au modèle donné. On marque sur ce document les repères définissant les points de départ et d'arrivée, les distances séparant ces points, les orientations (gisements), la durée de vol entre ces points, les modalités techniques à suivre au cours du vol (vitesse, altitude). Le navigateur trace la route suivant les itinéraires fixés conformément au plan établi; l'inspection, proprement dite, est confiée aux deux géobotanistes qui observent la végétation du côté droit et celui de gauche de l'appareil. On note sur un journal de bord, analogue à la feuille de description détaillée, sous forme abrégée, les renseignements sur la composition de la végétation, les conditions du relief, la nature des sols, la fraction de chaque association au niveau du contour (définie à l'estime), le rendement, l'état technique de culture des pâturages et terrains de fauchage, etc. Pourtant, il est à signaler qu'il existe un nombre de difficultés qui empêche de prendre les notes pendant un vol effectué à une grande vitesse.

La proposition de P.Rey (1959) de remplacer l'écriture par l'enregistrement des descriptions des contours sur la bande d'un magnétophone facilite considérablement la tâche des géobotanistes au cours de l'inspection aérovissuelle. On obtient de très bons résultats en définissant le rendement à distance au moyen de photomètres raccordés à des enregistreurs automatiques. Nous avons essayé cette méthode en zone semi-désertique et avons obtenu des données, parfaitement comparables sur le rendement tant par la méthode des fauchées d'essai au sol que par la photométrie aérienne.

Au cours de l'inspection aérovissuelle, les descriptions détaillées de la végétation sont faites à chaque atterrissage, dont le nombre ne dépasse pas, généralement 6 ou 7 par jour. On décrit, en tout premier lieu, les terres non décrites au cours de l'inspection de reconnaissance. Ensuite, on procède aux descriptions répétitives sur les types prédominants de terrains de pâturage ou de fauchage pour lesquels on ne dispose pas de données suffisantes permettant de relever le rendement moyen ou les caractéristiques géobotaniques.

Pour étudier la structure de la végétation, on fixe des profils écologiques dans les contours les plus typiques du territoire exploré. Dans les déserts sablonneux, les profils ont généralement 20 m de large et 1 à 1,5 km de long. Dans tous les cas le profil doit être représentatif de toutes les associations qui existent dans le contour étudié, chacune d'elles étant rencontrée deux ou trois fois au minimum.

Compte tenu de l'importance de l'évaluation correcte des paramètres économiques et phytocénologiques de la végétation à l'estime au cours de l'inspection aérovissuelle, on comprend que les géobotanistes doivent s'exercer systématiquement dans ce domaine. L'entraînement nécessaire est reçu à l'occasion du travail minutieux sur les profils écologiques et au cours des descriptions détaillées. Il est donc nécessaire, après avoir visité un profil, de l'examiner encore une fois en vol. Chaque fois qu'il a des doutes ou qu'on rencontre des associations nouvelles, non décrites auparavant, le

géobotaniste doit solliciter l'atterrissage pour étudier et décrire la végétation dans tous ses détails.

La description de la végétation au cours de la cartographie des terrains de pâturage naturels est consignée sur des fiches géobotaniques spéciales dont on trouve le modèle en annexe 1.

Avant de commencer sa description, le géobotaniste doit examiner la plus grande partie de l'association végétale afin d'en dégager un secteur typique du point de vue de son relief et de ses particularités phytocénologiques (composition des populations, hauteur des plantes, leur densité, distribution et couverture projective).

Au cours de l'examen du secteur indiqué, une attention particulière doit être accordée à la mise en évidence des sinusies de la couche végétale compte tenu de la composition spatiale (verticale, horizontale) et temporelle (saisonnière) des phytocénoses, ainsi qu'à leur caractéristique écologique au niveau de l'habitat. Il convient de se rappeler que le développement de quelques-unes des sinusies peut varier, sensiblement, par rapport à la norme moyenne (par exemple, le développement des éphémères ou des plantes adventices annuelles), si bien qu'il suffit d'une inattention momentanée pour que le nom même de l'association soit entaché d'une erreur. On se trompe, tout aussi facilement en appréciant la valeur de certaines plantes pérennes, surtout celles dont la floraison et la fructification n'ont pas lieu chaque année. C'est ainsi que, si pendant l'année en cours il y a la floraison massive de certaine fêrue (monocarpes), leur part au sein de l'association risque d'être surestimée. Au contraire, si d'autres espèces, telles que les graminées, accusent un certain retard, on risque de sous-estimer ce groupe de plantes. En faisant ces observations, on doit apporter beaucoup de soin à l'analyse de l'association par espèces sous l'angle qualitatif et quantitatif.

Il y a un autre but poursuivi par l'étude de chaque association: il consiste à savoir à quel point l'association est concernée par des modifications dégressives ou, au contraire, démutatives, c'est-à-dire à savoir si elle n'est pas une modification d'une association (climax) plus naturelle. Il est tout aussi important d'établir les causes d'une telle modification: surpâturage, incendie, sécheresse excessive, etc.

Après avoir révélé un secteur typique de l'association avec ses particularités principales, on précise le type du terrain de pâturage ou de fauchage. Aux fins de l'unification, on propose de ne mentionner dans le titre que les espèces ou groupes de plantes dont la part au sein de la végétation n'est pas inférieure à 10

ou 20 % (part = $\frac{\% \text{ couverture particulière}}{\% \text{ couverture totale}} \times 100$). Les plantes indicatrices et les plantes de grande valeur économique dont la part est plus petite seront mentionnées après le titre, par exemple: Pâturage à armoise et fêtuque ovine, avec du caragan (Festuca sulcata, Artemisia sp. sp. et Caragana sp.).

Ensuite, on note sur la fiche les conditions géographiques du milieu (le relief, la nature du sol, ainsi que toutes les particularités de la végétation), ce qui est d'une importance particulière pour déterminer le rendement attendu.

On doit noter, en outre, sur la fiche, l'état technique de culture des herbes, les particularités d'utilisation

antérieure et actuelle, ainsi que les recommandations provisoires sur l'exploitation rationnelle.

Tout en donnant la description de la végétation, l'aide-géobotaniste et les ouvriers font l'évaluation du rendement.

L'évaluation du rendement s'effectue, en général, par l'une des deux méthodes, en fonction de la structure et de la composition en espèces de la végétation: par fauchage sur des aires de dimensions déterminées et par recensement quantitatif des plantes-modèles sur les transections. La première méthode est employée pour tous les types de végétation raréfiée (arbustes, sous-arbrisseaux) des déserts.

En évaluant le rendement d'un terrain de pâturage ou de fauchage, il est très important de choisir, correctement l'emplacement de l'aire de contrôle, quelle que soit sa forme. Pratiquement, cela signifie que les herbes sur les aires de contrôle doivent présenter la même composition (espèces), une disposition typique, une hauteur moyenne et une couverture projective moyenne.

Pour déterminer le rendement des herbes, on choisit, généralement, des aires carrées ou circulaires de 1 m² de surface (délimitées avec du fil de fer de 0,3 à 0,5 cm de section). En steppe ou sur une prairie où les herbes sont denses, on choisit quatre aires différentes, et si les herbes sont rares, on prend 8 et même 10 aires de contrôle.

Les plantes tombées sur l'aire de contrôle sont classées d'après les espèces ou les groupes d'utilisation. On note en premier lieu le refus, c'est-à-dire les plantes nuisibles et venimeuses. Puis, en passant aux plantes comestibles, on inventorie, séparément, les graminées des steppes *Graminea steposa* (à herbe basse et haute), les graminées des prés *Graminea prata* (à tiges molles et dures), les graminées éphémère et éphéméroïdes (*Graminea ephemeretum*, les laiches *Carex* (à herbe haute et à herbe basse), les herbes diverses *herba varia* (hautes, basses, légumineuses, éphémères, etc.), les armoises *Artemisia* sp. sp. (acceptées ou non acceptées par le bétail pendant toute la durée de la période de pâturage), les soudes *Salsola* (annuelles, vivaces, y compris sèches ou succulentes), les arbustes *Fruticosae* (à feuilles molles ou à épines). On met de côté les espèces de forte masse fourragère dont la comestibilité est inconnue.

Si l'on a déjà laissé brouter les animaux sur l'herbe, on tient compte d'une façon approximative de la quantité d'herbe consommée pour chaque type de plantes (en faisant le recensement et les normes). Cela s'est fait afin d'apporter des corrections correspondantes, par la suite, à la valeur calculée du rendement. On y procède à l'aide des monogrammes composés reflétant la distribution verticale de la phytomasse terrestre des plantes fourragères.

Sur les pâturages de steppe et sur les pâturages de désert et de montagne à herbe basse, on coupe les plantes à 2 ou 4 cm au-dessus du sol; sur les pâturages à herbe haute et à tiges dures, les plantes sont coupées à 10-15 cm du sol.

Le recensement des plantes-modèles s'effectue en fixant des transections et en classant tous les arbustes ou sous-arbrisseaux en trois classes de grandeur: grands, moyens et petits. Ensuite on inventorie les arbustes de chaque classe en les comptant à l'intérieur de la transection. Ses dimensions sont choisies de façon

à pouvoir mesurer environ 100 exemplaires de chaque espèce d'arbuste (sous-arbrisseau), afin de garantir une bonne précision de détermination des dimensions et du rendement de chaque espèce considérée. Les dimensions suivantes s'avèrent satisfaisantes dans la plupart des cas:

a) pour les petits arbustes (sous-arbrisseaux): 0,5x10 m et 1x20 m;

b) pour les arbustes (sous-arbrisseaux) moyens: 1x30 m, 1x100 m, 1x200 m;

c) pour les grands arbustes: 3x100 m, 5x200 m, 5x500 m.

En calculant le rendement, on prélève de 5 à 10 plantes sur chaque classe si les plantes sont petites ou moyennes et 1 ou 2, si elles sont grandes, en fonction de l'état des arbustes.

Sur les pâturages couverts d'arbustes et de sous-arbrisseaux, on ne coupe (arrache) que des pousses vertes et des feuilles nouvelles (innovations de l'année), jusqu'à 1,2 m de hauteur pour de grands arbustes.

Les parties aériennes des plantes coupées sur les aires et les transections sont pesées d'abord à l'état humide, puis séchées et pesées à l'état sec. Tous les chiffres sont consignés sur la fiche géobotanique pour être convertis ensuite (pendant la phase de travail au bureau) en chiffres de rendement à l'hectare.

En décrivant la couche végétale, le géobotaniste doit constamment prêter l'attention à l'état technique de culture des herbes. Il est important de distinguer les terrains de pâturage occupés par des associations secondaires ou par des modifications dues aux activités humaines ou à la présence des animaux: terrains pollués, défoncés présentant des sentiers battus, des souches, des buttes d'animaux fouisseurs, ainsi que les types présentant un état naturel particulier: couverts d'arbres, de buissons, de mottes, de graviers, de pierres, etc.

Dans la plupart des cas tous ces états sont indésirables pour un terrain de pâturage; ils doivent être notés et pris en considération en établissant le plan d'utilisation rationnelle au niveau de l'exploitation agricole.

Au cours de l'inspection géobotanique en série, en notant chaque type d'état technique de culture, on doit prendre en considération les paramètres les plus caractéristiques: la fraction de couverture du secteur, la répartition, les dimensions (diamètre, hauteur, profondeur), la quantité à l'hectare, les noms de plantes (adventices, vénéneuses, nuisibles), le type et la genèse des mottes, etc.

Pour définir les principaux paramètres de l'état technique de culture, on fixe des aires de contrôle ou des transections sur lesquelles on fait le recensement.

Dans les conditions du Kazakhstan, l'état technique de culture des terrains de pâturage est évalué au moyen de critères spécialement établis (petit degré, degré moyen, degré fort) relatifs à chaque type d'altération ou de modification de la couche végétale. Par exemple, lorsqu'il s'agit d'un terrain herbeux pollué par des plantes non comestibles, on distingue:

a) les terrains faiblement pollués où la fraction des plantes adventices constitue de 5 à 10 % de la couverture projective globale ou jusqu'à 10 % du poids des parties aériennes des plantes;

b) les terrains moyennement pollués où les chiffres

correspondants varient entre 11 et 25 % (couverture) et entre 10 et 30 % (poids);

c) les terrains fortement pollués (plus de 25 % de la couverture, plus de 30 % de poids).

L'évaluation qualitative des terrains de fauchage et de pâturage est impossible sans la connaissance de la composition des herbes utiles et nuisibles qu'on y trouve. C'est pourquoi, en inspectant les terrains, le géobotaniste doit inventorier, aussi complètement que possible, la composition floristique. Pour le faire, en plus des listes floristiques insérées dans les descriptions, le géobotaniste doit faire la collection des plantes sur le territoire de façon à former un herbier.

En ce qui concerne la composition chimique des herbes comestibles et leurs qualités nutritives, on doit, au cours des inspections en série, prendre des échantillons moyens des plantes et des herbes diverses, les examiner et les préparer à une analyse chimique.

Quand la cartographie et l'inspection terrestre du territoire sont terminées, les spécialistes de l'équipe géobotanique font une synthèse générale et procèdent à un tour de supervision sur le territoire inspecté.

Sur la base de l'analyse provisoire des résultats de la cartographie et de l'inspection, on organise une séance de travail avec le concours des spécialistes de l'exploitation d'élevage, au cours de laquelle le géobotaniste doit:

— informer les spécialistes sur la composition des terrains de pâturage et sur leur état technique de culture actuel;

— relever les défauts d'utilisation des terrains, indiquer les terrains à améliorer d'une façon superficielle ou à fond, attirer l'attention sur les secteurs qui ont une grande valeur économique et scientifique, ainsi que ceux qui doivent être protégés ou soumis à un régime d'utilisation particulier;

— poser d'autres problèmes économiques et géobotaniques à l'attention des spécialistes.

La phase de travail au bureau comprend les opérations inhérentes à l'inspection géobotanique des terrains de pâturage dans les exploitations agricoles. Pendant cette phase des travaux, on doit:

a) préparer les échantillons et effectuer leur analyse

chimique. Interpréter les résultats de l'analyse et calculer les propriétés nutritives des fourrages;

b) étudier l'herbier; si nécessaire, apporter des rectifications aux noms de plantes déterminés sur le terrain;

c) systématiser les fiches descriptives, les calculs de rendement et des réserves de fourrages, conformément, à la classification adoptée des terrains;

d) rédiger le texte définitif de la légende de la carte;

e) rédiger le bordereau détaillé. Faire l'évaluation des terrains;

f) rédiger des bordereaux généraux d'état technique de culture des terrains et les recommandations sur leur mise en valeur et utilisation rationnelle;

g) établir un bordereau général de recensement qualitatif et d'évaluation des terrains;

h) préparer les documents de référence pour la cartographie, dresser la maquette originale de la carte, établir et photocopier la carte des pâturages;

i) rédiger et présenter le compte-rendu ou la note explicative.

Le dépouillement au bureau des données obtenues à la suite de l'inspection des terrains de pâturage naturels est effectué conformément à une méthodologie spéciale et aux consignes appropriées.

L'expérience de nombreuses années acquise dans le domaine de la cartographie et de l'inspection des pâturages dans les conditions particulières du Kazakhstan montre que les méthodes de levé terrestre et aérovisuel au moyen de la photographie aérienne permettent de collecter les données nécessaires pour évaluer qualitativement et quantitativement la productivité fourragère, la typologie et l'écologie des terrains de pâturage et de fauchage, d'organiser l'aménagement rationnel des fermes d'élevage.

Le perfectionnement permanent de la photographie aérienne, le développement de la photographie cosmique ouvrent de larges perspectives dans le domaine de la cartographie géobotanique de la couverture végétale. Cela concerne surtout des méthodes plus simples de l'inspection des terrains de fauchage et de pâturage. Actuellement, sont en développement les méthodes de la cartographie et d'inspection de la couverture végétale à distance qui doivent devenir les principales pour l'inspection des pâturages.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Andreyev V.A., Panfilovski A.L.* Inspection des pâturages à bord d'avion dans la toundra. Travaux de l'Institut de l'économie agricole dans les zones polaires, coll. «Elevage du renne», fasc. 2, L., 1938 (en russe).
2. *Andreyev V.A.* Méthodes d'inspection aérovisuelle des pâturages du renne. Fasc. 12, L., 1940 (en russe).
3. *Bykov B.A.* Introduction à la phytocénologie. Ed. «Naouka», République du Kazakhstan, Alma-Ata, 1970 (en russe).
4. *Vassilevski D.P., Voskovnikov L.S., Nikolaiev S.Ph.* Nouvelles méthodes d'évaluation et d'exploration au moyen de la photographie aérienne. Goslesboumizdat, M.-L., 1952 (en russe).
5. *Viktorov S.V.* avec coll. Guide des levés géobotaniques. Ed. de l'Université de Moscou, 1959 (en russe).
6. *Vinogradov B.V.* Problèmes fondamentaux de la cartographie de la végétation désertique au moyen de la photographie aérienne. En: Principes et méthodes de la cartographie géobotanique. Ed. de l'Académie des Sciences de l'URSS, M.-L., 1962 (en russe).
7. *Vinogradov B.V.* Méthodes d'étude à bord d'avion de la végétation des zones arides. «Naouka», M.-L., 1966 (en russe).
8. *Vinogradov B.V., Koudriavtseva E.N.* Interprétation des photographies aériennes et cartographie des pâturages dans les déserts et les semi-déserts. En: Expérience de cartographie de la végétation et des sols au moyen de la photographie aérienne. «Naouka», M.-L., 1964 (en russe).

9. *Vinogradov B.V.* Indices de l'interprétation de la végétation désertique des photographies aériennes. Ouvrages du Laboratoire des méthodes aériennes de l'A.S. de l'URSS, v. VI, 1958.
10. *Vinogradov B.V.* Interprétation de la végétation des zones arides et semi-arides. Ouvrages du Laboratoire des méthodes aériennes de l'A.S. v. VII, 1959.
11. *Viktorov S.V.* et coll. Guide des levés géobotaniques. Ed. de l'Université de Moscou, 1959 (en russe).
12. *Prozorovski N.A.* Manuel sommaire de géobotanique. Ed. MIIGAIK, M., 1940 (en russe).
13. Guide des explorations géobotaniques au profit de l'implantation des bandes boisées et de la création d'une base fourragère solide au sud de la partie européenne de l'URSS. Ed. de l'Académie des Sciences de l'URSS, M.-L., 1952 (en russe).
14. Cartographie géobotanique. Ed. «Naouka», L., 1962-1978 (en russe).
15. Géobotanique sur le terrain, vol. IV, Ed., «Naouka», L., 1972 (en russe).
16. *Samoilovitch G.G.* Méthodes d'étude des forêts à bord d'avion. Travaux du Laboratoire des méthodes d'étude à bord d'avion de l'Académie des Sciences de l'URSS, tome VII. M., 1959 (en russe).
17. *Samoilovitch G.G.* Inspection et étude des forêts. En: Méthodes d'étude des ressources naturelles à bord d'avion. Ghéografhiz, M., 1962 (en russe).
18. *Sotchava V.B.* Problèmes de la cartographie en géobotanique. En: Principes et méthodes de la cartographie géobotanique. Ed. de l'Académie des Sciences de l'URSS, M.-L., 1962 (en russe).
19. *Tsatsenkine I.A.* Méthodes d'inventaire des terrains de pâturage naturels. Ed. du Ministère de l'agriculture de l'URSS. M., 1967 (en russe).
20. Guide des inspections botaniques et fourragères des fauchages et des pâturages sur le territoire de Kazakhstan. Alma-Ata 1969.
21. *P.Rey.* La photographie aérienne et la carte de la végétation (Centre national de la Recherche scientifique). Bull. Serv. cart. phytogéogr. Sér. A, t.4, 1959.
22. *P.Ozonda.* La publication des coupures provisoires, raison d'être, techniques possibles. Le cas des Alpes du Sud. In: Méthodes de la cartographie de la végétation. Paris, 1961.

FICHE GEOBOTANIQUE

N° _____ Date _____ Nom de l'inspecteur _____

N^{os} des descriptions de complexes _____

1. Aire, région _____

massif, secteur (lieu) _____

2. Relief (macro, mézo, micro; l'altitude absolue pour les montagnés, l'exposition du versant) _____

3. Sol: a) type _____

b) composition mécanique _____

c) degré de la salinité _____

N ^{os}	Densité des horizons	Description morphologique
1		
2		
3		
4		
5		

4. Régime aquatique (le niveau et la profondeur de la nappe phréatique, la qualité, le temps et la durée de la submersion) _____

5. Végétation (aspect):

a) association _____

b) n^o du contour de l'association _____

c) pourcentage de la participation dans le contour _____

d) la couverture projective exprimée en % _____

e) la distribution par étages _____

I _____ cm.

II _____ cm.

III _____ cm.

IV _____ cm.

f) couverture au-dessus du sol (mousses, lichens) _____ %

g) description physique _____

h) herbes, sous-arbrisseaux, arbrisseux _____

N ^{os}	Noms de plantes	Phénophase	Couverture projective, %	Hauteur, cm	Vivacité	Note
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

N ^{os}	Noms de plantes	Phénophase	Couverture projective, %	Hauteur, cm	Note
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

Note. On indique la largeur pour les arbres.

6. Etat technique de la culture

N ^{os}	Espèces d'état technique	Couverture du secteur, %	Caractère de la diffusion	Dimensions: diamètre, profondeur, hauteur	Nombre calculé pour 1 ha	Remarque (nom des plantes, type des mottes, des pierres)
1.	Salinité: a) par des plantes inacceptées par le bétail b) par des plantes nuisibles et vénéneuses					
2.	Densité des arbrisseaux: a) des arbrisseaux non-piquants " " piquants					
3.	Densité des mottes; a) des mottes végétales b) " " terreuses					
4.	Salinité par pierres					
5.	Fosse, tertres, buttes					
6.	Sentiers battus					
7.	Etat des herbes					
8.	Erosion: a) aérienne (faible, moyenne, forte) b) par eau (degré et dimensions des ravins et des ravines)					

Nos	Espèces d'état technique	Couverture du secteur, %	Caractère de la diffusion	Dimensions: diamètre, profondeur, hauteur	Nombre calculé pour 1 ha	Remarque (nom des plantes, type des mottes, des pierres)
9.	Autres (souches etc.) Utilisation économique a) ancienne b) actuelle					

7. Recommandations quant à l'utilisation:

a) par saisons _____

b) par espèces du bétail _____

8. Réserves en foin:

a) technique du stockage (manuelle, mécanique) _____

b) délais et nombre de fauchages _____

c) le pourcentage de la surface prévue pour fauchage _____

9. Possibilités de la mise en valeur agraire

10. Recommandations quant à la bonification radicale et superficielle

Signature du géobotaniste _____

FICHE DE FAUCHAGE n° _____

Date _____ Description n° _____

Contour n° _____ Végétation du contour _____

1. Point géographique _____

2. Conditions locales _____

3. Association (type du pâturage) _____

_____ Couverture projective _____

4. Rendement a) sur _____ terrains, dans _____ secondarité

N ^{os}	Noms des plantes (noms par espèces entre les parenthèses)	Couverture singulière	Hauteur, mm	Phéno-phase	Poids général de la masse de surface			
					pour les terrains, g		pour le 1 ha, t/ha	
					humide	sec	humide	sec

b) sur des transections de _____ à (dimensions) _____

N ^{os}	Noms des espèces par classes des plantes-modèles	Dimensions des buissons (hauteur, diamètre)	Nombre		Poids de la masse acceptable d'un buisson coupé		Rendement qt/ha	
			sur une transection	sur 1 ha	humide	sec	humide	sec

5. Etat technique de culture (à préciser l'espèce et les paramètres quantitatifs) _____

6. Comestibilité d'herbes par espèces et groupes des plantes exprimée en % et déterminée par des restes des herbes non-acceptées

7. Année d'après le rendement _____

8. Renseignements supplémentaires _____

Signature de l'inspecteur _____

LISTE DE L'ETUDE GEOBOTANIQUE DES CONTOURS

Co- de selon la lé- gen- de	N ^{os} des con- tours	Différences en types des ter- rains (associa- tions) liés à la localité (relief, sols, pour les prairies-humidi- té)	N ^{os} des des- crip- tions	Es- pèce du ter- rain	%% de la par- tici- pa- tion au con- tour	Sur- face en ha	Ren- de- ment total, q/ha	Rendement de l'année moyenne, t/ha						Ex- ploi- ta- tion ac- tuel- le	Etat technique des cultures	Récom- mandations visant la boni- fication et l'exploita- tion	
								foin		fourrages naturels							
								fe- nai- son	pâtu- ra- ges fau- ché- es	prin- temps	été	auto- mne	hiver				

PRINCIPES ECOLOGIQUES DE LA BONNE EXPLOITATION DES PATURAGES

par *L. Ya. Kourotchkina*. Docteur en biologie. Chef du laboratoire à l'Institut de Botanique de l'Académie des Sciences de la RSS de Kazakhie (Alma-Ata)

L'équilibre naturel, en particulier dans les zones arides, est souvent rompu du fait de l'activité agricole de l'homme. En effet, les processus naturels ont tendance à s'altérer cependant que l'homme continue à prélever à son profit la production de ces territoires. L'élevage plus spécialement en raison de sa pratique de stabulation libre est à juste titre tenu pour responsable des déséquilibres qui se produisent au niveau des écosystèmes naturels. Ce sont ces déséquilibres précisément que l'on retrouve à la base de l'état catastrophique qui caractérise de nombreux pâturages du monde [15]. Aussi le problème de la restauration du potentiel naturel des terres acquiert-il une envergure planétaire. C'est-à-dire que les recommandations relatives à l'amélioration et à la bonne exploitation des pâturages doivent être rigoureusement adaptées aux conditions écologiques données.

Gestion des pâturages

Seule la mise en place d'un système de gestion continue des pâturages (fauches) permet de maintenir un rendement naturel élevé et de les exploiter dans les meilleures conditions. Ce système de gestion doit renfermer la prestation des services écologiques à savoir: monitoring (surveillance et prévision des changements), contrôle de l'exploitation, amélioration, information (service agrométéorologique y compris) et réserve.

C'est le schéma qui précède fournit le modèle le plus simple de gestion des pâturages et des fauches pouvant être appliqué par les exploitations d'élevage (voir fig. 1).

Les problèmes du monitoring et de la protection des pâturages parlent pour eux-mêmes. Il faut cependant relever ce fait que les services des eaux et forêts et d'hydrométéorologie effectuent continuellement le monitoring simple, c'est-à-dire, surveillent le rendement, établissent des cartes et des prévisions phénologiques et du rendement par saisons et par décades. Et pourtant, les données ainsi recueillies ne permettent pas de juger du sens de l'évolution des pâturages faute de vision d'ensemble du problème. C'est le monitoring comparé qui paraît donner la plus grande satisfaction. Il est réalisé d'après le schéma suivant: réserve, pâturage, pâturage amélioré et cartographie écologique effectuée par les exploitations elles-mêmes. La mise au point des méthodes de gestion des pâturages suppose qu'on fasse figurer toutes les dégradations des écosystèmes sur des cartes à grande échelle au moyen de levés répétés et de perfectionnement des méthodes de surveillance à distance et d'aérophotocartographie en temps opportun de tous les changements au niveau du tapis végétal et des sols.

Le monitoring se double de service d'information et de prévision des changements de l'environnement. Pour les pâturages cela signifie la prévision du rendement, des disponibilités en ressources naturelles et des changements se produisant au niveau de la structure et du fonctionnement. Le transfert de l'information doit s'effectuer selon le principe de rétroaction et aller de l'exploitation à la planification.

Le monitoring écologique et l'établissement des prévisions sont deux conditions fondamentales que requiert la gestion des pâturages.

En résumé, on peut dire que la bonne exploitation des écosystèmes pastoraux signifie pour nous un système de gestion faisant appel: a) à la typologie écologique des ressources terriennes associée à l'estimation multifactorielle de la charge maximale admissible; b) à la rotation des pâturages (régularité et réglementation); c) au monitoring et aux mesures de protection.

La typologie écologique des pâturages implique la prise en ligne de compte de l'ensemble des facteurs qui s'influencent mutuellement et, avant tout, du tapis végétal, des conditions pédologiques et climatiques et de l'action des animaux domestiques. Cette typologie doit se fonder sur la classification des terres d'après L. Ramenski [14] compte tenu de la productivité à la fois primaire et secondaire.

C'est la corrélation entre les animaux en pacage et le tapis végétal qui affecte les pâturages. De grandes difficultés s'attachent à la nécessité de faire figurer ces relations sur des cartes et d'établir en conséquence des modèles de fonctionnement bien que, étant donné la relative simplicité de la structure de leur tapis végétal, ces modèles paraissent être plus défendables [5] et permettent de calculer la charge «non-dégradante» [18]. Cependant, il est encore rare que l'étude des pâturages soit abordée dans un esprit de système.

C'est sur les plans spatial et temporel que nous nous proposons de considérer le système, la régularité et la réglementation du pacage.

Les irrégularités que l'on constate en stabulation libre tiennent aux procédés employés, aux disponibilités en eau, aux types et au rendement des parcours et à la présence des oasis susceptibles de fournir un supplément de fourrages. Elles peuvent en outre prévenir de la contamination et de l'épuisement des parcours et des disponibilités en parcs à bétail et pistes de transhumance. On sait que les pâturages éloignés des routes, des puits et des parcs à bétail sont gruttés dans un moindre degré. Dans les déserts touraniens il s'agit plus spécialement des terrains situés dans un rayon de 5-7 km par rapport aux ouvrages susmentionnés.

L'irrégularité de l'exploitation des pâturages dans le temps peut être considérée sur les plans historique,

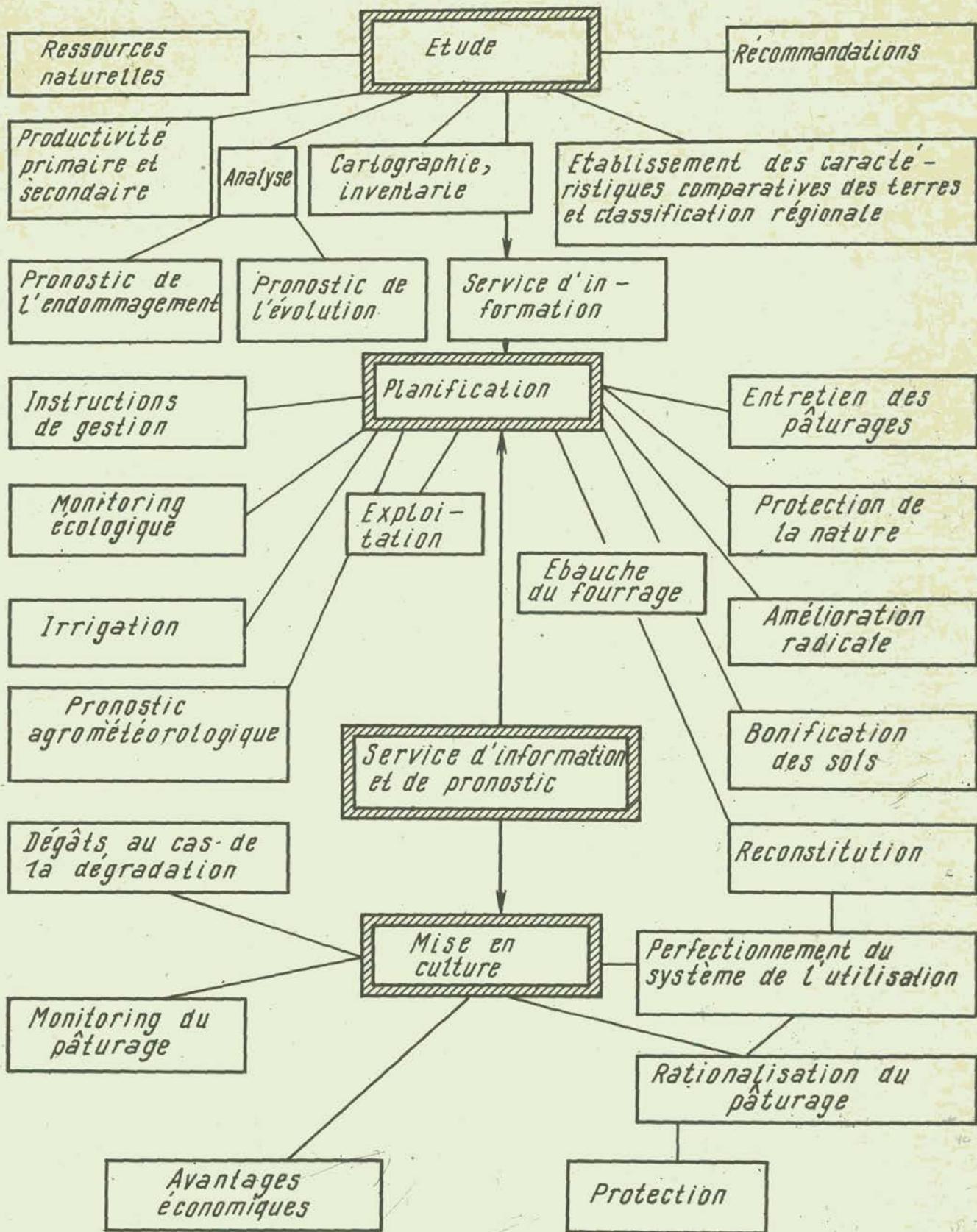


Fig. 1. Le schéma de gestion des pâturages

climatique et saisonnier et dépend de l'importance des troupeaux, des intempéries (sécheresses, chutes de neige, gels tardifs etc.) ainsi que des variations saisonnières des successions des associations et de la qualité des aliments accessibles au bétail. Ce sont les foyers de dégradation où l'on constate en plus la destruction des arbrisseaux et des petits sous-arbrisseaux (bois de chauffage, alimentation du bétail etc.) qui portent témoignage de l'irrégularité du pacage. La structure et la composition botanique des anciennes successions pascuales sont toujours présentes dans la nature si bien qu'elles permettent de remonter aux systèmes de pacage utilisés dans le passé.

Les pâturages de déserts sont utilisables pendant toute l'année mais l'hiver et le début du printemps sont les saisons les moins favorables du point de vue de l'alimentation du bétail pour la partie nord des déserts touraniens. Les réserves en fourrages et leur valeur nutritive y sont respectivement 2-3 et 2 fois inférieures par rapport au reste de l'année.

De ce fait, les fluctuations saisonnières des disponibilités en fourrages pour les troupeaux de moutons se répercutent sur la quantité d'oligoéléments consommés par le bétail ce qui échappe souvent à l'attention des services chargés d'établir la ration journalière du mouton sur les pâturages de qualité différente.

Dans le cas des déserts touraniens les normes de grutage écologiquement fondées ne sont guère supérieures à 60-75 % du regain annuel [4, 11] avec des variations considérables suivant les saisons. Les différents fourrages sont grutés très inégalement suivant les saisons (le cas de charge modérée). Ainsi, en Turkménie les herbes et les arbrisseaux sont broutés à raison de 73-88 et à 9-27 % respectivement. Sur le front du lac Balkhach l'appétabilité des éphéméroïdes s'élève à 80 % au printemps et à 10 % en hiver. Les chiffres respectifs pour les petits sous-arbrisseaux, les herbes vivaces et les arbrisseaux sont de 5; 80; 25 et 0-10 %.

Faut-il en déduire qu'une exploitation bien ordonnée a besoin de normes régionalisées de pacage se fondant absolument sur «l'écologie saisonnière» du parcours (phénorythmotype, qualité des aliments, singularités saisonnières des rapports avec le milieu, la quantité maximale de phytomasse aliénée par les animaux à leur profit et j'en passe)?

En effet, la charge sur les pâturages en URSS est fixée dans la marge allant de 17 à 0,2 ha par tête conventionnelle (cheptel ovin et caprin). Sur les pâturages à sol sablonneux il faut compter 2-6 ha par tête, 2-4 ha pour les parcours à sol argileux et 3,5-6 ha pour ceux des régions sud, soit 0,8 t de fourrages par an.

En Afrique (Kenya) il faut 9,3 kg de masse sèche par tête conventionnelle d'animal sauvage (455 kg), soit 3,4 t par an selon les données de V.Lusigi.

L'évaluation de la qualité des pâturages s'effectue au moyen de détermination du rendement (en masse brute, en fourrage, en productivité) calculé en unités fourragères ou en poids à l'hectare. Notons au passage que l'exploitation des pâturages complique dans une grande mesure l'évaluation du rendement du fait que les calculs doivent intégrer la phytomasse totale, le regain annuel et la productivité secondaire, le cas échéant.

Le modèle de productivité d'un biome (fig. 2) est établi compte tenu des quantités gruttées par le bétail

et du rendement annuel en biomasse [12]. Ce modèle peut en outre faire appel à la prévision du rendement escompté pour l'année suivante compte tenu de l'aliénation planifiée (éventuelle) du regain en cas où les pâturages ne sont exploités que durant une saison. Dès lors, il est possible de communiquer aux exploitations d'élevage les chiffres rendant compte du rapport attendu de la productivité primaire et secondaire à périodicité d'un an. La limite d'aliénation de la biomasse (pacage annuel irrécupérable) est fixée par voie empirique pour chaque écosystème mais doit en plus être constamment tenue à jour.

Dans certains cas d'espèce il suffit de fixer la charge moyenne admissible déterminée compte tenu de la productivité moyenne de l'écosystème et de la stabilité de celui-ci (polyvalence). Dès lors, on effectue tous les 5 à 10 ans le contrôle des facteurs limitant le fonctionnement normal de l'écosystème (disponibilités en oligoéléments, réserve d'humidité etc.).

Ecologie et productivité

Les rapports directs et indirects de la végétation pastorale et du site sont avant tout tributaires du climat et de l'association des plantes appartenant aux différents écobiomorphes ce qui assure une meilleure stabilité, l'adaptation écologique et l'aptitude à l'autorégulation des groupements végétaux.

Il va de soi que la productivité primaire des pâturages est intimement liée à l'abondance des espèces et à leur activité physiologique saisonnière. On peut tenir pour acquis le fait que la photosynthèse des systèmes naturels a une plus grande intensité par rapport aux groupements naturels. En effet, le rapport respiration/photosynthèse n'y est pas aussi favorable ce qui détermine le regain.

Les potentialités sur le plan de la productivité sont évaluées suivant le degré d'aridité considérée sur la base saisonnière. C'est cette approche qui permet de procéder à la classification des déserts (nord-touraniens, sud-touraniens, centrasiatiques etc.). Le rendement escompté est évalué d'après le regain dans les conditions optimales, c'est-à-dire en termes d'utilisation maximale des ressources du milieu pour la production de la phytomasse [2]. Ce sont les expériences de création des agrocénoses qui permettent de nous renseigner sur ce point précis.

L'aptitude à la photosynthèse des plantes de désert est parfaitement capable d'assurer la productivité optimale étant donné les grandes possibilités de photosynthèse constatées chez les végétaux de désert.

Toutefois, c'est dans le sol que sont concentrés quelque 80 % de phytomasse produite par les plantes à l'exception des espèces (*Kochia prostrata*, *Agropyrum fragile*, *A. desertorum*) dont la phytomasse se répartit plus ou moins également. Il importe donc d'en tenir compte pour la régénération des écosystèmes de désert [2]. Ainsi, la phytomasse des pâturages améliorés, acceptée par le bétail représente jusqu'à 2 t à l'hectare pour *Kochia prostrata* et *Agropyrum fragile* sur les sols bruns et jusqu'à 5 t à l'hectare pour les phytocénoses à *Calligonum*+*Kochia prostrata*+*Artemisia terraealbae* sur les sols sablonneux de désert. La phytomasse consommée par les animaux domestiques sur les parcours naturels ne représente en fait qu'une partie de leurs organes aériens. Cette proportion devient consi-

dérable dans le seul cas des plantes herbacées. Ainsi, pour les déserts touraniens la masse fourragère varie de 0,05 à 0,3, rarement de 0,5 à 1,2 t à l'hectare, c'est-à-dire qu'elle reste bien au-dessous de la productivité biologique comprise entre 0,2 et 13 t à l'hectare.

D'ailleurs, les fluctuations saisonnières de pluviosité interviennent en permanence dans l'estimation de la productivité biologique au même titre que le régime hydrique et thermique dont la prise en compte s'impose pour prévoir correctement le rendement.

L'évaluation des facteurs climatiques et (météorologiques) généraux et de leur impact sur le rendement se complique considérablement du fait de la granulométrie des sols et du relief. C'est ainsi que les versants des crêtes exposés au nord qui paraissent être optimaux du point de vue de la radiation solaire totale dans les déserts du front du lac Balkhach (à l'opposé des dépressions entre les crêtes et les versants d'exposition sud qui ne reçoivent que 208-117 cal/cm² à la minute. Les différences de températures sont infimes, de l'ordre de 0,8-1,2° cependant que les sols sont saturés en eau en hiver et au printemps. C'est là en fin de compte que l'on constate les meilleures conditions écologiques associées aux facteurs météorologiques modérés pour la formation des groupements végétaux et leur productivité sur les versants nord. C'est là également que l'on signale le meilleur taux d'utilisation des éconiches et des horizons biologiques du sol, c'est-à-dire de ses ressources [9].

Ces nettes corrélations entre le rendement et les conditions climatiques permettent d'apporter à temps des correctifs aux plans d'exploitation des pâturages. Aussi sommes-nous amenés à reconnaître l'importance d'une étude plus poussée de « l'écologie de la productivité ».

La notion « d'écologie de la productivité » doit se fonder sur la vision d'ensemble des associations dans leurs rapports avec l'environnement et de l'impact du pacage sur la productivité et l'évolution des écosystèmes. Il nous apparaît comme fondamental d'évaluer les dégâts causés par l'exploitation des pâturages et les limites éventuelles d'aliénation de la phytomasse.

On sait par ailleurs que les plantes fourragères de désert réalisent un gain de productivité en cas de charge modérée et régulière. Dans ce cas il est parfaitement possible d'aliéner jusqu'à 70 % du regain annuel sans pour autant affecter les parcours mais nous avons peu de données relatives au déroulement de ce processus dans le temps et dans l'espace.

Impact du pacage sur les pâturages

Il se ramène à trois phénomènes que voici: modification du tapis végétal, son fonctionnement du point de vue de l'écologie et de la physiologie et détérioration de l'environnement. Les deux premiers facteurs étant relativement bien étudiés, on connaît très peu sinon rien sur le préjudice causé à l'environnement et le fonctionnement des écosystèmes.

Dans un premier temps le pacage entraîne l'accroissement de la productivité et l'intensification des échanges entre les plantes et le sol. Or, la charge excessive conduit à la dépression du peuplement herbacé et à la dégradation de l'écotope. De plus, les phénomènes de dégradation des éléments les plus voisins du paysage (sol/végétation) sont souvent décalés dans le temps ce

qui complique l'appréciation globale des successions mais ne la rend pas moins indispensable.

Dans l'ensemble, nous sommes assez loin de notre but qui consiste à fournir la même interprétation des successions au sein des écosystèmes, des tendances générales de leur évolution sous l'influence du pacage et de la fauche mais n'en pouvons pas moins évaluer ne serait-ce que partiellement les conséquences écologiques des successions pastorales (changements indésirables dans le fonctionnement des biocénoses, les propriétés des sols du point de vue de leur halogéochimisme et physique).

Les changements écologiques induits dans les écosystèmes sous l'influence du pacage au plan de la modification du rapport entre les plantes et leur environnement peuvent être considérés du point de vue du degré d'adaptation du cénose aux conditions de l'environnement quand il s'agit de l'édaphysique, du microclimat, de la géomorphologie et d'hydrologie (qualité des eaux de nappe, crues et j'en passe). Ce sont les associations dites stables et leurs dominantes qui se présentent sous forme d'indicateurs de ce rapport sans oublier les indices tels que le degré d'utilisation des ressources, la régularité des types de cénopopulations, la productivité optimale et l'aptitude au renouvellement des pâturages (fauches).

Après avoir établi la relation de cause à effet entre les changements au niveau des écosystèmes on peut aisément les analyser quantitativement et qualitativement mais la difficulté majeure consiste à déceler les rapports responsables de la stabilité du système ou, inversement, de la succession bien que ces échanges entre les blocs biotes-environnement soient la tâche fondamentale dévolue à l'écologiste. De ce point de vue il importe de considérer le type des échanges, le régime hydrique de l'écobiomorphe de même que le processus de production et le trophisme en tant que phénomènes écologiques. Cette approche n'a certainement rien de nouveau. Il est cependant fâcheux de constater que l'étude de la succession des écosystèmes (dont la typologie est à l'état rudimentaire) est le plus souvent centrée sur les changements non pas de fonctionnement mais de structure ce qui fait automatiquement perdre de vue le type des échanges, la nature des changements au niveau de l'assimilation de l'azote, du régime hydrique, de l'utilisation des ressources, etc. Seule l'application des méthodes d'analyse mathématiques permet de combler cette lacune.

Tout en constatant l'insuffisance des données en matière il importe de souligner que la mise en évidence du modèle de fonctionnement de l'écosystème prime en tout état de cause la simple étude de la structure s'inspirant de l'analyse quantitative et qualitative de ses parties constitutives.

Le schéma d'impact des animaux en pacage sur les écosystèmes pastoraux est donné sous ses traits les plus généraux par la fig. 3. En effet, cette figure cite les principaux indices d'amélioration et de dégradation des écosystèmes et du préjudice causé par leur perturbation sous l'action directe et indirecte du bétail, séparément pour les sols et les végétaux.

Le préjudice causé par le surpâturage conduit à la perte de fertilité, à la désertification, à la dégradation des sols et des pâturages et à la disparition du fond génétique.

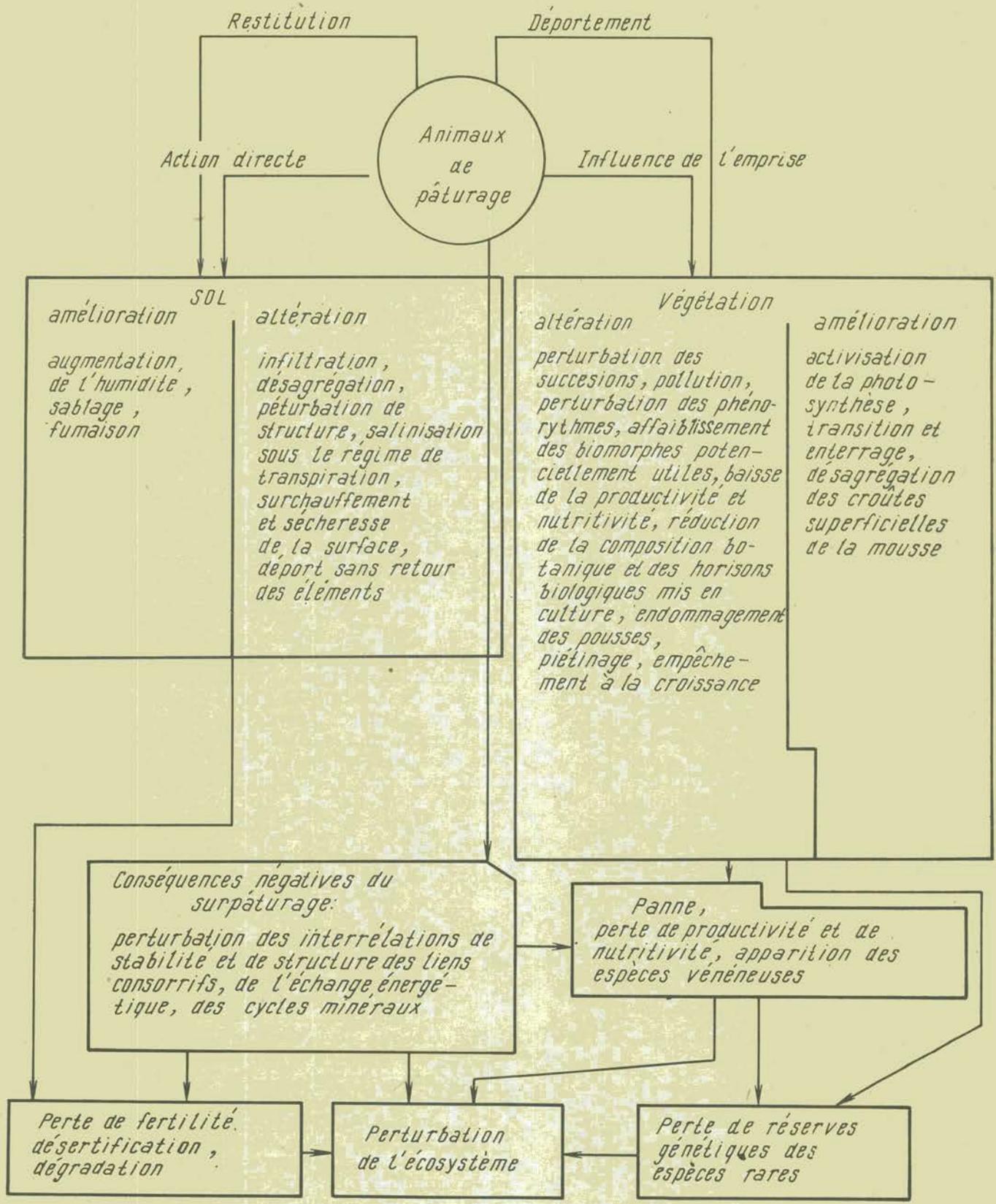


Fig. 3. Influence du pacage sur les écosystèmes de pâturage

Nous nous sommes, donc, entrepris à décrire plus bas certaines conséquences écologiques spécifiques du surpâturage liées à son impact sur l'environnement à travers les changements dans le fonctionnement des associations ou l'action directe de l'apport et du retour des éléments.

Echelle des dégradations. Les dégradations se manifestent de diverses manières suivant le type de pâturage. Nous avons donc cité deux schémas de telles dégradations appliqués à l'analyse des successions végétales pour les déserts nord-touraniens. Des échelles similaires peuvent être également élaborées pour d'autres régions.

L'estimation du préjudice causé à l'exploitation par la dégradation du pâturage n'est effectuée qu'exceptionnellement. Un exemple intéressant d'une telle estimation est cité par B.Bykov (1977) pour les parcours à tapis d'*Artemisia gris* qui occupent plusieurs millions de ha au Kazakhstan. La charge forte pendant 4 années consécutives a entraîné la perte de 50 % de productivité du tapis d'*Artemisia gris* qui constitue normalement 0,3 t/ha de masse sèche. Cela signifie que l'exploitation commence à perdre la moitié de la productivité secondaire à l'hectare de ce parcours en obtenant 15 kg de mouton à l'hectare au lieu de 30. On perdra ainsi 15 t de viande pour chaque millier de hectares.*

Etant donné que la régénération du pâturage dégradé par la mauvaise gestion demandera au moins une dizaine d'années il est facile de se faire une idée de l'importance des pertes.

Il est par ailleurs possible de quantifier les pertes résultant du sous-pâturage. Ainsi, les pertes sous forme de chutes s'élèvent à 0,2 q/ha au cas où les parcours à sols sablonneux ne sont grattés qu'en hiver. Et cela au moment où l'accroissement de poids du jeune bétail a été de 4 à 6 kg par tête de mouton en automne (mois d'octobre) cependant qu'on perdait environ 3 t de viande sur 100 ha. D'après des estimations très sommaires les pertes en productivité secondaire représentent environ 100 t de mouton par an sur les sables du front sud du Balkhach (5 millions de ha) au cas où le pacage ne se fait qu'en hiver.

Modification des sols. La dégradation des écosystèmes pastoraux peut être interprétée comme la rupture de l'équilibre entre les diverses entités tapis végétal-sol-animaux en pacage. Ces déséquilibres sont le mieux estimés d'après les indices tels que la productivité et la dynamique des ressources liés à la modification des propriétés hydriques, physiques, litho-morphologiques et halogéochimiques des horizons du sol.

On sait, par exemple, que le pacage entraîne le compactage ou l'ameublissement des sols qui peuvent prendre les formes les plus diverses. Ainsi, le pacage sur le sol humide conduit à son compactage même sur les sables. Toutefois, c'est au printemps précoce, au moment où le sol est encore craquelé que le bétail détruit la mince croûte superficielle en créant de petits mamelons qui intensifient l'évaporation cependant que des taches rares de gazon «*Colpodium humile*» (éphéméroïde dominante qui se développe au printemps précoce) sont facilement accessibles aux moutons qui raréfient ainsi le tapis végétal.

Il faut également éviter le dessèchement et l'échauffement du sol lors du pacage aux jours torrides. Cela ne fait qu'accentuer les processus d'aridisation et provoque des changements indésirables dans les échanges d'humidité entre les divers horizons du sol.

L'envahissement par les mauvaises herbes résultant d'une forte charge a également valeur d'indicateur de l'état appauvri des sols, de la carence de semences et parfois d'éléments nutritifs. Dans plus d'un cas les mauvaises herbes jouent un rôle de régénérateur en contribuant à restaurer les qualités naturelles perdues. C'est précisément ce qui arrive aux synusies annuelles des déserts à psammophytes qui constituent l'étape transitoire entre les étapes d'installation des petits sous-arbrisseaux [7]. C'est au même moment que se produit la redistribution des éléments de nutrition minérale le long des horizons biologiques et l'accumulation des réserves d'humidité dans la couche de 50 à 100 cm non occupée par les racines.

Les problèmes de «l'écologie chimique» méritent plus grande attention en rapport avec le pacage. Ces problèmes sont considérés comme le lien entre le biote et les sols du point de vue de l'évaluation de l'absorption biologique et des cycles minéraux des éléments de base. La connaissance des quantités de phytomasse grattées par les animaux et le retour des cendres et de l'azote dans le sol permet d'établir la marge de fertilité et les voies de migration des éléments déficitaires.

Parmi les éléments activement absorbés dans le désert figurent (P, Ca, K et N) en présence du déficit en phosphore. En effet, il y a 5 à 15 fois plus de phosphore dans les végétaux que dans le sol. Il est cependant à noter que la perte partielle du phosphore sous l'effet du grattage n'appauvrit le sol que dans une faible proportion étant donné que le phosphore s'accumule dans une plus grande mesure dans les racines au même titre que K et Ca. Les chutes des racines comblent la fertilité dans une plus grande mesure que celles des parties aériennes ce qui explique la possibilité d'aliénation de la phytomasse allant jusqu'à 70-80%. Cela veut dire que le sens biologique de la pénétration profonde des racines des plantes vivaces consiste non seulement en leur adaptation au manque d'humidité et à l'affaiblissement de la concurrence mais encore en une meilleure utilisation des ressources minérales du sol. Les systèmes racinaires des plantes sont généralement plus ramifiés sur les pâturages naturels. Lors du surpâturage de printemps dans les déserts à solonetz (Ass. *Camphorosma monspeliaca-Aneurolepidium ramosum-Artemisia pauciflora*) où le déficit en phosphore se fait le plus sentir dans l'horizon occupé par les racines des plantes il se produit parfois l'installation des plantes vivaces *Kochia prostrata* qui se procurent le phosphore à la profondeur de 150 cm et sont de ce fait intéressantes dans la perspective de phyto-amélioration. Nous avons consigné dans le tableau un exemple d'aliénation des éléments résultant du pacage. Les éléments sont aliénés dans les proportions allant de 1 à 15 kg/ha d'azote, de 0,3 à 1,9 kg/ha de phosphore et de 1,3 à 4,7 kg/ha de potassium.

* 1 kg de fourrage sec à base d'*Artemisia* — 0,9 u. f. Or, il faut environ 9 u. f. pour produire un kg de mouton.

Aliénation des éléments chimiques du regain en kg à l'hectare
résultant du pacage (un exemple des associations psammophyles)

Association	Re-gain, kg/ ha	Ener-gie milli- ards de kcal	Eléments											Région	Nota
			N	Si	K	Ca	Mg	Na	S	Cl	P	Al	Fe		
Artemisia lerheana	25,4	11,8	33,8	5,3	9,9	11,8	3,9	3,8	1,2	3,8	4,0	3,6	2,7	Front nord de la Cas- pienne	Au repos (aliénation 45 %)
Idem, pacage	11,9	5,2	15,8	2,6	4,7	5,5	1,9	1,8	0,6	1,8	1,9	1,7	1,3		
Agropyron fragile	6,4	2,7	9,4	11,8	1,6	0,8	0,2	0,3	1,1	1,9	0,7	0,4	—	—	Sans fauche
Fauche	5,3	2,2	5,5	8,9	1,3	0,7	0,1	0,2	0,9	1,5	0,6	0,3	—	—	Fauche
Kochia prostrata	5,5	—	7,3	2,5	5,2	4,0	1,4	0,4	0,9	0,4	0,4	2,2	0,1	Façade du lac Bal- khach	Sans pacage
Artemisia terrae- albae	3,8	—	5,1	1,75	3,6	2,8	0,9	0,3	0,6	0,3	0,3	1,5	0,7		—
Calligonum	3,85	—	1,8	2,8	3,2	8,2	0,7	0,4	1,0	0,1	1,2	1,4	0,1	—	Sans pacage
Agropyron fragile	2,31	—	1,08	1,7	1,9	4,9	0,4	0,2	0,6	0,06	0,7	0,8	0,06	—	Pacage 60 %

D'après les données de A. Bogdanov [1] le pacage sur les sables de Taïsoïgan à nappe d'*Artemisia terrae-albae* entraîne l'aliénation de 101,9 mille t de matières organiques, de 437,6 milliards de kcal d'énergie, de 2,5 mille t de cendres et de 1,9 mille t d'azote.

Pacage et accumulation des sels. Les étendues plates des déserts sont le siège d'une intense accumulation des sels. Les chutes des plantes halophytes constituent un apport supplémentaire des sels. Ainsi, sous les couronnes d'*Haloxylon aphyllum* il peut se déposer plus de 40 g/m³ de carboxyde de soude toxique [3] ce qui entraîne une forte alcalinisation des sols et gêne l'installation des xérophytes, des éphéméroïdes et d'*Haloxylon* lui-même. C'est alors que les pâturages sont envahis par les plantes halphiles annuelles. On peut dire de même d'*Anabasis salsa* qui accumule du sodium et du chlore. La formation du dépôt de sels sous l'effet des chutes affecte les sols. A son tour l'aliénation de la phytomasse résultant du pacage peut retarder ou inhiber dans une grande mesure cette évolution.

Il serait intéressant de considérer la succession du cycle des minéraux lors du développement des associations d'*Ephedra lomatolepis* sur les sables sous l'effet du pacage. En effet les organogènes Ca, K, Si sont remplacés par Mg et S. En cas des pâturages dégradés *Ephedra* est jugé mauvaise herbe en raison de sa tendance à dominer le tapis végétal. La succession du cycle des minéraux entraîné par son développement témoigne à profusion de la cadence de certains organogènes dans le sol.

Le pacage influe par ailleurs sur la condensation des valeurs dans le sol. D'après E. Blagovechenski les sols gris reçoivent par voie de condensation 30 à 44 mm d'humidité en supplément, cette quantité pouvant même aller jusqu'à 50–100 mm pour les sols bruns.

On a de bonnes raisons de croire que la condensation dépend dans une grande mesure du pacage étant donné que l'aliénation du peuplement herbacé perturbe les échanges thermiques dans le sens de leur intensification. L'action mécanique sur le sol agit sur sa granulométrie et la migration des vapeurs, affecte le mécanisme d'évaporation. Sous ce rapport il serait intéressant de considérer les sols gris des déserts de piémont [13]. Dans ces régions la condensation tient au fait que les températures minimales enregistrées pendant la nuit sont signalées à la surface du sol où la concentration des vapeurs est la plus faible; ce fait détermine l'arrivée des vapeurs à la surface et leur condensation et favorise la végétation hivernale du tapis éphémère en présence des températures appropriées. C'est pour cette raison précisément que les racines des éphéméroïdes occupent la couche de 5 cm d'épaisseur. C'est dans cette couche en période des dégels le régime thermique favorable se double d'un taux d'humidité élevé résultant de la condensation. D'autre part, le pacage sur le sol humide non seulement compacte le sol mais encore détruit les capillaires en affectant les régimes de condensation optimaux.

Conséquences des dégradations. La baisse durable de la productivité des pâturages est la conséquence directe de la dégradation. Cela se répercute sur le cycle des matières dans l'écosystème. Au cas où ces perturbations ont un caractère durable il se produit la perte de fertilité des sols suivie de la baisse de productivité des pâturages.

Dans les déserts nord-touraniens caractérisés par la présence des dominantes adventices bisannuelles *Artemisia scoparia*, *A. leucodes* elles dépassent de 1,5 à 2 fois la productivité moyenne des pâturages à *Artemisia* indigène (Mouyoukoun) et d'aucuns vont jusqu'à avancer qu'elles contribuent à régénérer le tapis

végétal en faisant la concurrence aux dominantes de souche en particulier aux plantes juvéniles. D'une façon générale des bisannuelles ne présentent pas une grande diversité dans les déserts. On en trouve deux espèces tout au plus dans les déserts turkmènes et quatre dans ceux du Kazakhstan. Hart Robin (1977) affirme en tout état de cause qu'il s'agit là de la mauvaise adaptation du cycle bisannuel aux conditions des zones arides. En cas d'invasion par les mauvaises herbes ce sont ces plantes qui s'installent dans les niches écologiques libres.

En fait, le souci de l'écologie qui doit précéder tout pacage doit être centré sur la prévention de l'évolution indésirable des écosystèmes.

Les tendances à la dégradation des pâturages et le degré de dégradation sont très bien mis en évidence par le type de cénopopulation, les réserves en graines et la détermination de la polyvalence des associations en faisant valoir le degré d'occupation des niches écologiques et le taux d'utilisation des ressources du bioécotope. L'analyse de la situation (polyvalence de la structure, facteurs limitatifs de l'environnement, volume de la rizosphère, régimes microclimatiques, pacage, adaptation) permet d'établir un plan écologique valable d'exploitation, de contrôle et de protection des pâturages.

Le degré d'utilisation des ressources des écosystèmes et l'estimation de la charge admissible supposent la mise en évidence du caractère incomplet des associations et de la sous-utilisation des ressources de l'écotope en eau, énergie et éléments nutritifs destinés à la production primaire et puis secondaire. Chemin faisant on s'efforce de révéler les possibilités d'amélioration des pâturages. Le caractère incomplet se manifeste là où le tapis végétal a été affecté par l'homme ou représente une succession à un stade inachevé.

La théorie de l'utilisation complète par les plantes des ressources terriennes se fonde sur l'idée de caractère incomplet des associations avancée par L. Rasmenski [14] et prouvée expérimentalement par N. Nétyayeva et ses collaborateurs pour les pâturages de désert. Ainsi, dans le cas des déserts de piémont on a mis en évidence la soi-disant «barrière phénocénotique» et les ressources en eau et éléments nutritifs de la rizosphère [17]. Au cours d'une expérience de levée de cette barrière et d'aménagement des pâturages culturels le taux d'utilisation se multiplie par 10 pour l'azote et par 4-5 pour l'humidité. La méthode de mise en évidence des ressources sous-utilisées par la comparaison des écosystèmes naturels et artificiels est tout aussi faible que longue. C'est, donc, l'analyse écologique des associations et des sols : teneur en humidité, en matières organiques, azote total suivant les horizons du sol, cycles des minéraux (biomasse, regain, aliénation, chutes) de même que l'analyse de l'association éventuelle des espèces appartenant aux différents biotopes dans l'écotope donné qui peut servir des procédés express.

Coefficient d'aridité et facteurs limitant la productivité. C'est en perçant les barrières biologiques imposées par l'assimilation de tels ou tels éléments et les facteurs climatiques (coefficient d'aridité en l'occurrence) que l'on arrive à révéler les potentialités des écosystèmes. En 1977 à Nairobi la carte «d'aridité, de la probabilité de sécheresse et de la salinisation secondaire» a été adoptée en qualité de texte officiel du PNUE [17]. La

carte en question a été établie par V. Kovda et collaborateurs dès 1976 [6]. Elle peut être complétée par le degré d'aridité calculé pour les différents continents par E. Loboja et collaborateurs [8].

Appliqués à l'écologie des pâturages ces indices servent d'indicateurs de productivité présumée et du degré de stabilité écologique des pâturages (tapis végétal) vis-à-vis des sécheresses en particulier dans les régions irriguées où les sécheresses ont un caractère cyclique, baissent la productivité et sont responsables des successions.

Notons au passage que la différence entre le type d'aridité et le profil des sols signalée par E. Loboja tient, en plus des facteurs susmentionnés, à la carence de certains éléments des associations et à l'inoccupation des niches écologiques, par exemple, sous l'influence de la persistance des associations à mauvaises herbes sur les pâturages fortement dégradés.

L'évaluation des ressources terriennes et des potentialités des sols fait appel aux indices sinécologiques tels que les facteurs limitatifs. Pour les déserts il s'agit plus spécialement des réserves d'humidité accessibles aux plantes le long des horizons biologiques, des températures maximum et des délais d'aridité nuisible adoptés aux cénopopulations, de leur productivité et aptitude au renouvellement, des rythmes saisonniers des associations, c'est-à-dire du phénorythmotype qui détermine en dernière analyse les particularités des rotations pastorales et les charges admissibles selon les saisons ainsi que de diverses barrières bioécologiques.

Les niveaux sinécologiques de l'étude des pâturages sont encore loin d'être parfaits du moment que nous manquons de données relatives aux associations dans leur ensemble, mais il n'en reste pas moins que leur intérêt est incontestable. On a établi, par exemple, que le niveau plus élevé des processus biologiques dans le désert tient à leur net caractère polydominant saisonnier que nous avons déjà évoqué en parlant des tendances de l'évolution du tapis végétal désertique.

L'écologie du pacage inclut également une multitude d'informations agrométéorologiques faisant valoir la corrélation entre les conditions atmosphériques et la productivité des pâturages de même que la mise en évidence des conditions de confort pour les animaux. Tous ces indices servent de base de référence pour les calendriers de pacage. Le calendrier doit être établi conformément aux prescriptions écologiques et contenir une évaluation des corrélations ci-dessus.

Protection des pâturages

La gestion des pâturages ou le monitoring, les prévisions de l'évolution et la bonne organisation du pacage visent à maintenir le potentiel naturel des parcours naturels. Les réserves, les défends et les parcs nationaux sont un exemple d'utilisation du tapis végétal par les animaux sauvages. Le régime de réserve total ne s'applique jamais sur de grands territoires.

Mais il est souvent nécessaire de conserver les plantes rares et endémiques et leurs sites installés en territoire des parcours de désert. En cette relation, il faut bien cartographier ces sites et mettre au point les programmes de conservations de ces espèces en voie de disparition tout en surveillant continuellement l'état des populations animales et végétales à protéger.

A l'heure qu'il est, face à l'accentuation de l'action technogène on s'attache à mettre en évidence et à

cartographier les sites rares faisant valoir les divers types zonaux et climatiques (terres irriguées et à irrigation naturelle y comprises). Les formes d'étude de ces paysages (service du monitoring) sont élaborées pour les réserves dites de biosphère dont le réseau à l'échelle du globe est contrôlé au niveau international.

Les considérations exposées ci-dessus dont les principes de gestion des pâturages, l'influence du pacage sur les sols et les plantes, l'évaluation générale du de-

gré des dégradations tout comme la tentative d'expliquer l'aptitude des plantes à utiliser intégralement les ressources de l'environnement, l'estimation des dégâts résultant de la dégradation, les mesures de prévision et de protection fournissent une bonne base pour la bonne gestion des écosystèmes pastoraux fonctionnant par l'analyse et la prise en compte continues des liens écologiques complexes existant entre le biote et l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Bogdanov A. Ju.* Le chimisme et l'énergie de la phytomasse des principales associations des déserts sablonneux de la façade nord de la Caspienne, Moscou, «Naouka», 1978.
2. *Bykov B.A.* Productivité potentielle des phytocénoses et des agrocénoses de la zone désertique. Tiré du livre: «Structure et productivité du tapis végétal de la zone aride du Kazakhstan». Alma-Ata, «Naouka», 1978.
3. *Bykov B.A., Kourotchkina L.Ya., Bazilevitch N.I.* Les cycles des minéraux. Tiré du livre: «Les ressources de la biosphère». Moscou, «Naouka», 1975.
4. *Gaevskaja L.S.* Les parcours d'élevage du mouton Karakoul en Asie Centrale. Tachkent. FAN, 1971.
5. *Gueorguievskii A.B.* L'appréciation critique de l'approche systématique des terres arides. Tiré du livre: «Amélioration et utilisation rationnelle du tapis végétal de la zone aride d'Asie». Leningrad, «Naouka», 1978.
6. *Kovda V.A.* Aridisation des terres émergées et la lutte contre les sécheresses. Alma-Ata, «Naouka», 1978.
7. *Kourotchkina L.Ya.* Bilans des études botaniques relatives au problème de la mer Aral. Alma-Ata. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1979, n° 4.
8. *Lobova E.V., Ostrovskii I.M., Khaïdarov A.V.* La détermination de l'aridité des diverses régions du monde. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1977, n° 4.
9. *Lochkareva N.P., Korobova E.P., Kourotchkina L.Ya.* Les particularités du microclimat et la stabilité du tapis végétal pastoral de Sartyr-Koum. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1976, n° 1.
10. *Moldabekova K.M.* La réaction des pâturages à Artemisia à charges différentes. Mémoire de thèse. Achkhabad, Ylym, 1979.
11. *Netchayeva N.T.* L'influence du régime d'exploitation sur la productivité du tapis végétal de Karakoum. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1979, n° 6.
12. *Odoum Y.* Principes de l'écologie, Moscou, 1979.
13. *Popov K.P.* Le rôle et l'origine de la rosée et la condensation de l'humidité dans la bande des sols gris au sud de l'Asie Centrale. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1978, n° 2.
14. *Ramenskii L.G.* Principales régularités du tapis végétal et leur étude. Voronèje, 1924.
15. Guide pour l'étude du règne végétal, v. 13, 1977.
16. *Tolba M.* Désertification— problème planétaire. «Problèmes de la mise en valeur des déserts», 1978, n° 3.
17. *Chamsoutdinov Z.Ch.* Aménagement des pâturages durables dans la zone aride d'Asie Centrale. Tachkent, FAN, 1975.
18. *Goodall D.B.* Potential applications of Biome Modelling Terre et la vie, 1972, n° 1, pp. 113—138.

Внешторгиздат. Изд. № 8897А
ВТИ. Зак. 6615