



NATIONS
UNIES

EP

UNEP/MED CC.16/8



**PROGRAMME DES NATIONS UNIES
POUR L'ENVIRONNEMENT
PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE**

5 mai 2020

Original : espagnol

16^{ème} réunion du Comité de respect des obligations de la Convention de Barcelone et ses Protocoles

Téléconférence, 16 - 18 juin 2020

Point 7 de l'ordre du jour : Suivi des communications précédentes envers le Comité de respect des obligations en application du paragraphe 23.bis des procédures et mécanismes de respect des obligations

Réponse de l'Espagne à la communication adressée par Ecologistas en Acción de la Región Murciana (Espagne)

Pour des raisons environnementales et économiques, le tirage du présent document a été restreint. Les participants sont priés de se munir de leurs propres exemplaires et de s'abstenir de demander des copies supplémentaires.

PNUE/PAM
Athènes, 2020

Note du Secrétariat

Lors de la 15^e réunion du Comité de respect des obligations (Athènes, Grèce, 25-26 juin 2019), la Rapporteuse désignée, le D^r Orr Karassin, a présenté ses principales constatations et son projet de décision préliminaire sur la recevabilité de la communication adressée par Ecologistas en Acción de la Región Murciana (EARM) (Espagne) concernant la mise en œuvre par l'Espagne du Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée. Les constatations et le projet de décision préliminaire présentés à la 15^e réunion du Comité de respect des obligations sont présentés en tant que document de référence pour cette réunion (UNEP/MED CC.15/10). Le Comité de respect des obligations a salué le travail du Rapporteur, tel que présenté dans le document UNEP/MED CC.15/10, et en s'appuyant sur les critères de recevabilité des sources pertinentes d'information et la procédure au titre du paragraphe 23 bis des Procédures et mécanismes de respect des obligations de la Convention de Barcelone et de ses Protocoles (décision IG.23/2, annexe I) « *a décidé de reconnaître la recevabilité de la communication d'Ecologistas en Acción de la Región Murciana.* Conformément aux critères de recevabilité, le Comité de respect des obligations a demandé au Secrétariat de prendre des dispositions pour procéder à la notification de la communication. » (UNEP/MED CC.15/15§24).

Suite à la conclusion adoptée par la 15^e réunion du Comité de respect des obligations, l'Espagne a été notifiée de l'admissibilité de la communication adressée par EARM (Espagne) et, conformément au paragraphe 18 des critères d'admissibilité, a été invitée à soumettre des explications ou des déclarations écrites sur la question. La réponse de l'Espagne à la communication d'EARM est exposée dans le présent document, traduit de l'original en espagnol vers l'anglais par le Secrétariat. La réponse se compose de deux rapports : (1) un rapport technique de la Sous-direction générale du patrimoine naturel et du changement climatique du ministère de la Transition écologique et du Défi démographique, et (2) un rapport d'évaluation technique sur l'état actuel de la Mar Menor (mer Mineure) par la division du milieu marin de l'Institut espagnol d'océanographie. La documentation supplémentaire soumise par l'Espagne à l'appui de sa réponse est présentée dans le document UNEP/MED CC.16/Inf.6 avec une traduction vers l'anglais, fournie par l'Espagne, des documents suivants : (1) un rapport de synthèse sur l'état actuel de la Mar Menor et sur les causes de cette situation liées aux teneurs en nutriments, et (2) un résumé du contenu du rapport intitulé « Activities uses and pressures in the Mar Menor. Extract of the information available in the Levantine-Balearic marine demarcation and in the Mar Menor coastline protection plan (E.S.T. 2017-2020/66) » [Activités, exploitation et pressions dans la Mar Menor. Extrait des informations disponibles dans le Plan de protection de la délimitation marine Levant-Baléares et du littoral de la Mar Menor (E.S.T. 2017-2020/66)].

Action requise

La 16^e réunion du Comité de respect des obligations examinera la communication d'EARM à la lumière de la réponse des autorités espagnoles exposée dans le présent document et se prononcera sur les mesures à prendre.



Región de Murcia
Consejería de Agua, Agricultura,
Ganadería, Pesca y Medio Ambiente
Dirección General de Medio Natural

| | |
|--|---------------------------|
| N/Rfa: 2019_0262_AC3_MEN_INF | S/Rfa: 36818/3-12-2019 |
| UNIDAD: DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO NATURAL | |
| ASUNTO: Comunicación | |
| DESTINATARIO: DIRECCIÓN GENERAL DE SOSTENIBILIDAD E LA COSTA Y DEL MAR (MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA) | |

En réponse à votre demande de rapport concernant les informations présentées par Ecologistas en acción de la Región Murciana lors des 14^{ème} et 15^{ème} réunions du Comité de respect des obligations de la Convention de Barcelone et de ses Protocoles, eu égard à la mise en œuvre du Protocole relatif aux aires spécialement protégées d'importance méditerranéenne (Protocole ASPIM) au sein de la communauté autonome de la Région de Murcie (Protocole qui présente un intérêt particulier vis-à-vis de l'état de la Mar Menor et des mesures prises par les différents gouvernements responsables à cet égard), nous souhaitons vous informer que le rapport technique ci-joint, daté du 30 janvier 2020, a été préparé par la « Subdirección General de Patrimonio Natural y Cambio Climático » (Sous-direction générale du patrimoine naturel et du changement climatique), qui relève de notre bureau.

Ce rapport contient une évaluation des travaux effectués par la « Dirección General del Medio Natural » (Direction générale de l'environnement) et précise la portée des compétences de celle-ci, qui exclut la gestion de l'eau et l'activité agricole.

Il contient également une liste ventilée des règles de protection actuelles prévues dans le Plan de gestion intégrée des aires protégées de la Mar Menor et des bandes côtières de la mer Méditerranée dans la région de Murcie, adopté et publié par le décret n°259/2019 du 10 octobre 2019 (Journal officiel de la Région de Murcie n° 298 du 27 décembre 2019) ainsi que dans le décret-loi n°2/2019 du 26 décembre 2019 sur la protection intégrée de la Mar Menora, récemment adopté par le « Consejo de Gobierno » (Conseil de gouvernement) de la Région de Murcie.

Les deux règlements contiennent de nombreuses mesures de protection et de conservation de la lagune et des aires naturelles protégées au titre du réseau Natura 2000, qui comprend l'aire spécialement protégée d'importance méditerranéenne (ASPIM).

En outre, il est souligné dans le rapport qu'en mars 2019, un examen périodique ordinaire (audit) a été réalisé concernant l'état de l'ASPIM dans la région de Murcie. Le résultat de cet audit a été de 53 points sur un total possible de 66, ce qui indique des réalisations de haut niveau en matière de gestion et de coordination.

Enfin, il convient de noter que les paramètres physiques et chimiques de la lagune de la Mar Menor sont analysés et surveillés en permanence et que de nombreuses études sont réalisées, notamment sur sa flore et sa faune, ses sédiments, son hydrologie et ses courants.



Le rapport est émis sans préjudice des droits de tiers et des propriétaires et ne constitue pas une renonciation à l'obligation d'obtenir d'autres rapports, permis ou licences obligatoires en rapport avec la question traitée.

Le présent document est émis en vertu des pouvoirs conférés à la Direction générale de l'environnement par le décret n°173/2019 du 6 septembre 2019 adopté par le Conseil de gouvernement, par lequel ont été créés les organes de direction de la « Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente » (le ministère régional chargé de l'eau, de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'environnement), et conformément au décret présidentiel n°29/2019 du 31 juillet 2019 sur la réorganisation de l'administration régionale.

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT
[Document signé numériquement en marge]

Fulgencio Perona Paños



| | | |
|----------------------|--|---|
| INFORME | | SubDG Patrimonio Natural y Cambio Climático |
| IT-01/FMT-01 Edic. 3 | | 2019_0262_AC3_MEN_INF |
| Asunto: | Comunicación presentada por Ecologistas en Acción de la Región de Murcia en la 14ª y 15ª Reunión del Comité para el cumplimiento del Convenio de Barcelona, sobre implementación del Protocolo sobre Áreas Especialmente Protegidas y Diversidad Biológica del Mediterráneo (ZEPIM). | |
| Solicitante: | D.G. de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (Ministerio para la transición Ecológica) | |

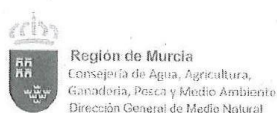
Le Directeur général pour le développement durable du littoral et de la mer (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, MITECO ; ministère de la Transition écologique et du Défi démographique), qui est le Point focal national pour le Plan d'action pour la protection de l'environnement marin et le développement durable des zones côtières de la Méditerranée (Convention de Barcelone), a chargé la « Subdirección General de Patrimonio Natural y Cambio Climático » (Sous-direction générale du patrimoine naturel et du changement climatique) d'élaborer un rapport sur la communication présentée par Ecologistas en Acción de la Región Murciana lors des 14^{ème} et 15^{ème} réunions du Comité de respect des obligations de la Convention de Barcelone et de ses Protocoles concernant la mise en œuvre du Protocole ASPIM dans cette communauté autonome.

Deux revendications principales ressortent de ce texte :

- 1. Depuis 2016, la lagune de la Mar Menor connaît un processus d'eutrophisation et il n'existe toujours pas de plan de gestion pour réguler la lagune et les activités qui l'entourent, en particulier l'agriculture intensive qui, en utilisant des systèmes d'irrigation, constitue l'une des sources de pression dans la région.*
- 2. Les différentes entités administratives responsables de l'eau, de l'agriculture, des régions côtières, de l'environnement et de l'urbanisme, autant de domaines qui ont des effets sur l'écosystème de la Mar Menor, ont ignoré les recommandations présentées par Ecologistas en acción depuis 2016. Ces entités ont systématiquement légalisé l'utilisation de puits et d'installations de dessalement illégaux pour permettre l'irrigation des cultures, un tiers de ces cultures étant illégales, etc.*

En réponse, premièrement, la Dirección General del Medio Natural (Direction générale de l'environnement) travaille activement sur les aspects qui relèvent de sa compétence en tant qu'entité publique, comme établi dans le décret n° 173/2019 du 6 septembre 2019 adopté par le « Consejo de Gobierno » (Conseil de gouvernement), par lequel les organes de gestion de la « Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente » (le ministère régional chargé de l'eau, de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'environnement) ont été créés et ont commencé à exercer leurs compétences et fonctions en ce qui concerne la planification et la gestion des aires naturelles protégées du réseau Natura 2000, des habitats naturels et de la faune et la flore forestières, ainsi que de la promotion du milieu naturel et de la lutte contre le changement climatique, la représentation de l'entité devant le « Red de Autoridades Ambientales », mais aussi de la gestion de la politique forestière, de la chasse et de la pêche en rivière, et de la protection de la faune forestière.

L'application du Protocole ASPIM susmentionné dans la région de la Mar Menor et sur la section du littoral de Murcie située dans la partie orientale de l'espace méditerranéen relève de ces compétences.



Nous tenons à préciser que la gestion et l'utilisation de l'eau ainsi que l'agriculture ne relèvent pas de nos compétences.

Deuxièmement, la lagune de la Mar Menor, zone incluse dans l'ASPIM, fait déjà l'objet d'un **Plan de gestion intégrée des aires protégées de la Mar Menor et des bandes côtières de la mer Méditerranée dans la région de Murcie**, adopté par le **décret n° 259/2019** du 10 octobre 2019 (Journal officiel de la région de Murcie n° 298 du 27 décembre 2019) et publié dans ce dernier.

Le **décret-loi n° 02/2019 du 26 décembre 2019 sur la protection intégrée de la Mar Menor**, récemment adopté par le Conseil de gouvernement de la région de Murcie, vient s'ajouter à la liste des règlements de protection adoptés.

Ces deux règlements comprennent de nombreuses mesures de protection et de conservation de la lagune et des aires naturelles protégées ainsi que des zones intégrées au réseau Natura 2000, dont l'ASPIM.

Troisièmement, en mars 2019, un examen périodique ordinaire (audit) a été réalisé concernant l'ASPIM dans la région de Murcie, avec un résultat de 53 points sur un total possible de 66, ce qui indique des réalisations de haut niveau en matière de gestion et de coordination.

Dans les conclusions du rapport d'audit, il a été souligné qu'il convient de poursuivre les travaux et de prendre des initiatives telles que :

- la création d'une carte qui montrerait les différentes zones protégées au sein de l'ASPIM et l'adoption du plan de gestion pour ces zones. Cet objectif, comme indiqué ci-dessus, a été concrétisé par l'adoption et la publication du décret n° 259/2019. L'exposé des limites, la description et la carte desdites zones figurent dans le volume IV, annexe 6. Une carte numérique est également disponible et peut être consultée dans le cadre de ces informations ;
- l'établissement d'un système d'infrastructures, conjointement avec les autres administrations territoriales, pour le traitement et la gestion des eaux qui se déversent dans la Mar Menor.

Le 6 septembre 2018, la Direction générale de l'environnement a publié un rapport sur la consultation relative à plusieurs projets de systèmes de collecte et de réservoirs d'eaux de pluie, destinés à prévenir les déversements dans la Mar Menor. Ces projets sont les suivants :

▪ **EIA20180053 :**

Projet : construction d'un système de traitement des eaux pluviales pour la station d'épuration des eaux usées de Torre Pacheco (Murcie).

▪ **EIA20180056 :**

Projet : construction d'un système de collecte des eaux de pluie dans le Barrio de los Pescadores (le quartier des pêcheurs) de San Javier (Murcie).

▪ **EIA20180057 :**

Projet : construction d'un système de collecte et d'un réservoir d'eaux pluviales à Islas Menores-Mar de Cristal, dans la commune de Cartagena.

▪ **EIA20180058 :**

Projet : construction d'un système de collecte et d'un réservoir d'eaux pluviales à Los Nietos, dans la commune de Cartagena.

▪ **EIA20180059 :**

Projet : construction d'un système de collecte des eaux de pluie au nord et au sud et d'un barrage à flot pour réduire le déversement dans la Mar Menor, dans la commune de San Javier.

EIA20180063 :

Projet : construction d'un système de collecte et d'un réservoir d'eaux pluviales à Los Cuarteros, dans la commune de San Pedro del Pinatar.

▪ **EIA20180064 :**

Projet : construction d'un système de collecte et d'un réservoir d'eaux pluviales à Playa Honda, dans la commune de Cartagena.

Certains de ces projets ont été achevés et d'autres sont en cours.

- la poursuite et l'intensification du contrôle et de la surveillance des paramètres de l'ASPIM, même au-delà de la Mar Menor et de Cabo de Palos.

Bien qu'actuellement, en raison du grave déséquilibre écologique de la Mar Menor, de nombreuses actions soient concentrées sur cette zone, d'autres initiatives de gestion et de protection sont prises dans d'autres zones, notamment au sein de l'ASPIM et de la zone spéciale de protection des oiseaux de l'île de Grosa. Les efforts déployés pour attribuer le marché public de 2020 concernant le service de surveillance environnementale et les activités accessibles au public de l'aire spécialement protégée de l'île de Grosa, entre autres projets, en sont un exemple.

Parmi les exemples d'initiatives de gestion et de protection dans d'autres zones incluses dans l'ASPIM, en l'espèce dans la bande côtière submergée de la zone spéciale de protection de la région de Murcie, figure la proposition d'augmenter l'étendue de la protection de la réserve marine de Cabo de Palos-Islas Hormigas. Cette initiative a été déployée conjointement avec d'autres entités publiques compétentes.

Enfin, en ce qui concerne la lagune de la Mar Menor, ses paramètres physiques et chimiques sont analysés et surveillés en permanence et de nombreuses études sont réalisées sur sa flore et sa faune, ses sédiments, son hydrologie et ses courants, etc.

Voir <https://www.canalmarmen.oers/web/cnaalmarmenor/ciencia>.

En outre, divers protocoles d'intervention sont établis et mis en œuvre dans le but de protéger les différentes espèces animales menacées à l'intérieur et autour de la lagune, y compris des mesures urgentes pour protéger la Grande nacre (*Pinna nobilis*).

En conclusion, la Direction générale de l'environnement poursuit ses efforts d'application du Protocole ASPIM susmentionné dans la région de la Mar Menor et sur la section du littoral de Murcie située dans la partie orientale de l'espace méditerranéen.

Nonobstant ce qui précède, nous restons à votre disposition pour vous fournir des informations supplémentaires sur toute question.

DOCUMENT SIGNÉ NUMÉRIQUEMENT EN MARGE

LA TÉCNICO AMBIENTAL (TECHNICIENNE DE L'ENVIRONNEMENT)

Signé : Alicia Montano Simón

Par : EL SUBDIRECTOR GENERAL DE PATRIMONIO NATURAL Y CAMBIO CLIMATICO (LE DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DU PATRIMOINE NATUREL ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE)

Signé : J. Faustino Martínez Fernández

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

**MINISTÈRE DES SCIENCES, DE L'INNOVATION ET DES UNIVERSITÉS - INSTITUT ESPAGNOL
D'Océanographie
RAPPORT D'ÉVALUATION TECHNIQUE RÉALISÉ PAR LA DIVISION DU MILIEU MARIN
DE L'INSTITUT ESPAGNOL D'Océanographie¹**

| | |
|----------------------------|--|
| OBJET | Rapport sur l'état actuel de la Mar Menor |
| Organisme demandeur | Subdirección General para la Protección del Mar (Sous-direction générale pour la protection de la mer) ; Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar (Direction générale pour le développement durable des côtes et des mers) ; Ministerio para la Transición Ecológica (Ministère de la transition écologique) |
| Date de la demande | 22 octobre 2019 |

RÉSUMÉ DE L'ÉTAT ACTUEL DE LA MAR MENOR ET DES CAUSES DE CETTE SITUATION

Comprendre l'eutrophisation

L'eutrophisation est un processus naturel ou anthropique d'enrichissement en nutriments inorganiques (azote et phosphore) dont les niveaux dépassent la capacité critique d'autorégulation d'un système donné doté d'un flux et d'un cycle de nutriments équilibrés (Schramm & Nienhuis 1996). L'hypertrophie désigne une situation dans laquelle, à défaut d'une réduction des apports en nutriments, l'excès de nutriments provoque des changements irréversibles dans les populations aquatiques.

Les éléments suivants sont considérés comme les **principaux effets** de l'eutrophisation :

- augmentation des niveaux de nutriments ;
- floraison phytoplanctonique ;
- déclin ou perte de populations de plantes marines vivaces, qui sont remplacées par des algues à croissance rapide ;
- réduction de la diversité de la flore et de la faune associées ;
- prolifération d'algues éphémères pouvant nuire à la pêche ou à d'autres activités (par exemple le tourisme) ;

¹ Désigné dans la suite du présent document par l'acronyme « IEO ».

- changements dans la profondeur de distribution des algues benthiques causés par la réduction des niveaux de lumière.

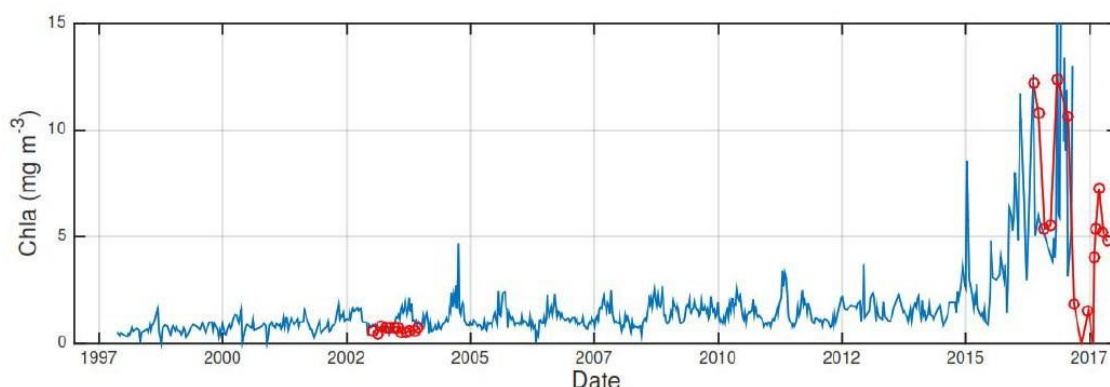
Les éléments suivants sont considérés comme des **effets secondaires** de l'eutrophisation :

- augmentation des particules et de la matière organique dissoute causée par l'augmentation de la biomasse végétale ;
- augmentation du nombre d'espèces filtrantes et détritivores benthiques ;
- intensification des processus consommateurs d'oxygène, conduisant à l'hypoxie et à la production de sulfures ;
- diminution de la diversité du zooplancton et des poissons.

Contrairement aux systèmes eutrophes, les systèmes **oligotrophes** sont pauvres en nutriments en raison d'un faible apport de nutriments, soit parce qu'ils reçoivent peu d'apports provenant de la terre, comme c'est le cas dans les zones côtières méditerranéennes arides et semi-arides (par exemple dans le sud-est de la péninsule), soit parce qu'ils reçoivent peu d'apports d'origine humaine. Dans ces systèmes, la croissance du phytoplancton est limitée et l'eau est transparente, ce qui permet le développement de populations végétales benthiques permanentes. Dans les années 1950, avant le développement urbain et agricole, la Mar Menor était un milieu oligotrophe.

Changements récents dans l'écosystème de la lagune marine

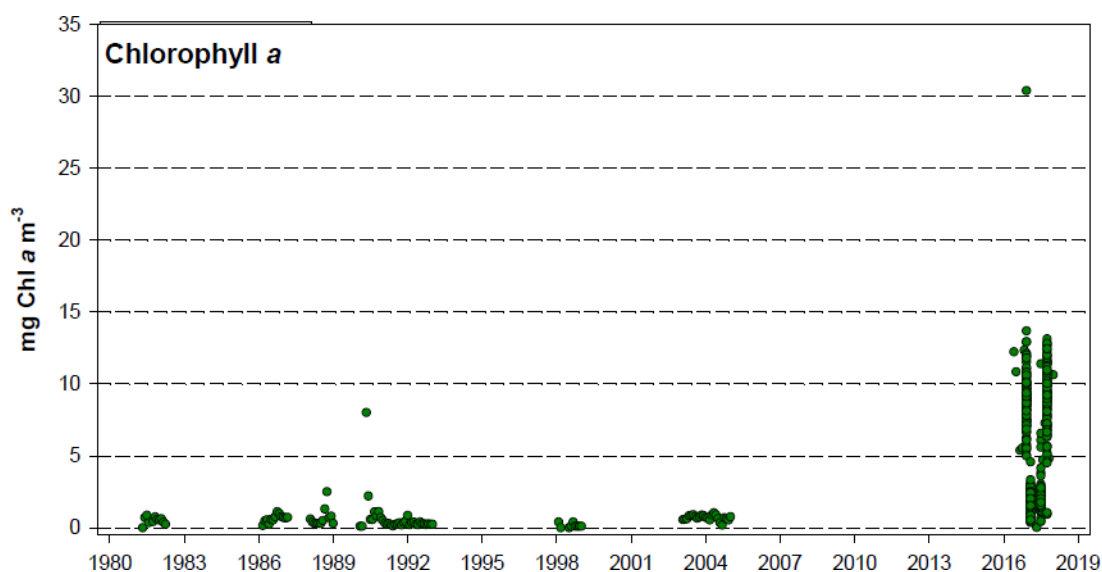
Depuis plusieurs décennies, des nutriments (principalement des nitrates, mais aussi des phosphates et de l'ammoniaque) et de la matière organique s'écoulent dans la Mar Menor, transformant le système autrefois oligotrophe en un système eutrophe. La **chlorophylle a** est considérée comme un macro-descripteur du degré de développement des populations phytoplanctoniques, et donc du degré d'oligotrophie ou d'eutrophie. En général, dans des circonstances normales, la présence d'un niveau plus élevé de chlorophylle a résulte de la présence d'une plus grande quantité de nutriments dans l'environnement. Le graphique suivant montre l'évolution des niveaux de **chlorophylle a** dans les eaux de la Mar Menor depuis la fin des années 1990 jusqu'en 2017 (ligne bleue, illustration 1).

Illustration 1.

La ligne bleue représente les niveaux de chlorophylle, obtenus par analyse spectrale d'images satellites, et les points et lignes rouges correspondent aux quantités de chlorophylle directement obtenues à partir d'échantillons d'eau et mesurées par spectrophotométrie (IEO, projet MMEM). Source : préparé par Eugenio Fraile Nuez (SIO) (IEO) à partir d'images satellites, pour Belando et al. (2019).

On peut constater qu'avant 2015, les niveaux de chlorophylle a étaient très faibles et caractéristiques d'un système oligotrophe. L'illustration 2 montre les niveaux moyens de chlorophylle a relevés par l'IEO dans le cadre de différents projets à différents moments. Au cours de la période considérée, des niveaux supérieurs à $1,5 \text{ mg m}^{-3}$ n'ont été observés que très rarement, la moyenne étant de $0,6 \pm 0,82 \text{ mg m}^{-3}$.

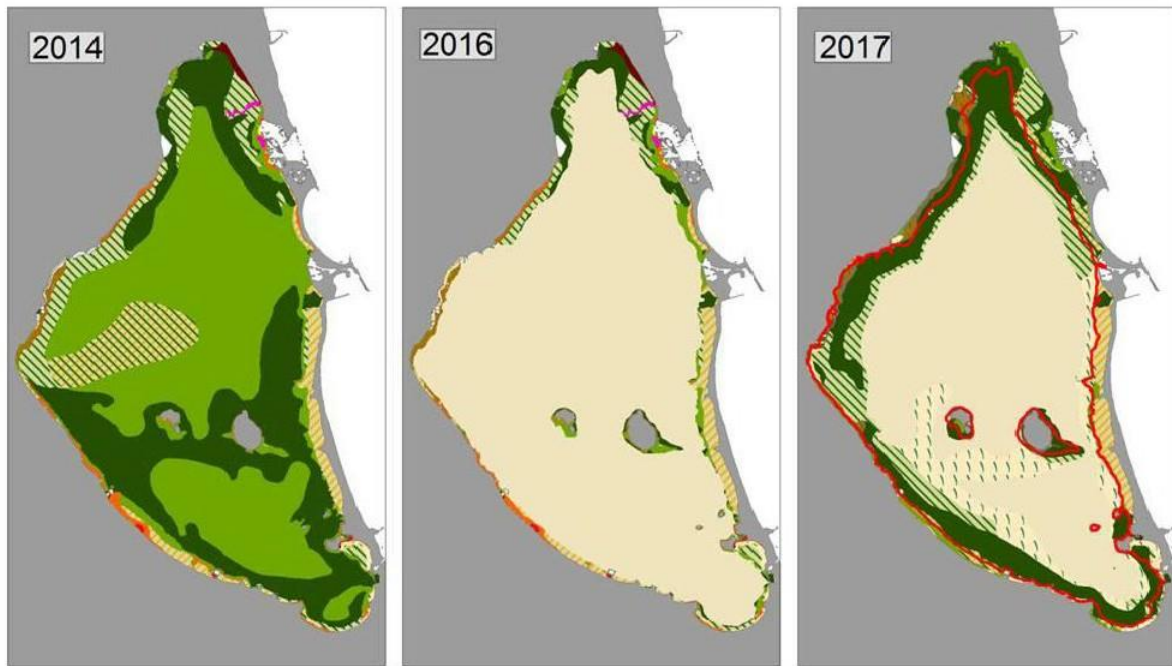
Illustration 2. Moyenne des niveaux de chlorophylle a obtenus entre 1981 et 2018 par spectrophotométrie à partir d'échantillons d'eau. Source : élaboré par Jesús Mercado, Centre océanographique de Málaga (IEO), à partir de diverses sources.



Entre 2000 et 2010, on observait déjà des changements dans les niveaux de chlorophylle a qui indiquaient un risque d'eutrophisation. Ce n'est toutefois qu'au troisième trimestre de 2015 que le niveau de chlorophylle a a fortement augmenté en raison de la croissance du phytoplancton ; l'eau est alors devenue trouble et

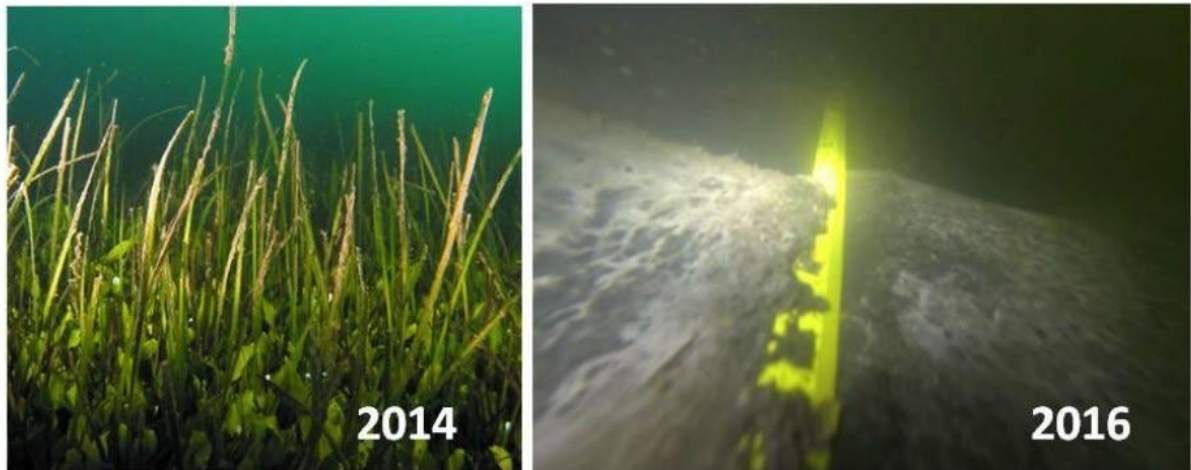
verte (la « crise d'eutrophisation » de la Mar Menor de 2016). La lumière a cessé de pénétrer jusqu'au fond de la lagune pendant une longue période (plus de 9 mois ; Belando et al., 2019), ce qui a provoqué la disparition de 85 % de la végétation de la Mar Menor (10 843 ha), comme le montre l'illustration 3.

Illustration 3. Carte de haute précision des populations de macrophytes benthiques de la Mar Menor avant la crise d'eutrophisation (2014) et après (2016 et 2017). Source : Belando et al. (2019), SIO. (IEO).



L'illustration 4 montre l'état du fond de la lagune en 2014, avant l'épisode de croissance massive du phytoplancton, alors qu'il était entièrement peuplé de végétation, puis son état en 2016, après la disparition de cette végétation. Les deux images de l'illustration 4 ont été prises au même endroit.

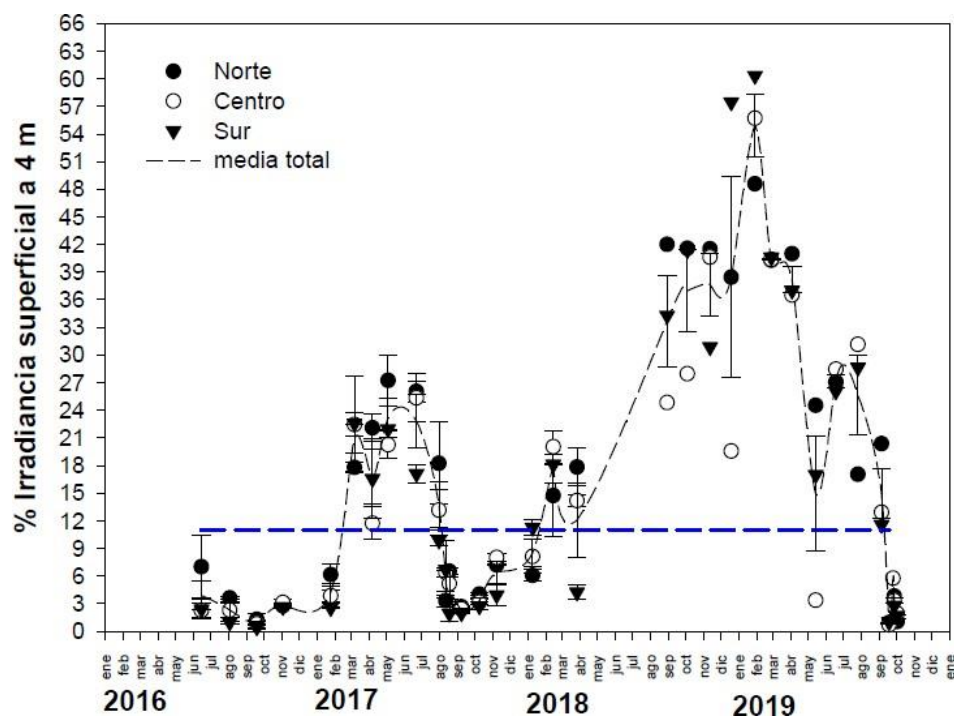
Illustration 4. Populations de *Cymodocea nodosa* et de *Caulerpa prolifera* à une profondeur de 5 mètres en 2014 (à gauche), et vue du même endroit prise lors d'un échantillonnage en 2016.
Source : Belando et al. (2019), SIO. (IEO).



Cet épisode a été marqué par la mort et la décomposition de quantités considérables de biomasse végétale (environ 20 000 tonnes), lesquelles contenaient des quantités importantes d'azote et de phosphore, qui ont été relâchées dans l'environnement. De plus, lorsque la végétation a disparu, les sédiments ont été exposés, ce qui a favorisé la libération dans la colonne d'eau des nutriments qui y étaient stockés. Les sédiments sont l'un des réservoirs de nutriments et de matière organique de l'écosystème lagunaire, comme l'a récemment démontré une étude réalisée par Álvarez Rogel et al. (2019).

À partir de 2017, des épisodes d'eau trouble ont alterné avec des épisodes d'eau claire (voir l'illustration 5), une situation qui a permis à la chlorophyte *Caulerpa prolifera* de regagner une partie du terrain perdu en 2016 (38,9 % ; illustration 3).

Illustration 5. Quantité de lumière pénétrant jusqu'à une profondeur de 4 mètres par rapport à la quantité de lumière à la surface



Entre janvier et août 2017 et pendant la majeure partie de l'année 2018, les niveaux de lumière se sont rétablis et ont dépassé les niveaux critiques nécessaires à la croissance de la végétation benthique (ligne bleue en pointillés). Depuis le début de l'année 2019, les eaux présentent une tendance presque constante à la turbidité et, depuis l'été 2019, les niveaux de lumière au fond de la lagune ont diminué, se situant désormais bien en dessous du niveau critique. Source : projet MMEM, IEO.

[texte de l'image ci-dessus]

Nord

Centre

Sud

Moyenne totale [fin du texte de l'image]

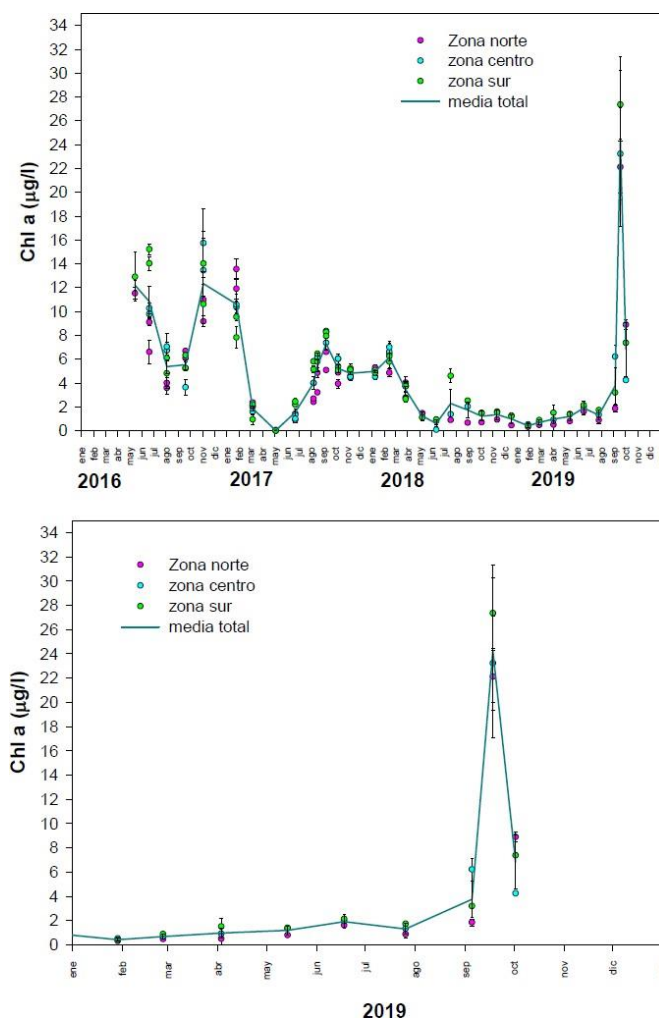
Axe Y : Pourcentage d'irradiance de surface à 4 m Axe X : Année

En 2018, la Mar Menor a de nouveau atteint les niveaux de transparence qu'elle présentait avant la crise de 2016 (illustration 5), ce qui, dans certains milieux, a été interprété comme un rétablissement de l'état écologique de la Mar Menor. Néanmoins, certains membres de la communauté scientifique, dont des chercheurs de l'IEO, de l'Université de Murcie, de l'Université d'Alicante, du CEBAS-CSIC, de l'Université technique de Cartagena et de notre organisation, considèrent que **les preuves scientifiques et les circonstances réelles ne permettent pas d'établir un diagnostic de rétablissement**. En effet, en 2019, la concentration de chlorophylle dans la colonne d'eau **a augmenté progressivement, jusqu'à atteindre des niveaux semblables à ceux observés en 2015-2016**. Comme le montre l'illustration 6, cette augmentation est devenue évidente à la fin du mois d'août

2019, juste avant l'épisode de précipitations extrêmes causé par une dépression isolée à niveaux élevés, connue sous l'acronyme espagnol DANA (Depresión Aislada a Niveles Altos).

Illustration 6. Évolution des niveaux de chlorophylle a au cours de la période 2016-2019 (premier graphique) et détails de cette évolution pour l'année 2019 (second graphique).

Source : projet DMMEM, IEO.



[texte de l'image ci-dessus]

Zone Nord

Zone centrale

Zone Sud

Moyenne totale [fin du texte de l' image]

Après la DANA, les niveaux de chlorophylle ont augmenté jusqu'à atteindre des seuils supérieurs aux niveaux maximums de 2016, ce qui a été attribué aux apports massifs d'azote et de phosphore associés aux afflux d'eau et de sédiments provenant des terres, en particulier des terres agricoles autour de Campo de Cartagena. Les niveaux de chlorophylle ont diminué quelques jours plus tard, puis ont recommencé à augmenter pour atteindre à nouveau des niveaux semblables à ceux mesurés en 2016.

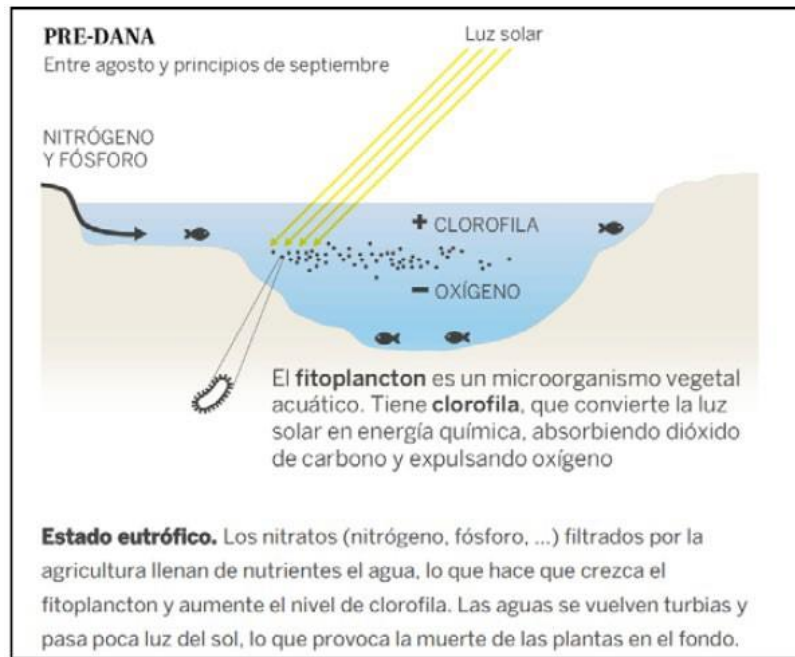
En raison de l'eau douce apportée par la DANA, la colonne d'eau s'est stratifiée et une couche superficielle moins saline s'est formée, réduisant le transfert d'oxygène atmosphérique vers les parties les plus profondes de la colonne d'eau. En parallèle, la forte turbidité de l'eau a

considérablement réduit la quantité de lumière parvenant jusqu'au fond de la lagune (illustration 5), empêchant la végétation benthique de produire de l'oxygène par photosynthèse. Tous ces facteurs ont contribué à créer, à partir de 3 mètres de profondeur, une couche d'eau profonde presque complètement dépourvue d'oxygène, ce qui a provoqué la mort des organismes vivants qui peuplaient le fond de la lagune et l'exode massif de toutes les espèces d'organismes vers des zones moins profondes de la lagune. Cet épisode est décrit dans le document joint en annexe, intitulé « **Rapport intérimaire sur l'évolution des effets de la DANA sur la Mar Menor** ».

Le samedi 12 octobre 2019, sous l'effet des vents d'est, une partie de cette ***couche anoxique profonde est remontée à la surface*** dans la zone située à l'extrémité nord de la lagune, provoquant une anoxie extrême et libérant les produits des processus métaboliques anaérobies qui s'étaient accumulés dans les eaux profondes, tels que des sulfures dissous et du sulfure d'hydrogène gazeux, qui sont toxiques pour de nombreux animaux et végétaux. Le manque d'oxygène et les sulfures formés lors des processus de respiration anaérobie auraient contribué à la mort de toute la faune présente dans une large bande de la partie nord de la lagune.

Selon les données disponibles, la couche anoxique du fond s'est considérablement amincie et les niveaux d'oxygène commencent à se rétablir dans la majeure partie de la colonne d'eau, en particulier dans les parties centrale et méridionale du bassin. Une couche résiduelle d'eau anoxique perdure en revanche dans la zone nord.

Le diagramme suivant fournit un résumé informatif du processus décrit ci-dessus qui a commencé en août 2019, sur la base des données recueillies par l'IEO et d'autres institutions depuis août 2019 (source : El País infographic, à partir des informations fournies par J. M. Ruiz, de l'IEO).



[texte de l'image ci-dessus]

AVANT DANA

Entre août et début septembre.

Lumière du soleil

AZOTE ET PHOSPHORE

+ CHLOROPHYLLE

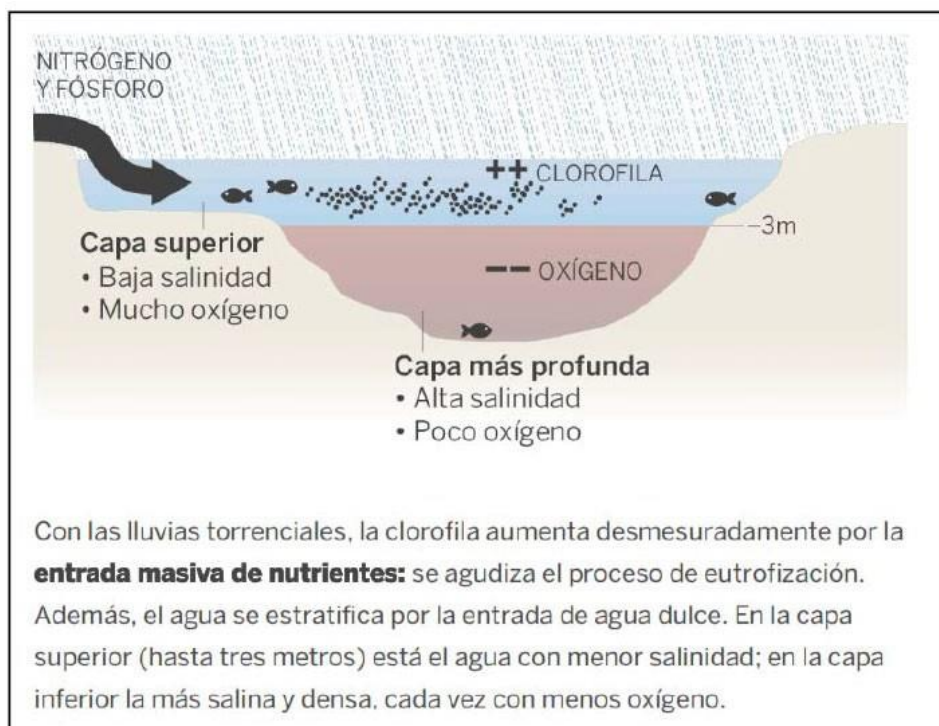
- OXYGENE

Le phytoplancton est un micro-organisme végétal aquatique. Il contient de la **chlorophylle**, qui convertit la lumière du soleil en énergie chimique, absorbant le dioxyde de carbone et libérant de l'oxygène.

État eutrophique. Les nitrates (azote, phosphore, etc.) qui filtrent à travers en raison de l'activité agricole remplissent l'eau de nutriments, ce qui fait croître le plancton et augmente le niveau de chlorophylle. L'eau devient trouble et peu de soleil pénètre, provoquant la mort des plantes du fond.

[Fin du texte de l'image]

DANA, du 9 au 14 septembre :



[texte de l'image ci-dessus]

AZOTE ET PHOSPHORE

++ CHLOROPHYLLE

--OXYGÈNE

Couche supérieure

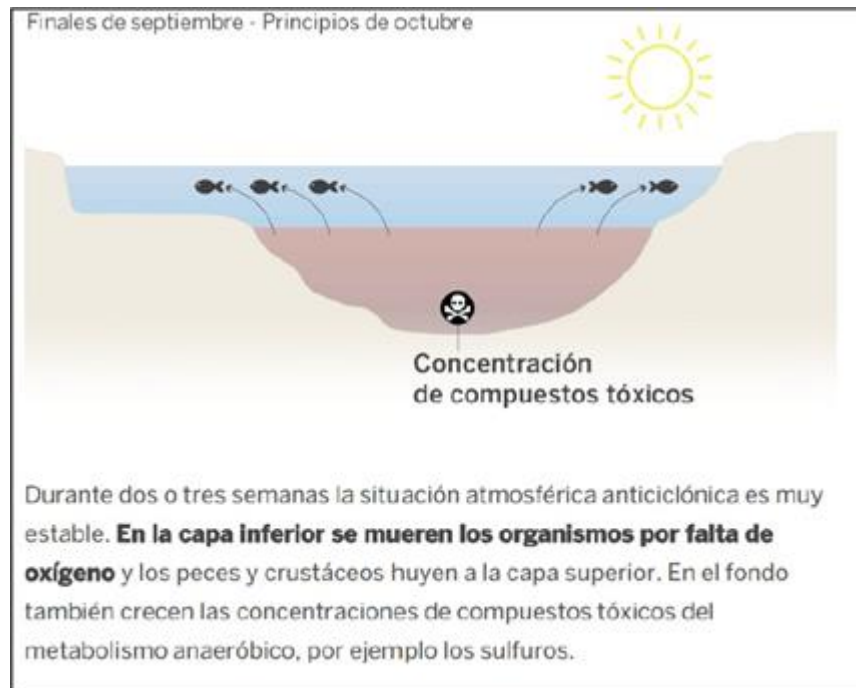
- Faible salinité
- Abondance d'oxygène

Couche plus profonde

- Salinité élevée
- Peu d'oxygène

Avec la pluie torrentielle, les niveaux de chlorophylle montent en flèche à cause de l'apport massif de nutriments : le processus d'eutrophisation s'intensifie. De plus, l'eau se stratifie à cause de l'eau douce qui se jette dans le lagon. Dans la couche supérieure (jusqu'à une profondeur de 3 m), l'eau est moins saline ; dans la couche inférieure, l'eau est plus dense avec des niveaux de salinité élevés et une teneur en oxygène toujours décroissante. [Fin du texte de l'image]

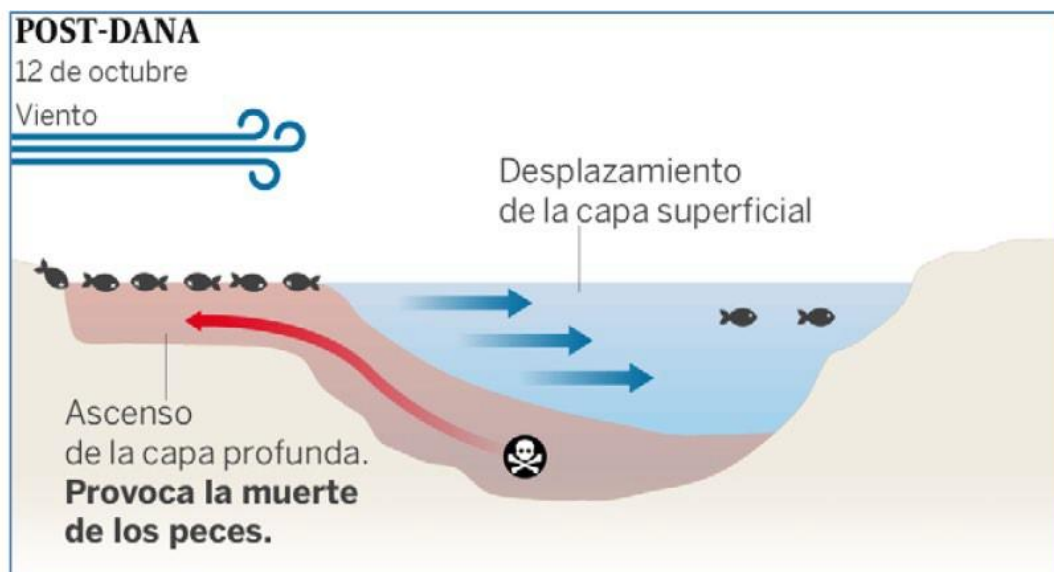
APRÈS LA DANA



[texte de l'image ci-dessus]

Fin septembre - début octobre

Sur deux ou trois semaines, les conditions climatiques anticycloniques sont très stables. **Dans la couche inférieure, les organismes meurent parce qu'ils manquent d'oxygène** et les poissons et les crustacés s'enfuient vers la couche supérieure. Les composés toxiques, les sulfures par exemple, se concentrent également de plus en plus sur le fond, résultat de processus métaboliques anaérobies. [Fin du texte de l'image]



[texte de l'image ci-dessus]

APRÈS LA DANA

12 octobre

Vent

La couche supérieure se déplace

La couche inférieure s'élève.

Cela provoque la mort du poisson. [Fin du texte de l'image]

Le vent déplace l'eau du rivage vers le centre de la lagune, permettant à la **couche anoxique** qui était restée au fond de **remonter vers la surface**. Cette couche d'eau, dépourvue d'oxygène et contenant des sulfures, **tue tous les poissons et crustacés** qui s'y trouvent, ceux-ci s'étant réfugiés dans la couche supérieure.

Causes de la crise écologique de la Mar Menor

Depuis les années 1980, la Mar Menor reçoit de grandes quantités de **nutriments, provenant principalement de l'activité agricole de Campo de Cartagena**, où la surface irriguée du bassin est passée de 21 150 ha à plus de 55 000 ha entre 1988 et 2009, selon des études réalisées par télédétection. L'utilisation accrue de l'irrigation se poursuit depuis 2009. L'apport continu de ces nutriments est considéré comme un facteur déterminant du déclenchement de la crise d'eutrophisation de 2016. La disparition massive de la végétation benthique crée un apport massif de matière organique et de nutriments au fond de la lagune, ce qui provoque un pic d'activité microbienne dans les sédiments et rend ceux-ci anoxiques dans une large mesure. Ainsi, les nutriments libérés par les sédiments eux-mêmes (en particulier le phosphore et l'ammoniaque), en raison du processus de minéralisation de la matière organique accumulée, s'ajoutent aux apports externes de nutriments **provenant du bassin** qui se déversent dans la colonne d'eau. Ce problème s'aggrave en raison d'épisodes d'apports considérables, en particulier depuis la DANA de septembre.

La cause de la profonde dégradation de la Mar Menor réside dans le processus d'eutrophisation dû à l'excès de nutriments. Cette dégradation a commencé avant la DANA et s'est aggravée à cause des nutriments déversés sous l'effet de la dépression : les estimations préliminaires basées sur les échantillons recueillis lors de l'événement indiquent que 35 à 60 tonnes de nitrates, 25 à 45 tonnes d'ammoniaque et plus de 100 tonnes de phosphates se sont alors déversés dans les eaux de la Mar Menor. Par conséquent, le problème ne peut être attribué uniquement à l'eau douce qui s'est déversée dans la lagune (favorisant l'anoxie du fond et causant le dernier épisode de mortalité massive d'organismes marins) : il résulte plutôt des éléments déversés dans la lagune avec cette eau, qui alimentent le processus d'eutrophisation et se mêlent à la matière organique et aux nutriments qui s'accumulent depuis des dizaines d'années dans les sédiments marins et les eaux souterraines. En effet, comme le rappelle l'Asociación Meteorológica del Sureste (association météorologique du sud-est), les données des pluviomètres montrent que les précipitations accumulées pendant

l'inondation de novembre 1987 ont été supérieures d'un tiers aux précipitations survenues pendant la DANA de 2019, ; or, la lagune n'a pas connu d'épisode de mortalité massive à l'époque de cette inondation, ni lors des nombreuses autres inondations passées. Les témoignages des pêcheurs locaux confirment que la turbidité de l'eau causée par l'inondation de 1987 avait disparu en une semaine environ. La DANA et les vents d'est ont fait remonter cette masse d'eau profonde à la surface dans la partie nord de la lagune, provoquant la disparition massive de nombreuses espèces, probablement à cause du produit toxique généré par la décomposition anaérobie. Ce type d'événement grave pourrait se reproduire. **L'eutrophisation a provoqué un déclin profond et toujours plus chronique de la Mar Menor, rendant la lagune extrêmement vulnérable à des facteurs nombreux et variés (la DANA n'est pas le seul exemple) qui peuvent à tout moment déclencher de graves épisodes de dépérissement.**

Le rétablissement de la Mar Menor sera un processus **long et très complexe** : même si plus aucun nutriment ne pénétrait dans le bassin, la libération de nutriments provenant des réservoirs internes (c'est-à-dire les sédiments et les eaux souterraines) pourrait se poursuivre pendant longtemps, et le temps qui sera nécessaire pour que les niveaux de nutriments diminuent, même si tous les apports existants cessaient dès maintenant, reste inconnu (il pourrait se compter en années ou en décennies).

Par conséquent, les premières étapes vers le rétablissement de l'écosystème consistent à stopper le flux de nutriments en recourant à des mesures de prévention à la source et à faire en sorte que le bassin retienne et élimine les nutriments par lui-même grâce à diverses mesures basées sur la nature, dont la restauration des zones humides naturelles autour de la lagune et la création de zones humides artificielles ou d'autres systèmes capables de retenir et de purifier les eaux de ruissellement et les effluents générés dans la région. Les zones humides sont également les seuls systèmes capables de retenir et d'éliminer une bonne partie des nutriments qui s'accumulent lors des inondations, qui seront de plus en plus fréquentes en raison du changement climatique. En ce sens, il conviendrait de revoir les mesures prioritaires du Projet « Vertido Cero » (zéro rejet), qui sont pour la plupart orientées dans d'autres directions.

Madrid, le 28 octobre 2019.

Institut espagnol d'océanographie



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

ANNEXE

Rapport intérimaire sur l'évolution des effets de la DANA sur la Mar Menor

Le présent rapport offre un résumé des résultats obtenus à partir d'une série d'échantillons prélevés les 25 et 27 septembre 2019 et les 2 et 16 octobre 2019 en vue d'évaluer les effets des apports d'eau douce dans la Mar Menor après la DANA. Des valeurs moyennes ont été déterminées pour la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH, la chlorophylle a, l'irradiance du rayonnement photosynthétiquement actif (irradiance PAR), la turbidité et les particules (les particules organiques et inorganiques totales ne sont pas incluses dans ce rapport ; les données seront fournies prochainement) dans les stations de la lagune utilisées par l'Institut espagnol d'océanographie (IEO) pour effectuer un suivi mensuel, dont les emplacements sont indiqués dans l'illustration ci-dessous.

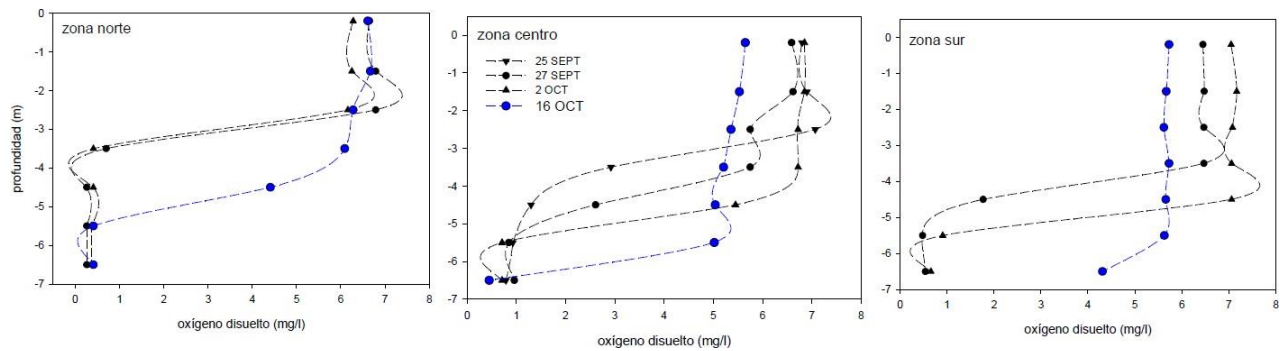


Illustration 1 : Emplacement des stations de surveillance de l'IEO dans la zone nord (A), la zone centrale (B) et la zone sud (C).

Stratification de la colonne d'eau et anoxie

Dans les illustrations suivantes, les valeurs moyennes de la température, de la salinité, du pH et de l'oxygène sont indiquées le long du gradient bathymétrique.

Illustration 2. Profil vertical de l'oxygène dissout le 25 septembre (triangles inversés), le 27 septembre (cercles), le 2 octobre (triangles) et le 16 octobre (cercles bleus)



[texte à l'intérieur de l'image de l'illustration 2]

Zone nord

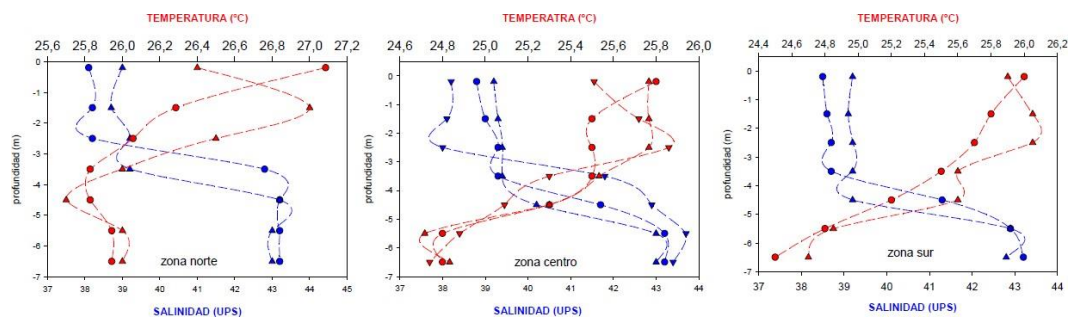
Zone centrale

Zone sud

Axe Y : Profondeur (m)

Axe X : Oxygène dissout (mg / l)

Illustration 3. Profil vertical de la température et de la salinité le 25 septembre (triangles inversés), le 27 septembre (cercles) et le 2 octobre (triangles)



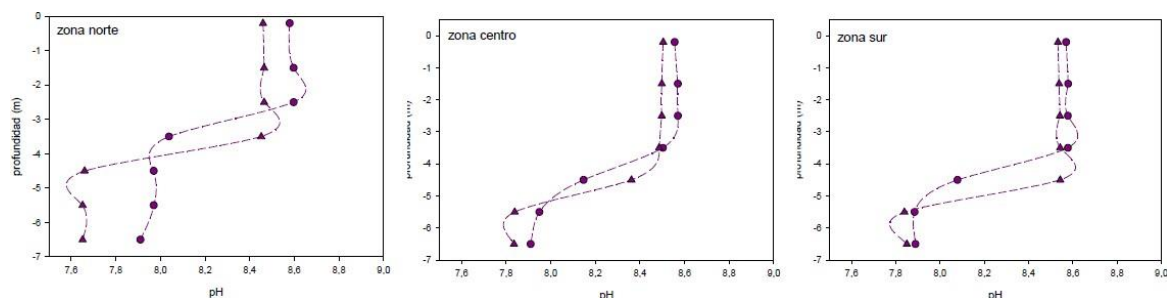
[texte à l'intérieur de l'image de l'illustration 3]

TEMPÉRATURE (Celsius) axe Y :

Profondeur (m)

Axe X : Salinité (UPS)

Illustration 4. Profil vertical du pH le 25 septembre (triangles inversés), le 27 septembre (cercles) et le 2 octobre (triangles)



[texte à l'intérieur de l'image de l'illustration 4]

| Zone nord | Zone centrale | Zone sud |
|------------------------|---------------|----------|
| Axe Y : profondeur (m) | | |
| Axe X : pH | | |

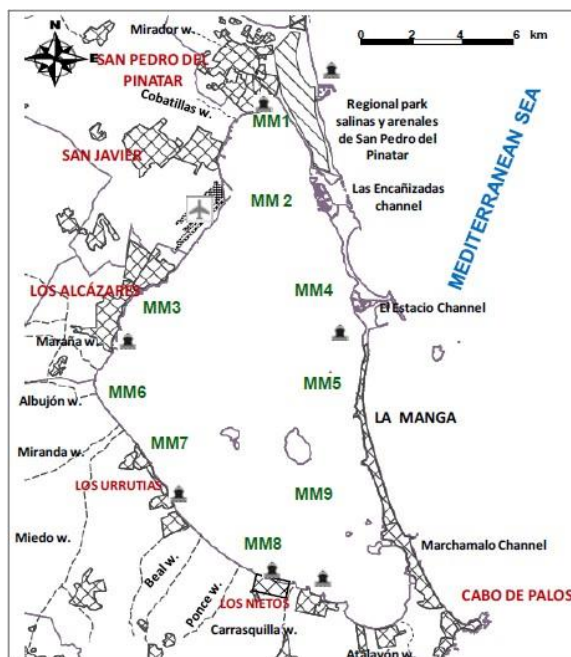
Comme le montrent ces données et d'autres [fournies par le Servicio de Pesca y Acuicultura, Consejo Administrativo de la Región de Murcia (service de la pêche et de l'aquaculture du gouvernement régional de Murcie)], il existe une nette stratification verticale qui, au début (25 septembre), se composait d'une couche superficielle (0-3 m) et d'une autre couche plus profonde (3-6,5 m) dont la salinité était nettement plus élevée (environ 43 ups), la première couche étant moins salée (38-39 ups) et plus chaude de 1,2 degrés. La première couche correspond évidemment au mélange des eaux continentales avec les eaux de surface de la Mar Menor, et la seconde correspond à la masse d'eau saline antérieure à l'inondation, qui ne s'est que peu mélangée à l'afflux dû à la dépression. C'est dans cette couche profonde que l'anoxie est particulièrement grave, les chiffres moyens pour l'oxygène étant inférieurs à 2 mg/l, le seuil critique après lequel des effets sublétaux et létaux sont observés chez la plupart des espèces marines benthiques et démersales. Un niveau inférieur de sept dixièmes d'unité pH a été observé dans l'eau du fond par rapport à l'eau de surface, ce qui signifie que le fond est plus acide.

Les conditions atmosphériques pendant la période de prélèvement de ces échantillons et l'absence d'échange d'eau avec la Méditerranée ont stabilisé la stratification de la colonne d'eau, stabilisant ainsi également les effets de l'anoxie sur le fond de la lagune à partir d'une profondeur de 3 mètres. Cependant, au fur et à mesure que la période d'observation avance, on constate une réduction de l'épaisseur de la couche d'eau profondément anoxique, alors que la couche de surface devient plus épaisse, surtout dans les zones du centre et du sud de la lagune. Le 16 octobre, cette tendance à la dissolution de la couche anoxique a été confirmée, ainsi que le rétablissement des niveaux d'oxygène dans la zone supérieure (voir l'illustration 2).

L'échantillonnage effectué par l'équipe de l'IEO chargée de la pollution à Murcie, les 17 et 18 octobre, dans un réseau plus vaste de stations aux fins du projet PLAS-MED (illustration 4) a confirmé les résultats susmentionnés. Les données issues de cet échantillonnage démontrent également le faible potentiel d'oxydoréduction des sédiments,

ce qui indique qu'ils sont extrêmement anoxiques. Ces niveaux d'anoxie sont nettement inférieurs à ceux obtenus lors des échantillonnages précédents, avant la DANA (environ - 200 mV).

Illustration 4. Distribution des stations d'échantillonnage aux fins du projet PLAS-MED. Tableau présentant les valeurs moyennes de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau ainsi que le potentiel d'oxydoréduction des sédiments les 17 et 18 octobre 2019. Source : Équipe chargée des effets biologiques et de pollution, Centre océanographique de Murcie, IEO.



| Estacion | Oxígeno disuelto (mg/L) | | Eh sedimento mV |
|----------|-------------------------|-------|-----------------|
| | superficie | fondo | |
| MM1 | 6,7 | 6,7 | -422 |
| MM2 | 7,01 | 4,24 | -419 |
| MM3 | 4,75 | 4,28 | -356 |
| MM4 | 3,82 | 3,58 | -417 |
| MM5 | 3,56 | 3,67 | -426 |
| MM6 | 8,15 | 7,28 | -131 |
| MM7 | 6,38 | 6,42 | -135 |
| MM8 | 7,53 | 7,33 | -303 |
| MM9 | 6,19 | 5,72 | -422 |

Oxygène dissous (mg / L) Sédiment EH

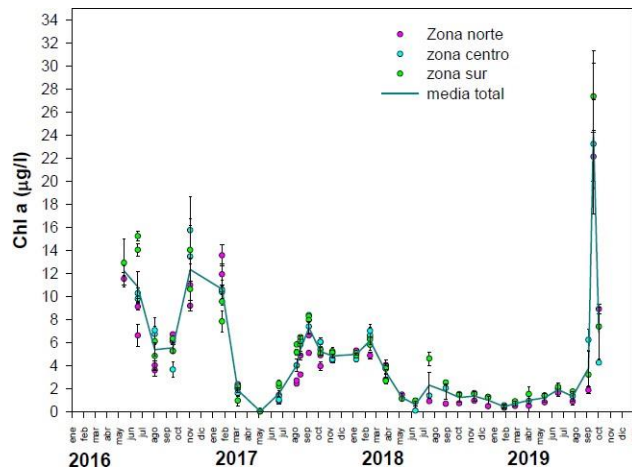
Station Surface Fond mV

Illustration 4. Distribution des stations d'échantillonnage aux fins du projet PLAS-MED. Tableau présentant les valeurs moyennes de l'oxygène dissous dans la colonne d'eau ainsi que le potentiel d'oxydoréduction des sédiments les 17 et 18 octobre 2019. Source : Équipe chargée des effets biologiques et de pollution, Centre océanographique de Murcie, IEO.

Chlorophylle a

Les illustrations 5 et 6 montrent les séries chronologiques de cette variable depuis 2016.

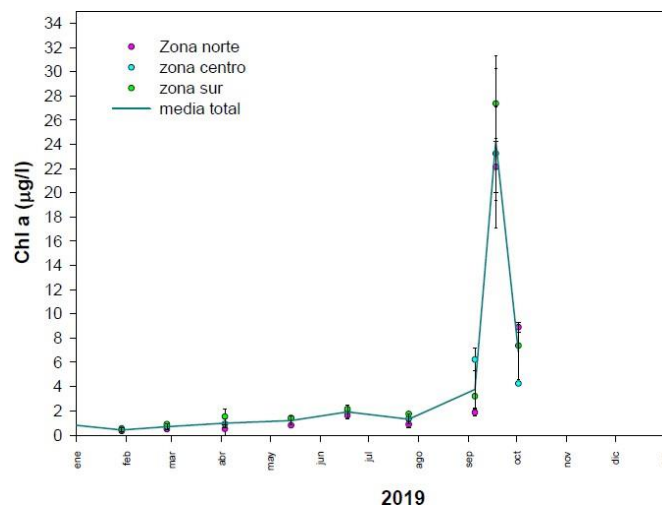
Illustration 5. Évolution de la quantité de chlorophylle a dans la Mar Menor depuis 2016. Méthode utilisée : spectrophotométrie.



Zone nord - Zone
centrale - Zone sud -
Moyenne totale

Axe Y : Chl a
($\mu\text{g/L}$) ; Axe X :
année

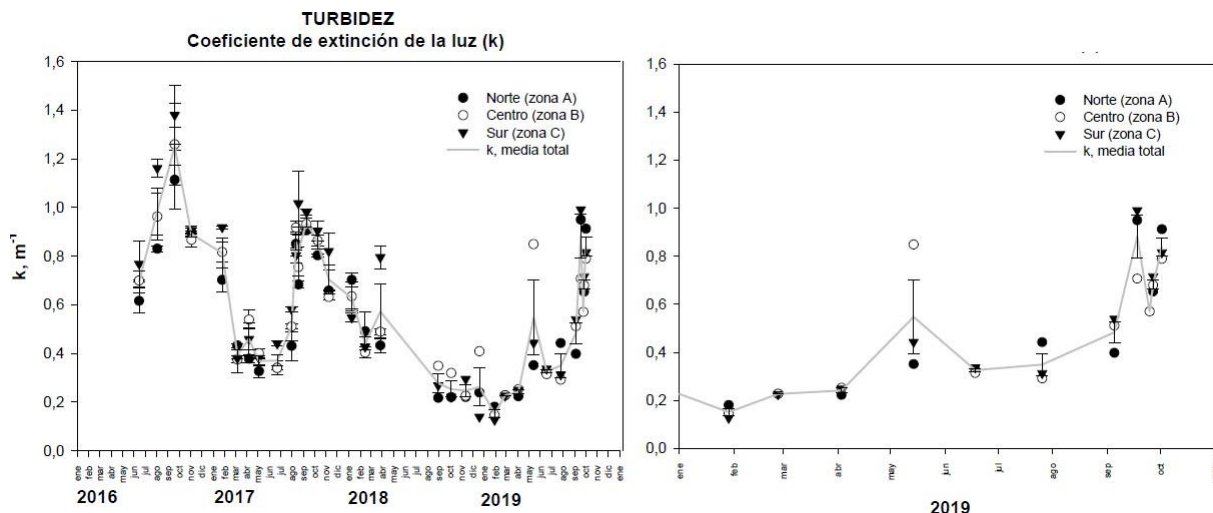
Illustration 6. Évolution détaillée de la quantité de chlorophylle a (chl a) dans la Mar Menor en 2019



Les niveaux moyens de chlorophylle a enregistrés après la DANA variaient entre 22 et 27 $\mu\text{g/L}$, et étaient visiblement plus élevés que les valeurs moyennes enregistrées à l'automne 2016 (8-20 $\mu\text{g/L}$) (illustration 6). Selon les données des services de la pêche, ces valeurs ont considérablement diminué en quelques jours et, selon nos données, jusqu'au 2 octobre, les valeurs moyennes se situaient entre 4 et 8 $\mu\text{g/L}$, les valeurs les plus élevées correspondant aux zones nord et sud (illustration 7). Ces chiffres sont très similaires à ceux qui avaient déjà été enregistrés dans la Mar Menor avant la DANA (illustration 7), indiquant une

tendance croissante et presque constante depuis février. L'échantillonnage effectué le 16 octobre a révélé des valeurs de chlorophylle a situées entre 10 et 30 $\mu\text{g/L}$.

Illustration 7. Variation du coefficient d'extinction de la lumière entre 2016 (à gauche) et 2019 (à droite)



[texte à l'intérieur de l'image de l'illustration 7]

TURBIDITÉ

Coeficiente d'extinction de la lumière (k)

Nord (Zone A)

Centre (Zone B)

Sud (Zone C)

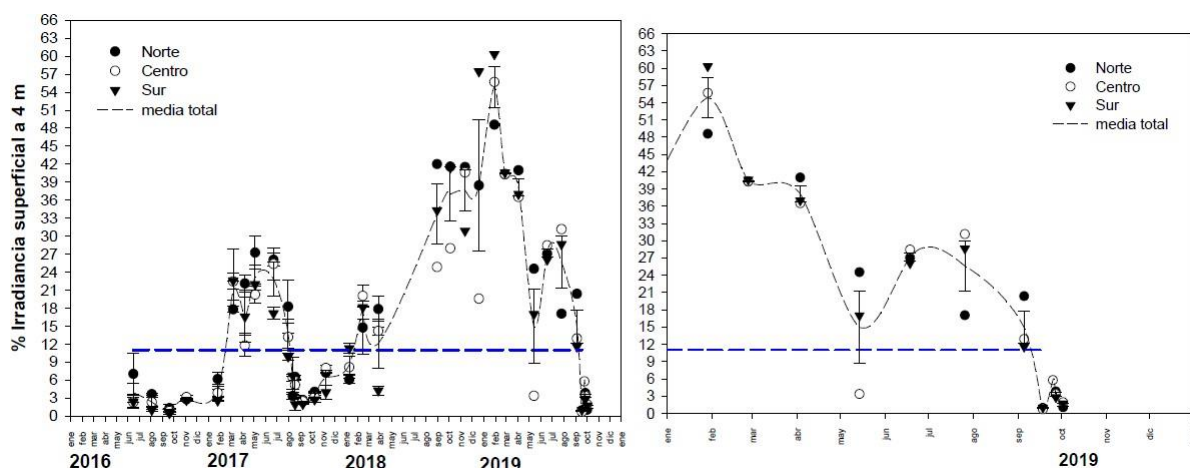
Moyenne totale

Irradiance PAR et turbidité

L'illustration 7 montre l'évolution des valeurs moyennes du coefficient d'extinction de la lumière (k , m^{-1}), que l'on désigne par le terme « turbidité ». Ces valeurs ont été obtenues à partir des profils verticaux de l'irradiance du rayonnement photosynthétiquement actif (irradiance PAR), mesurée à l'aide du capteur de luminosité submersible LiCor LI192.

L'illustration 8 montre les valeurs moyennes de l'irradiance PAR qui atteint le fond (4 m), exprimées en pourcentage de la quantité totale de lumière qui traverse la surface de l'eau ($\%I_0$).

Illustration 8. Variation du pourcentage d'irradiance PAR qui atteint le fond par rapport à la quantité mesurée à la surface entre 2016 (à gauche) et 2019 (à droite). La ligne bleue en pointillés indique un seuil correspondant à 10 % d'I₀, qui est le niveau critique pour les macrophytes benthiques.



[texte à l'intérieur de l'image de l'illustration 8]

Nord

Centre

Sud

Moyenne totale

Axe Y : Pourcentage d'irradiance de surface à 4 m

Axe X : Année

Après la DANA, la turbidité de la Mar Menor a augmenté considérablement pour atteindre des valeurs moyennes comprises entre 0,7 et 0,99 m⁻¹. Ces niveaux sont inférieurs à ceux enregistrés en 2016 lors de l'épisode d'eutrophisation extrême (jusqu'à 1,37 m⁻¹). Malgré quelques variations, ces valeurs sont restées relativement stables jusqu'au 2 octobre, à un niveau légèrement supérieur à celui enregistré dans la Mar Menor avant la DANA. Au cours de la période précédant la DANA, la turbidité a augmenté presque continuellement à partir de février 2019, tout comme la quantité de chlorophylle. En ce qui concerne l'irradiance PAR, la même tendance s'observe plus nettement encore et, en mai, des niveaux proches du seuil critique pour la végétation benthique avaient déjà été atteints. Après la DANA, ces valeurs ont chuté pour atteindre des valeurs moyennes extrêmement faibles (1 à 2 % d'I₀), soit un niveau largement inférieur aux valeurs nécessaires à l'activité et à la survie de la végétation marine et très semblable aux chiffres enregistrés lors des épisodes de croissance du phytoplancton en 2016 et en 2017.

Commentaires sur la faune et la flore

Les plongeurs qui sont descendus dans les stations d'échantillonnage et d'autres zones de la Mar Menor à partir du 25 septembre ont constaté qu'un événement de mortalité massive avait touché la majorité des espèces et des populations au fond de la lagune dans des zones situées à des profondeurs de 3-4 mètres ou plus, selon la partie de la lagune observée. Un relevé bathymétrique de la lagune montre que ces zones représentent une surface et un volume de l'ordre de 80 % de la lagune.

Dans la plupart des zones, la *Caulerpa prolifera* était morte ou mourante (les mesures de fluorescence de la chlorophylle prises pour évaluer la photosynthèse le confirment) et les Holothuries étaient mortes et éventrées. De nombreux spécimens de gastéropodes du genre *Hexaplex* étaient encore vivants et actifs. Au début, les bivalves ne semblaient qu'affaiblis, mais, lors des plongées suivantes, il s'est avéré qu'ils étaient tous morts et ouverts, laissant voir leurs cadavres qui n'avaient pas encore commencé à se décomposer ; certains Gobies, parmi lesquels des *Pomatoschistus*, ont également été vus vivants lors des premières plongées, mais les dernières explorations ont révélé qu'ils étaient tous morts, leurs cadavres étant visibles ; de même, des anémones et des polychètes tubulaires qui avaient apparemment survécu au début ont tous été retrouvés morts quelques jours plus tard.

Dans les zones les moins profondes, des concentrations massives de crevettes et de poissons ont été observées (surtout des Gobies et des Blennies, mais aussi des *Symphodus* juvéniles, des *Syngnathus* et autres), non seulement dans des zones adjacentes au littoral, mais aussi dans des zones plus éloignées au milieu de la lagune, nageant de façon erratique et lente dans les deux premiers mètres d'eau, ce qui est tout à fait inhabituel et montre que ces populations se sont déplacées.

Toutes ces observations sont rassemblées dans des vidéos géoréférencées, accessibles à toute personne qui demanderait à les visionner.

Selon la littérature spécialisée, l'étourdissement et la désorientation sont tous deux des symptômes du stress généralement causé par le manque d'oxygène, poussant les organismes qui en sont capables à s'échapper pour rechercher des zones oxygénées. Selon les espèces, les individus qui ne peuvent pas s'échapper avant un certain temps finissent par mourir, surtout lorsque les concentrations sont inférieures à 2 mg/L.

Par conséquent, l'anoxie extrême décrite ci-dessus peut être considérée comme l'une des principales causes des effets létaux et sublétaux décrits et observés par les scientifiques et les citoyens dans de nombreuses parties de la lagune.

Événement de mortalité massive du 12 octobre 2019

Au petit matin du 12 octobre, les eaux de la partie nord de la Mar Menor étaient grises et laiteuses, émettant une forte odeur de pourriture. Les mesures prises les 12 et 13 octobre par l'IEO ont confirmé que les eaux étaient totalement anoxiques (valeurs inférieures à 1 mg/L) et que leur potentiel d'oxydoréduction était négatif (- 200 à - 400 mV). Ces caractéristiques, ainsi que d'autres données obtenues dans cette zone au cours de la même période par d'autres organisations (Université polytechnique de Cartagena et Services de la pêche et de l'aquaculture), indiquent que les eaux étaient fortement anoxiques, avec des concentrations élevées de sulfures, ce qui signifie qu'elles étaient extrêmement toxiques pour la vie marine.

En effet, dans la zone en question, des milliers d'animaux morts, de toutes espèces et de

toutes tailles, ont été trouvés sur les plages au matin, un événement sans précédent dans la Mar Menor.

Toutes les données indiquent que l'eau de la couche anoxique profonde de la partie nord de la Mar Menor est remontée, probablement poussée par les vents du nord-est survenus la veille. En raison des caractéristiques de l'eau et de l'étendue de la zone couverte par la masse d'eau grisâtre et anoxique (aisément délimitée à l'œil nu), la possibilité d'un déversement local de certaines substances a été jugée improbable, ce qu'ont confirmé les données fournies par les techniciens des gouvernements locaux et régionaux.

Conclusions préliminaires

- La stratification de la colonne d'eau est demeurée assez stable pendant environ quatre semaines, ce qui a conduit à l'épuisement de la quasi-totalité de l'oxygène dans les zones les plus profondes de la Mar Menor à partir de l'isobathe des 3-4 mètres. Cela indique que le phénomène a couvert une étendue très importante (et un volume considérable), de l'ordre de 80 %.
- Cet épisode d'anoxie extrêmement grave et prolongé est la principale cause de la mort de presque toutes les populations benthiques sous une profondeur de 3-4 mètres ainsi que des migrations massives de certaines espèces démersales, dont l'expression la plus extrême et la plus grave a été observée le 12 octobre 2019 en raison de la remontée des eaux profondes vers les zones superficielles à l'extrémité nord de la lagune.
- On observe à présent une tendance claire à l'amincissement de la couche anoxique profonde, qui est désormais circonscrite à une partie de la région du nord. À l'heure actuelle, les niveaux d'oxygène de la lagune se sont rétablis, bien que la biomasse phytoplanctonique soit dans une phase de forte croissance, comme l'indiquent des données récentes (jusqu'au 16 octobre 2019).
- La croissance du phytoplancton et la turbidité ont des effets critiques sur la disponibilité de lumière pour les populations de macrophytes et, si ces effets persistent, la surface occupée par les macrophytes pourrait se réduire à nouveau.
- La DANA a visiblement aggravé l'état de l'environnement de la Mar Menor et elle est responsable de l'épisode de mortalité massive des organismes marins. Cependant, avant cet événement, une tendance très nette indiquant un nouvel épisode d'eutrophisation avait déjà été enregistrée, et c'est ce phénomène qui constitue la véritable cause de la détérioration de la Mar Menor.

Références

Aguilar Escribano, J., Gimenez-Casaldueiro, F., Mas Hernández, J., & Ramos-Esplá, A. A. (2016). Evaluación del estado y composición de la Comunidad Fitoplanctónica de las aguas del Mar Menor, Murcia (mayo de 2016).

Álvarez-Rogel, J. (coordinador). 2019. *Informe final de la Asistencia Técnica Estudio biogeoquímico de los fondos del Mar Menor (Murcia) – Caracterización geoquímica de sedimentos*. Ref. Tec0004881. Grupos de Investigación Edafología Ambiental, Química y Tecnología Agrícola (ETSIA-Universidad Politécnica de Cartagena)-Seagrass Ecology Group-IEO (Centro Oceanográfico de Murcia)- Cartografía de suelos y paisaje, físico-química, degradación y recuperación de suelos y aguas (Universidad de Santiago de Compostela). TRAGSA-CARM-FEDER.

Belando-Torrente MD, García-Muñoz R, Ramos Segura A, Bernardeau-Esteller J, Giménez-Casero J, Marín-Guirao L, García-Moreno P, Franco-Navarro I, Fraile Nuez E, Mercado-Carmona J, Ruiz JM. 2019. *Collapse of macrophytic communities in a eutrophicated coastal lagoon*. XXth Simposio de Estudios del Bentos Marino. Braga (Portugal). Septiembre 2019.

Carreño, M.F. 2015. *Seguimiento de los Cambios de Usos y su Influencia en las Comunidades y Hábitats Naturales en la Cuenca del Mar Menor, 1988-2009, con el Uso de SIG y Teledetección*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.

García-Pintado, J., Martínez-Mena, M., Barberá, G., Albaladejo, J., Castillo, V.M., 2007. Anthropogenic nutrient sources and loads from a Mediterranean catchment into a coastal lagoon: Mar Menor, Spain. *The Science of the Total Environment* 373, 220–239.

IEO. 2019. *Informe parcial de resultados sobre la evolución de los efectos de la DANA en el Mar Menor*. Seagrass Ecology Group-IEO, Centro Oceanográfico de Murcia.

MAGRAMA. 2015. *Caracterización de las fuentes de contaminación de aguas subterráneas mediante técnicas multisotópicas*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.