



# L'utilisation de ressources naturelles dans l'économie

Un manuel mondial sur la comptabilité des flux  
de matières à l'échelle de l'économie

© Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2023.

Première publication 2021

ISBN N° : 978-92-807-3858-2

Job N° : DEW/2356/NA

### **Clause de non-responsabilité**

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE, du PIR, de la DSNU, de la Commission européenne ou de l'OCDE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites

La mention d'une société commerciale ou d'un produit dans ce document n'implique pas l'approbation du PNUE, du PIR, de la DSNU, de la Commission européenne, de l'OCDE ou des auteurs. L'utilisation des informations contenues dans ce document à des fins publicitaires n'est pas autorisée. Les noms de marques et les symboles sont utilisés de manière rédactionnelle, sans intention d'enfreindre les lois sur les marques ou les droits d'auteur.

Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du PNUE, du PIR, de la DSNU, de la Commission européenne ou de l'OCDE ou de leurs pays membres. Nous regrettons toute erreur ou omission qui aurait pu être commise involontairement.

### **Reproduction**

Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie et sous quelque forme que ce soit à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Le PNUE souhaiterait recevoir une copie de toute publication utilisant cette publication comme source.

Cette publication ne peut être utilisée pour la revente ou à toute autre fin commerciale sans l'autorisation écrite préalable du PNUE. Les demandes d'autorisation, accompagnées d'une déclaration indiquant le but et l'étendue de la reproduction, doivent être adressées au directeur de la division Communication du Programme des Nations unies pour l'environnement, P. O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE, du PIR, de la DSNU, de la Commission européenne ou de l'OCDE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Pour obtenir des conseils généraux sur les questions relatives à l'utilisation des cartes dans les publications, veuillez consulter le site <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>

L'utilisation des informations de la présente publication concernant la propriété et les produits à des fins de publicité ou de réclame n'est pas autorisée.

### **Citation suggérée**

PNUE (2023). L'utilisation des ressources naturelles dans l'économie : Un manuel mondial sur la comptabilité des flux de matières à l'échelle de l'économie. Nairobi, Kenya.

### **Crédits photographiques**

© Images, cartes et illustrations telles que spécifiées.

Le PNUE promeut des **pratiques respectueuses de l'environnement** au niveau mondial et dans le cadre de ses propres activités. Ce rapport est imprimé sur du papier provenant de forêts durables et comprenant des fibres recyclées. Le papier est sans chlore et les encres sont des encres végétales. Notre politique de distribution vise à réduire l'empreinte carbone **du PNUE**.

# L'utilisation de ressources naturelles dans l'économie

Un manuel mondial sur la comptabilité  
des flux de matières à l'échelle  
de l'économie

# Avant-propos

---



Le monde dispose d'un volume fini de ressources naturelles et d'une capacité limitée à produire de nouvelles ressources. L'extraction et la transformation des matériaux, des combustibles et des aliments sont à l'origine de 50 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre et de 90 % de la perte de biodiversité et du stress hydrique. Notre production et notre consommation ne sont pas durables. L'utilisation des ressources naturelles a triplé par rapport à 1970 et continue d'augmenter. Nous devons donc repenser la manière dont nous exploitons les ressources, dont nous construisons nos villes et nos infrastructures, dont nous cultivons nos aliments et dont nous gérons nos déchets.

Afin de gérer durablement ces ressources, il est nécessaire d'identifier les moyens de minimiser l'utilisation des ressources naturelles tout en maximisant la croissance économique et les bénéfices sociaux de l'utilisation des ressources naturelles. L'élaboration d'une politique favorisant l'économie circulaire et le découplage de la croissance économique ne peut se faire qu'en suivant la manière dont les matériaux sont utilisés et en identifiant les possibilités d'amélioration de l'efficacité, de réduction de l'utilisation des matériaux et des déchets, de promotion du recyclage et de modification des processus.

Les comptes de flux de matières fournissent un cadre statistique pour mesurer l'extraction des ressources naturelles, le commerce des ressources naturelles, l'élimination des déchets et les émissions. La consommation intérieure de matières et l'empreinte matérielle, y compris par type d'extraction (biomasse, combustibles fossiles, minerais métalliques et minéraux non métalliques), sont considérées comme une approximation de la pression environnementale globale au sein d'une économie nationale et de l'impact d'une économie nationale sur l'environnement.

L'importance de l'amélioration de la productivité des ressources et de l'utilisation durable des ressources naturelles sous-tend l'objectif de développement durable relatif à la consommation et à la production durables (ODD 12) et est spécifiquement reconnue dans les cibles spécifiques de l'objectif de développement durable relatives à la productivité des ressources (ODD 8.4) et à l'utilisation durable des ressources naturelles (ODD 12.2).

Ce rapport s'appuie sur les expériences existantes de compilation de comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie en Europe et fournit des orientations globales sur la compilation de comptes de flux de matières qui peuvent être utilisées par les systèmes statistiques nationaux dans le monde entier. Nous espérons que cela ne sera pas seulement utile pour aider les pays à comprendre leur utilisation des ressources naturelles, mais que cela conduira également à un développement économique plus durable, en informant les gouvernements afin qu'ils conçoivent et mettent en œuvre les bonnes politiques.

**Jian Liu**  
**Directeur de la division scientifique**  
**Programme des Nations Unies**  
**pour l'Environnement**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Liu', written in a cursive style.

# Table des matières

---

<b>Remerciements</b>	<b>vii</b>	<b>Acronymes</b>	<b>ix</b>
<hr/>		<hr/>	
<b>1 Introduction</b>			<b>2</b>
<hr/>		<hr/>	
1.1 Objectif et applications politiques des comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie établis au niveau national .....	2	1.3.1 Le cadre central du SCEE et des CFM-EE .....	6
1.2 Structure et champ d'application du manuel mondial des CFM-EE .....	3	1.3.2 Première harmonisation nationale et internationale des normes comptables des CFM.....	7
1.3 Grands principes comptables et relations avec d'autres systèmes comptables .....	6	1.3.3 Principes de base.....	8
		1.4 Sources de données communes pour les CFM-EE nationaux .....	14
<b>2 Extraction intérieure</b>			<b>18</b>
<hr/>		<hr/>	
2.1 Biomasse .....	18	2.3.2 Arbre de décision, sources de données et disponibilité .....	52
2.1.1 Introduction.....	18	2.3.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données	54
2.1.2 Data sources and availability .....	20	2.3.4 - Question spécifique : roches concassées ..	64
2.1.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données ..	20	<b>2.4 Combustibles fossiles .....</b>	<b>64</b>
<b>2.2 Minerais métalliques .....</b>	<b>31</b>	2.4.1 Introduction.....	64
2.2.1 Concepts et classification.....	31	2.4.2 Sources et disponibilité des données .....	66
2.2.2 Sources et disponibilité des données .....	39	2.4.3 Classification des combustibles fossiles dans les CFM-EE par rapport à la SIEC de la DSNU.....	69
2.2.3 Méthodes comptables et orientations pratiques pour la compilation des données ..	41	2.4.4 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données	70
2.2.4 Questions spécifiques aux pays en développement.....	49		
<b>2.3 Minéraux non métalliques .....</b>	<b>50</b>		
2.3.1 Concepts et classification .....	50		
<b>3 Trade of Materials</b>			<b>75</b>
<hr/>		<hr/>	
3.1 Concepts et classification.....	75	3.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données...	80
3.1.1 Concepts .....	75	3.3.2 Minerais métalliques échangés.....	83
3.1.2 Classification - détail .....	75	3.3.3 Minéraux non métalliques commercialisés ..	84
<b>3.2 Source des données .....</b>	<b>80</b>	3.3.4 Combustibles fossiles échangés .....	85

<b>4 Flux sortants de matières</b>	<b>87</b>
<b>4.1 Concepts et classification</b> .....	<b>87</b>
4.1.1 Comptes ascendants et équilibrage intégral.....	88
<b>4.2 Émissions dans l'air</b> .....	<b>89</b>
4.2.1 Concepts et classifications.....	89
4.2.2 Sources de données typiques et évaluation de la disponibilité des données.....	91
4.2.3 Rapports existants.....	91
4.2.4 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données	93
4.2.5 Questions spécifiques aux pays en développement.....	96
<b>4.3 Déchets mis en décharge</b> .....	<b>96</b>
4.3.1 Introduction.....	96
4.3.2 Conventions et limites du système.....	96
4.3.3 Compilation des données.....	97
<b>4.4 Émissions dans l'eau</b> .....	<b>98</b>
4.4.1 Introduction.....	98
4.4.2 Conventions et limites du système.....	98
4.4.3 Compilation des données.....	99
<b>4.5 Utilisation dissipative des produits</b> .....	<b>100</b>
4.5.1 Introduction.....	100
4.5.2 Conventions et limites du système.....	101
4.5.3 Compilation des données.....	101
<b>4.6 Pertes dissipatives</b> .....	<b>103</b>
4.6.1 Introduction.....	103
4.6.2 Compilation des données.....	103
<b>5 Bilan matière</b>	<b>106</b>
<b>6 Indicateurs principaux</b>	<b>108</b>
<b>6.1 Contexte</b> .....	<b>108</b>
<b>6.2 Indicateurs sur les flux directs de matières</b>	<b>109</b>
6.2.1 Description technique.....	109
6.2.2 Questions politiques.....	110
<b>6.3 Indicateurs incluant les flux de matières indirects et non utilisés</b> .....	<b>111</b>
<b>6.4 Points forts et limites des indicateurs de portée différente</b> .....	<b>112</b>
<b>7 Material footprint of consumption</b>	<b>116</b>
<b>7.1 Introduction</b> .....	<b>116</b>
<b>7.2 Résumé des méthodes disponibles</b> .....	<b>117</b>
7.2.1 Approche descendante : analyse entrées-sorties.....	117
7.2.2 Approche ascendante : coefficients d'intensité matérielle.....	118
7.2.3 Approches hybrides : compléter l'analyse entrée-sortie par des coefficients.....	118
<b>7.3 Perspectives</b> .....	<b>119</b>
<b>8 Comptabilisation des stocks</b>	<b>121</b>
<b>8.1 Introduction</b> .....	<b>121</b>
<b>8.2 Méthodes de quantification des stocks</b> .....	<b>121</b>
8.2.1 Vue d'ensemble.....	121
8.2.2 Comptabilité de stock.....	122
8.2.3 Modélisation dynamique des stocks.....	123
<b>9 Références</b>	<b>125</b>
<b>Annex 1</b>	<b>132</b>

# Liste des figures

---

<b>Figure 1.1</b> Structure simplifiée des CFM-EE.....	4
<b>Figure 1.2</b> Représentation schématique des CFM-EE.....	12
<b>Figure 2.2</b> Coupe transversale stylisée d'une mine à ciel ouvert, montrant la zone d'excavation totale (tout ce qui se trouve à l'intérieur du contour de la fosse), la zone de décapage et les bancs du niveau de production contenant à la fois des stériles et le minerai métallique ciblé.....	33
<b>Figure 2.3</b> Organigramme pour aider à prendre des décisions sur la meilleure façon de compiler les comptes de minerais métalliques.....	36
<b>Figure 2.4</b> Organigramme pour la compilation de l'EW-MFA minéral non métallique.....	54
<b>Figure 2.5</b> Arbre de décision pour l'approvisionnement en données pour les comptes d'extraction de combustibles fossiles.....	69
<b>Figure 6.1</b> Vue d'ensemble de la « famille » des indicateurs basés sur les flux de matières.....	117

# Liste des tableaux

---

<b>Tableaux 2.1</b> Classification de l'extraction intérieure de la biomasse. ....	20
<b>Tableau 2.2</b> Valeurs standard pour les facteurs de récolte (a) et les taux de récupération (b) pour les résidus de cultures courantes. ....	25
<b>Tableau 2.3</b> Consommation typique de fourrage par les animaux au pâturage .....	28
<b>Tableau 2.4</b> Estimation de la consommation annuelle de fourrage par les animaux au pâturage. ....	28
<b>Tableau 2.5</b> Coefficients d'indice de consommation. ....	30
<b>Tableau 2.6</b> Part des fourrages dans l'alimentation animale par région du monde. ....	30
<b>Tableau 2.7</b> Facteurs standard de conversion des quantités de bois. ....	31
<b>Tableau 2.8</b> Classification de l'extraction intérieure des minerais métalliques et des métaux contenus. ....	37
<b>Tableau 2.9</b> Données relatives à un gisement hypothétique et leur saisie dans la feuille de calcul « Minerai extrait pour les ONS ». ....	38
<b>Tableau 2.10</b> Comment convertir les teneurs de composés métalliques en teneurs de métaux seuls. ....	44
<b>Tableau 2.11</b> Exemple hypothétique de données sur le traitement et la vente de minerais. ....	45
<b>Tableau 2.12</b> Classification de l'extraction intérieure de minéraux non métalliques. ....	52
<b>Tableau 2.13</b> Densités spécifiques pour les principaux minéraux non métalliques. ....	55
<b>Tableau 2.14</b> Facteurs de conversion pour la fabrication de briques, de tuiles et de produits de construction, en argile cuite. ....	59
<b>Tableau 2.15</b> Consommation moyenne de minéraux non métalliques par habitant, par région du monde. ....	60
<b>Tableau 2.16</b> Consommation moyenne de minéraux non métalliques par habitant, par région du monde. ....	62
<b>Tableau 2.17</b> Besoins en sable et en gravier pour la construction et l'entretien des routes par unité de largeur. ....	63
<b>Tableau 2.18</b> Classification de l'extraction intérieure de combustibles fossiles. ....	67
<b>Tableau 2.19</b> Sources des statistiques sur l'énergie. ....	67
<b>Tableau 2.20</b> Instruments et répondants appropriés en fonction des besoins d'information identifiés. ....	68
<b>Tableau 2.21</b> Combustibles fossiles dans les CFM-EE par rapport à la SIEC de la DSNU. ....	70
<b>Tableau 2.22</b> Matériaux inclus dans la catégorie du lignite. ....	71
<b>Tableau 2.23</b> Matériaux inclus dans la catégorie de la houille. ....	71
<b>Tableau 2.24</b> Matières incluses dans la catégorie du pétrole brut, du gaz naturel et des liquides de gaz naturel. ....	72
<b>Tableau 2.25</b> Facteurs de conversion du gaz naturel. ....	73
<b>Tableau 2.26</b> Matières incluses dans la catégorie des schistes bitumineux et des sables asphaltiques. ....	73
<b>Tableau 3.1</b> Classification du commerce physique. ....	78
<b>Tableau 4.1</b> Résultats sélectionnés pour les DPO. ....	90
<b>Tableau 4.1</b> Résultats sélectionnés pour les DPO. (suite) ....	91
<b>Tableau 4.2</b> Émissions dans la nature : émissions dans l'air. ....	93
<b>Tableau 4.3</b> Émissions dans la nature : déchets mis en décharge. ....	100
<b>Tableau 4.4</b> Émissions dans la nature : émissions dans l'eau. ....	101
<b>Tableau 4.5</b> Émissions dans la nature : utilisation dissipative des produits. ....	103
<b>Tableau 4.6</b> Coefficients de production journalière de fumier. ....	104
<b>Tableau 6.1</b> Indicateurs basés sur les données de CFM-EE telles que couvertes dans ce manuel. ....	113
<b>Tableau 6.2</b> Principales questions politiques abordées par les indicateurs de flux directs de matières. ....	115
<b>Tableau 6.3</b> Table des matières Compilateur CFM-EE. ....	136

# Remerciements

*L'utilisation des ressources naturelles dans l'économie - Un manuel mondial sur la comptabilité des flux de matières à l'échelle de l'économie* a été présenté conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le Secrétariat du Groupe international d'experts pour les ressources (GIER), la Division des statistiques des Nations Unies (DSNU), l'Office statistique de l'Union européenne (Eurostat) et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

Ce manuel résume les méthodes actuellement développées pour assembler des comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie au niveau national, et est soutenu par le PNUE, la DSNU, l'OCDE et Eurostat. Il est basé sur les lignes directrices d'Eurostat et de l'OCDE et utilise des principes qui facilitent leur intégration dans le cadre du Système de Comptabilité Économique et Environnementale (SCEE).

Pour s'assurer que le manuel était à la fois adapté à l'objectif visé et cohérent sur le plan méthodologique avec le SCEE, un groupe d'experts internationaux a été mis en place pour fournir des conseils sur la méthodologie et son opérationnalisation. Le manuel a été examiné par le Comité d'experts des Nations Unies sur la Comptabilité Économique et Environnementale (UNCEEA) et la DSNU a facilité une consultation mondiale sur le document.

Nous remercions tout particulièrement les gouvernements et les instituts nationaux de statistique de la République du Chili, de la République démocratique populaire lao, de la République des Philippines et de la République d'Afrique du Sud qui ont participé à l'essai pilote de ce manuel. Les participants à l'engagement national ont fourni un retour d'information important qui a été utilisé pour améliorer l'aspect pratique du manuel.

Une liste de noms de personnes et d'institutions impliquées dans le processus d'évaluation figure ci-dessous :

## Équipe de rédaction principale

Le manuel a été rédigé par une équipe d'experts techniques en comptabilité des flux de matières, dont les auteurs principaux, Heinz Schandl (CSIRO), James West (CSIRO), Stephan Lutter (Université d'économie et de commerce de Vienne), Nina Eisenmenger (Université des ressources naturelles et des sciences de la vie de Vienne), Alessio Miatto (Université de Nagoya) et Myriam Linster (OCDE). Jillian Campbell du PNUE a dirigé l'élaboration du manuel.

Le manuel s'est largement inspiré des lignes directrices existantes de la Commission européenne en matière de compilation : Eurostat (2018), *Economy-wide material flow accounts handbook*:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-gq-18-006>.

Cette contribution s'appuie également sur les documents de l'OCDE : OCDE (2008), *Measuring Material Flows and Resource Productivity Volume I. The OECD Guide* : <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>, et OCDE (2008), *Measuring Material Flows and Resource Productivity Volume II*. Le cadre comptable : <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Accounting-Framework.pdf>.

Le manuel a été réalisé sous la direction de Jian Liu, Directeur de la Division Scientifique du PNUE. Au sein du PNUE, Ludgarde Coppens et Brennan Van Dyke ont contribué à la production du document ; Taichiro Fujino et Diana Ngina ont participé à l'édition et à la finalisation de la publication. Au sein du GIER, Peder Jensen, Vera Gunther, Maria Baptista et Chris-tina Bodouroglou ont contribué à la rédaction du document. Alessandra Alfieri et Jessica Ying Chan, de la Division des statistiques de l'ONU, ont contribué à ce document. Stephan Moll, Anton Steurer et Cristina Pitigoi, de la Commission européenne, ont revu les versions préliminaires du manuscrit à différents stades et ont fait part de leurs commentaires.

## Consultation d'experts sur la comptabilité des flux de matières

---

Nous remercions sincèrement les personnes qui ont participé aux consultations et au processus d'examen du manuel par des experts. Une première révision du manuel a été effectuée par le comité technique de l'UNCEEA sur le cadre central du SCEE.

Elle a été suivie d'une consultation globale. Des commentaires ont été reçus des organisations suivantes : Bureau des statistiques de Samoa ; Office national des statistiques de Tokelau ; Instituto Nacional de Estadísticas, Chili ; Office fédéral des statistiques, Suisse ; Institut de statistiques d'Autriche ; Office central des statistiques hongrois ; Office statistique de la République slovaque ; Comité statistique de la République d'Arménie ; Office fédéral des statistiques, Allemagne ; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Mexique ; Comité statistique national de la République de Belarus ; Office de statistiques de Lituanie ; Office de statistiques de Pologne ; Office central des statistiques d'Irlande ; Office des statistiques d'Estonie ; Office général des statistiques du Vietnam (GSO) ; Office des statistiques du Portugal ; Autorité des statistiques des Philippines ; Service administratif national des statistiques de Colombie ; Office des statistiques de Suède ; Bureau des Statistiques du Pakistan ; Ministère de l'environnement de l'Équateur ; Office des statistiques du Canada ; Dirección General de Estadística Encuestas y Censos, Paraguay ; Bureau des statistiques du Pakistan ; et Ministère du changement climatique du Pakistan.

En outre, lors de sa 50e session en 2019, la Commission statistique des Nations unies a salué la finalisation du manuel et encouragé sa mise en œuvre dans les pays (pour référence, voir <https://unstats.un.org/unsd/statcom/50th-session/documents/Report-on-the-50th-session-of-the-statistical-commission-E.pdf> Décision 50/115 (e)).

## Révision

---

Le manuel a été publié pour la première fois en 2021. Il a été révisé en 2023 par Sophia Leticia Groll (PNUE), Ekaterina Poleshchuk (PNUE), James West (CSIRO) et Audrey Ringler (PNUE).

## Conception et mise en page

---

Estudio Relativo

# Acronymes

---

<b>ACV</b>	Analyse du cycle de vie
<b>ACV-IO</b>	Analyse du cycle de vie - Modèle entrées-sorties
<b>AEA</b>	Compte des émissions atmosphériques
<b>AIE</b>	Agence internationale de l'énergie
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alumine
<b>AOX</b>	Composés halogénés organiques absorbables
<b>BGS</b>	British Geological Survey (en anglais)
<b>CEE-ONU</b>	Commission Économique des Nations Unies pour l'Europe
<b>CFM-EE</b>	Comptes des flux de matières à l'échelle de l'économie
<b>CH<sub>4</sub></b>	Méthane
<b>CLRTAP</b>	Convention de la Commission économique pour l'Europe sur les polluants atmosphériques transfrontaliers à longue distance
<b>CO</b>	Monoxyde de carbone
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>Comtrade de l'ONU</b>	Base de données des Nations Unies sur les statistiques du commerce des produits de base
<b>COT</b>	Carbone organique total
<b>CPC</b>	Classification centrale de produits
<b>CSIRO</b>	Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth
<b>DAP</b>	Phosphate de diammonium
<b>DBO</b>	Demande biologique d'oxygène
<b>DCO</b>	Demande chimique d'oxygène
<b>DE</b>	Extraction intérieure
<b>DEU</b>	Extraction intérieure utilisée
<b>DM</b>	Tonnes de matière sèche
<b>DMC</b>	Consommation intérieure de matériaux
<b>DMI</b>	Apport direct de matériaux
<b>DNSU</b>	Division des statistiques des Nations unies
<b>DPO</b>	Émissions dans la nature
<b>DTA</b>	Hypothèse de technologie nationale
<b>EIA</b>	Administration américaine d'information sur l'énergie
<b>Eurostat</b>	L'office statistique de l'Union européenne
<b>EX</b>	Exportations physiques directes
<b>FAO</b>	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>FAOSTAT</b>	Statistiques de la FAO
<b>FISHSTAT</b>	Statistiques de pêche de la FAO
<b>GCV</b>	Pouvoir calorifique supérieur
<b>GES</b>	Gaz à effet de serre
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<b>GPL</b>	Gaz de pétrole liquéfié
<b>GSO</b>	Office général des statistiques du Viêt Nam
<b>HAP</b>	Somme des quatre hydrocarbures aromatiques polycycliques indicateurs
<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbones

<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbones
<b>IM</b>	Importations physiques directes
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Institut national de statistique et de géographie)
<b>IO</b>	Modèle entrées-sorties
<b>IOA</b>	Analyse des entrées-sorties
<b>IRES</b>	Recommandations internationales pour les statistiques de l'énergie
<b>LGN</b>	Liquides de gaz naturel
<b>MAP</b>	Phosphate monoammonique
<b>Mc</b>	Teneur en eau
<b>MF</b>	Empreinte matérielle de la consommation
<b>MRIO</b>	Modèles multirégionaux d'entrées-sorties
<b>N</b>	Azote
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protoxyde d'azote
<b>NAS</b>	Additions nettes aux stocks
<b>NMVOC</b>	Composés organiques volatils non méthaniques
<b>NOX</b>	Oxydes d'azote
<b>NSO</b>	Institut national de la statistique
<b>NU</b>	Nations Unies
<b>OCDE</b>	Organisation de coopération et de développement économiques
<b>ODD</b>	Objectifs de développement durable
<b>OQB</b>	Sur la base d'un questionnaire de l'exploitant
<b>P</b>	Phosphore
<b>PBTs</b>	Substances persistantes, bioaccumulables et toxiques
<b>PFC</b>	Perfluorocarbones
<b>PIB</b>	Produit intérieur brut
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
<b>POP</b>	Polluants organiques persistants
<b>ppm</b>	Parties par million
<b>PRG</b>	Potentiel de réchauffement de la planète
<b>PSUT</b>	Tableau de l'offre physique et de l'utilisation
<b>PTB</b>	Balance commerciale physique
<b>RMC</b>	Consommation de matières premières
<b>RME</b>	Équivalents de matières premières
<b>RME<sub>EX</sub></b>	Équivalents matières premières des exportations
<b>RME<sub>IM</sub></b>	Équivalents matières premières des importations
<b>RMI</b>	Apport de matières premières
<b>RNB</b>	Revenu national brut
<b>ROM</b>	Tout-venant
<b>ROW</b>	Reste du monde
<b>RTB</b>	Balance commerciale des matières premières
<b>SCEE</b>	Système de comptabilité environnementale et économique intégrée
<b>SCEE-CF</b>	Cadre central SCEE
<b>scm</b>	Mètres cubes solides
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluorure de soufre
<b>SH</b>	Système harmonisé
<b>SIEC</b>	Classification internationale type des produits énergétiques (DNSU)
<b>SMS</b>	Sources secondaires mixtes

<b>SNA</b>	Système de comptabilité nationale
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de soufre
<b>TMC</b>	Consommation totale de matériaux
<b>TMR</b>	Besoins totaux en matériaux
<b>TOMPs</b>	Micro-polluants organiques toxiques
<b>UDE</b>	Extraction intérieure non utilisée
<b>UNCEEA</b>	Comité d'experts des Nations unies sur la comptabilité économique et environnementale
<b>UNFCCC</b>	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
<b>USGS</b>	Service géologique des États-Unis (United States Geological Survey)

1

Introduction



# 1 Introduction

---

## 1.1 Objectif et applications politiques des comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie établis au niveau national

---

La politique environnementale est le domaine spécifique de la politique publique qui se concentre sur les relations entre les processus socio-économiques, l'utilisation des ressources naturelles, l'élimination des déchets et des émissions et les fonctions écosystémiques correspondantes. En raison de ces interactions complexes entre les systèmes naturels et sociaux, les responsables de la politique environnementale ont besoin de données et d'informations qui vont au-delà des statistiques économiques traditionnelles pour pouvoir mettre en place des politiques et des programmes qui abordent de manière globale les dimensions économiques et environnementales. Les comptes physiques fournissent ces informations complémentaires aux statistiques économiques.

Les CFM-EE représentent un cadre permettant de décrire l'interaction d'une économie nationale avec l'environnement naturel et l'économie du reste du monde en termes de flux de matières, de déchets et d'émissions. Dans la mesure du possible, les principes des CFM-EE sont alignés sur le système de comptabilité nationale en ce qui concerne les définitions, les limites du système et les classifications.

Les principes comptables et les méthodes de calcul des CFM-EE sont normalisés depuis deux décennies et ont été mis en œuvre dans les statistiques nationales d'un certain nombre de pays, notamment les États membres de l'Union européenne. Eurostat a joué un rôle déterminant dans l'établissement de conventions contraignantes pour les CFM-EE et leur intégration dans le SCEE. Les principes comptables ont été exposés dans une série de guides de compilation publiés par Eurostat depuis 2001. Le guide de compilation d'Eurostat (Eurostat 2018) et les méthodes comptables se sont affinés au fil du temps.

Les comptes et indicateurs basés sur les CFM-EE fournissent une vue d'ensemble très complète de l'extraction des ressources naturelles, du commerce des ressources naturelles, de l'élimination des déchets et des émissions. Ils mesurent les pressions environnementales liées à l'utilisation des ressources naturelles, et les indicateurs principaux basés sur les CFM-EE ont été utilisés comme indicateur de la pression environnementale globale et de l'impact d'une économie nationale. C'est pourquoi des indicateurs basés sur des ensembles de données CFM-EE ont été adoptés pour suivre les progrès du programme de développement durable 2030 et les cibles des ODD relatives à la productivité des ressources (ODD 8.4) et à l'utilisation durable des ressources naturelles (ODD 12.2).

Les ensembles de données et les indicateurs du CEE font partie du programme de travail d'un nombre croissant d'instituts nationaux de statistiques dans le monde et l'application mondiale des CFM-EE dans les statistiques nationales, au-delà de l'Europe, a nécessité la création d'un manuel d'orientation mondial. Ce manuel mondial sur les CFM-EE s'appuie sur l'expérience et l'excellence des lignes directrices comptables d'Eurostat, tout en les élargissant de plusieurs manières importantes. Le manuel mondial des CFM-EE :

- présente une approche modulaire des CFM-EE afin de permettre aux instituts nationaux de statistique ayant différents niveaux de capacité en matière de comptabilité environnementale d'établir les comptes
- aborde les questions spécifiques des économies d'extraction des ressources et des activités économiques de subsistance, qui sont les plus répandues dans les pays en développement

- privilégie l'aspect pratique au détriment des détails et se concentre sur les méthodes qui permettent aux statisticiens de saisir les aspects importants de la production de matériaux dans leur économie
- vise également à établir un lien entre les CFM-EE établis et les questions de politique environnementale et économique qui peuvent être éclairées par l'utilisation d'ensembles de données et d'indicateurs basés sur les CFM-EE

Cette première édition du manuel mondial CFM-EE représente une étape importante vers une norme comptable mondiale. Son objectif est de fournir des conseils aux experts en statistiques environnementales des bureaux nationaux de statistiques du monde entier afin de renforcer les capacités des CFM-EE au niveau national et de rendre compte des progrès accomplis dans la réalisation des cibles 8.4 et 12.2 des ODD.

Le manuel global des CFM-EE est structuré en huit chapitres.

- Le chapitre 1 est consacré aux principes comptables généraux et à la relation avec d'autres systèmes comptables ; il décrit les sources de données courantes pour les CFM-EE et présente la structure principale du manuel.

- Le chapitre 2 présente le cœur de tout CFM-EE, à savoir l'extraction intérieure de matériaux - biomasse, combustibles fossiles, mine-raïss métalliques et minéraux non métalliques.
- Le chapitre 3 décrit les principes comptables et les questions spécifiques qui se posent lors de l'établissement des comptes matériels pour les échanges de marchandises.
- Le chapitre 4 se concentre sur les flux de matières (de l'économie vers l'environnement), tels que l'élimination des déchets et les émissions, et jette un pont vers d'importantes questions de politique environnementale telles que la pollution et la toxicité.
- Le chapitre 5 intègre les entrées et les sorties des CFM-EE dans un bilan des flux de matières.
- Le chapitre 6 présente les indicateurs principaux des comptes de CFM-EE qui sont les plus couramment utilisés par la communauté politique.
- Les chapitres 7 et 8 traitent d'autres aspects des CFM-EE : les comptes d'empreinte matérielle et les comptes de stocks matériels. Les méthodes de comptabilisation de ces derniers ne sont toutefois pas abordées en détail dans cette édition du manuel.

## 1.2 Structure et champ d'application du manuel mondial des CFM-EE

Le manuel mondial des CFM-EE fournit des orientations aux offices statistiques nationaux pour la compilation d'ensembles de données simples sur les flux de matières (également appelés comptes directs de flux de matières dans le présent manuel) qui se concentrent sur l'extraction de matières primaires, le commerce physique (c'est-à-dire les importations et les exportations), les déchets et les émissions. Les comptes directs traitent l'économie nationale comme une boîte noire et excluent les flux de matières en amont et en aval associés au commerce, ainsi que les flux de recyclage ou de réutilisation au sein de l'économie, et la mobilisation de matières qui n'entrent pas dans le processus économique. Ils ne fournissent pas non plus d'estimations des quantités de matériaux incorporés dans le parc de bâtiments et

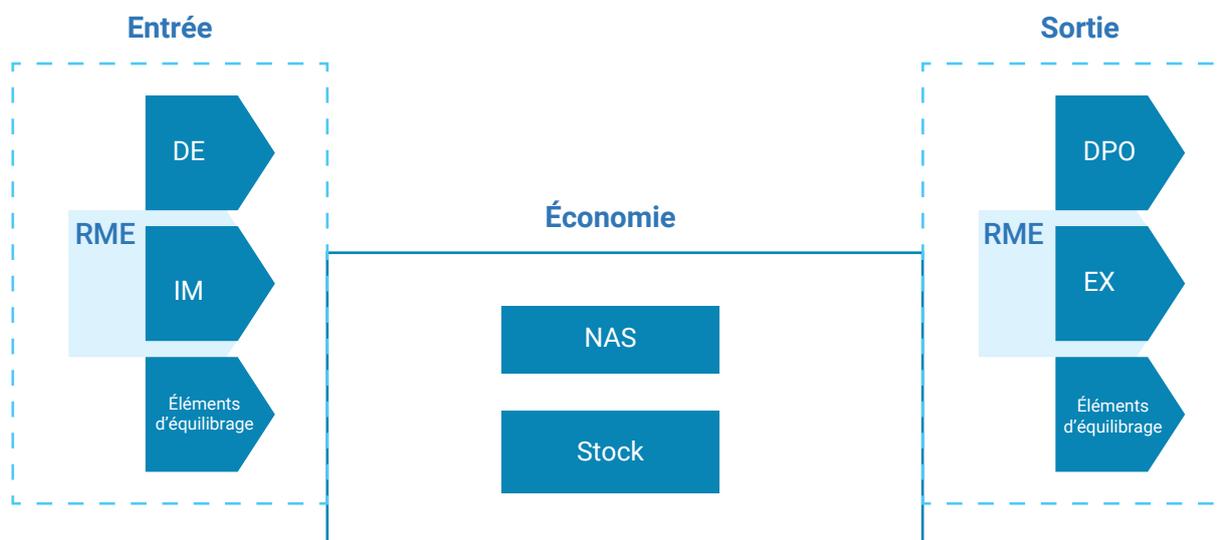
d'infrastructures. La figure 1.1 présente la structure simplifiée des CFM-EE.

Afin de clarifier la différence entre les comptes de flux de matières directs et les comptes supplémentaires, les CFM-EE sont structurés en six modules comptables qui couvrent des aspects spécifiques de l'interaction entre l'économie et les ressources naturelles

- Le premier module concerne l'extraction nationale (DE), les importations physiques directes (IM) et les exportations (EX) de matières (chapitres 2 et 3 du présent manuel).

- Le deuxième module se concentre sur les flux indirects associés aux importations et aux exportations, c'est-à-dire les équivalents matières premières des importations (RMEIM) et des exportations (RMEEX) (chapitre 7).
- Un troisième module examine le côté production des comptes de flux de matières et rend compte de la production intérieure transformée (DPO), c'est-à-dire des flux de déchets et d'émissions et des passerelles par lesquelles ils quittent l'économie en direction de l'environnement (décharge, sol, eau et air) (chapitre 4).
- Le quatrième module mesure les entrées nettes en stock (ENS) et peut contenir un compte de stock en utilisation (Stock). Il permet de clôturer le bilan des flux de matières en reliant les entrées aux sorties et en introduisant un ensemble d'éléments d'équilibrage (chapitres 5 et 8).
- Le cinquième module s'intéresse à l'extraction non utilisée dans le cadre de l'extraction nationale dans une économie cible ou de l'extraction de matières premières liée aux importations et aux exportations à l'étranger (section 6.3).
- Un sixième module se concentrerait sur les flux de matières de différentes industries spécifiques et créerait un véritable compte satellite des flux de matières. Il serait lié à l'articulation complète des tableaux de l'offre physique et de l'utilisation.

Figure 1.1 Structure simplifiée des CFM-EE.



Chaque module comptable aborde différentes questions politiques et produit une série d'indicateurs spécifiques. Ces modules sont décrits ci-dessous.

Ce manuel couvre les modules 1 (chapitres 2 et 3) et 3 (chapitre 4) ainsi que certains aspects limités du module 4 (chapitre 5). Il fournit des conseils sur la manière d'établir des ensembles de données pour ces modules. Il aborde le module 2 (au chapitre 7) et le module 4 (au chapitre 8) mais ne fournit pas

de lignes directrices spécifiques en matière de comptabilité.

### Module 1 : Extraction intérieure, importations et exportations physiques directes

Le module 1 est le noyau d'un ensemble de données nationales sur les flux de matières. Il couvre l'extraction intérieure de matériaux qui sont ensuite utilisés dans des processus économiques, généralement comptabilisés au moment où la ressource naturelle devient un produit de base et qu'un

prix y est attaché<sup>1</sup>. Il s'agit de la biomasse, des combustibles fossiles, des minerais métalliques et des minerais non métalliques. Il couvre également les importations et les exportations des marchandises mesurées en fonction des volumes qui traversent les frontières nationales. Les importations et les exportations contiennent généralement des produits à différents stades de transformation, notamment des produits primaires non transformés, des produits primaires transformés, des produits manufacturés simplement transformés et des produits manufacturés transformés de manière élaborée. Ces informations permettent de calculer des indicateurs supplémentaires, notamment la balance commerciale physique (PTB) et la consommation intérieure de matières (DMC), où  $PTB = IM - EX$  et  $DMC = DE + IM - EX = DE + PTB$ . Un indicateur supplémentaire, le Direct Material Input ou Flux Entrants directs (DMI), peut être calculé :  $DMI = DE + IM$ .

### Module 2 : Équivalents en matières premières de l'empreinte commerciale et matérielle

Le module 2 se concentre sur une perspective de la demande finale d'utilisation des matériaux. Il mesure les RMEIM et RMEEX qui sont les besoins en matériaux en amont pour produire des importations et des exportations directes. Les RME partent du principe que les frontières du système (point d'extraction et de commercialisation) sont les mêmes pour les matières nationales et les matières commercialisées. La balance commerciale des matières premières (RTB) est établie en soustrayant les RMEEX des RMEIM. Ces informations permettent d'établir l'indicateur de l'empreinte matérielle de la consommation (MF). L'empreinte matérielle attribue l'extraction globale de matériaux (où qu'elle se produise et tout au long du cycle de vie des ressources naturelles) à la demande finale dans un pays où  $MF = DE + RMEIM - RMEEX = DE + RTB$ .

### Module 3 : Flux sortants de matières

Le module trois couvre le côté sortie des CFM-EE

et enregistre les sorties de matières de l'économie vers les différents milieux environnementaux. Les sorties de matières comprennent les quantités de déchets mis en décharge, les émissions dans l'air et les émissions dans l'eau. Il permet d'établir des indicateurs pour le DPO et pour le  $DPO_{\text{déch}}$ , le  $DPO_{\text{air}}$  et le  $DPO_{\text{eau}}$ , où  $DPO = DPO_{\text{déch}} + DPO_{\text{air}} + DPO_{\text{eau}}$ .

### Module 4 : Bilan des matières et comptes de stocks

Le module quatre concerne la quantité de matières stockées dans les bâtiments et les infrastructures de l'économie nationale. Ces informations constituent une première étape vers des comptes de stocks physiques en calculant les entrées et les sorties de stocks et elles représentent une approximation des flux de matières potentiels futurs qui peuvent devenir des matières premières secondaires ou des déchets. Les comptes de stocks physiques complets nécessitent la quantification des stocks accumulés en plus des stocks de produits finis. Les comptes de stocks physiques permettent de comparer les matériaux incorporés dans le capital humain au capital naturel. Les stocks sont présentés en fonction des caractéristiques des matériaux et des actifs, y compris les tables de mortalité pour les principaux actifs.

Le calcul des NAS, où  $NAS = DMC - DPO$  + les éléments d'équilibrage du côté de l'entrée et de la sortie, peut être effectué à l'aide des informations des modules 1 et 3. Il existe différentes manières supplémentaires de prendre en compte les NAS sur la base d'une modélisation des stocks et des flux.

### Module 5 : Extraction non utilisée

Le module 5 se concentre sur l'extraction de matières non utilisées, c'est-à-dire les matières qui sont mobilisées mais qui n'entrent pas dans l'économie (voir la note de bas de page du module 1 ci-dessus). L'extraction non utilisée en volume est souvent de la même taille que l'extraction utilisée, mais les données relatives à l'extraction non utilisée, lorsqu'elles existent, présentent un degré

1 Si la marchandisation indique toujours qu'une matière est utilisée dans l'économie, la définition du terme « utilisé » dans les CFM-EE est un peu plus vaste, puisqu'elle englobe, par exemple, des éléments tels que les résidus de culture qui sont retirés du champ et utilisés dans l'exploitation pour des choses comme la litière pour animaux ou des aliments à valeur marchande faible ou nulle.

d'incertitude plus élevé. L'extraction non utilisée ne figure généralement pas dans les statistiques officielles et nécessite des techniques d'estimation et de modélisation qui ne sont pas encore normalisées au niveau international.

### Module 6 : Comptes de flux de matières par industrie

Le module six porte sur une perspective des flux de matières, industrie par industrie, et ouvre la boîte noire de l'économie en rendant compte des flux entre les industries. Le module six permet de produire des comptes satellites complets pour les flux de matières, une étape importante qui n'a pas été entreprise très souvent, principalement en raison des besoins en données supplémentaires. Les

données physiques qui sous-tendent l'utilisation des matériaux par des industries spécifiques ne sont souvent pas directement disponibles dans les statistiques officielles. Cela nécessiterait la création d'un tableau physique des ressources et des emplois de l'économie (PSUT) pour soutenir l'établissement de comptes par branche d'activité pour les flux de matières.

Dans le contexte du Système de Comptabilité Économique et Environnementale (SCEE), les comptes de flux et de stocks de matières pourraient être liés aux comptes de ressources naturelles qui peuvent inclure les stocks de forêts et de poissons, les réserves de combustibles fossiles et de minéraux.

## 1.3 Grands principes comptables et relations avec d'autres systèmes comptables

### 1.3.1 Le cadre central du SCEE et des CFM-EE

Les **comptes de l'environnement** décrivent l'échelle totale des activités socio-économiques en quantités physiques, mais sont entièrement compatibles avec les comptes économiques nationaux. Les comptes de l'environnement doivent être considérés comme un système satellite du système de comptabilité nationale. Il existe différents cadres statistiques internationaux qui fournissent des orientations conceptuelles et pratiques. Il s'agit notamment des Comptes Européens de l'Environnement (Eurostat 2015) et du Système de Comptabilité Économique et Environnementale des Nations unies (SCEE ; ONU 2014), qui « est un cadre qui intègre les données économiques et environnementales afin de fournir une vision plus complète et polyvalente des interrelations entre l'économie et l'environnement, ainsi que des stocks et des variations des stocks d'actifs environnementaux, dans la mesure où ils apportent des avantages à l'humanité » (ONU 2017).

Le **CFM-EE** est un module des Comptes Européens de l'Environnement et s'inscrit conceptuellement dans le cadre du Système de Comptabilité Économique et Environnementale (SCEE ; ONU 2014) qui étend les

comptes nationaux monétaires en y ajoutant une dimension physique et environnementale. Le cadre du SCEE met l'accent sur les interactions physiques entre l'environnement et l'économie, y compris l'approche des stocks (actifs environnementaux) et des flux (flux physiques). Cela permet d'établir une relation conceptuelle étroite entre les comptes environnementaux et le Système de Comptabilité Nationale (SCN).

Le cadre central du SCEE de 2012 (ONU 2014) décrit les concepts, définitions et principes comptables standard convenus au niveau international pour des statistiques comparables au niveau international sur l'environnement et leur relation avec l'économie. Le cadre central du SCEE s'appuie sur les concepts, les classifications et les définitions des comptes nationaux (ONU 2014). L'intégration des comptes de flux de matières dans le cadre central du SCEE permet d'assurer la complémentarité avec les principes comptables nationaux dans la mesure du possible. Les CFM-EE font partie des comptes de flux physiques (chapitre 3) du cadre central du SCEE et est saisi dans la section 3.6.6 'Comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie' du cadre central du SCEE.

Le cadre central du SCEE établit le PSUT (parallèlement aux tableaux des ressources et des emplois monétaires) comme cadre comptable pour les flux physiques. Il introduit un ensemble de principes et de limites comptables qui permettent un enregistrement cohérent en interne de tous les types de flux physiques qui vont de pair avec l'activité économique. Les flux physiques couverts comprennent l'énergie, l'eau, les matériaux, les déchets et les émissions. Les comptes de flux physiques présentent deux caractéristiques importantes pour la comptabilité des flux de matières : Le cadre comptable des tableaux des ressources et des emplois physiques et la délimitation des trois types de flux physiques que sont les intrants naturels, les produits et les résidus.

Les CFM-EE sont spécifiquement mentionnés dans une sous-section du chapitre sur les flux physiques du cadre central du SCEE, et de nombreux aspects des comptes de flux physiques se rapportent assez directement et/ou recourent les principes des CFM-EE.

La division en intrants naturels (extraction intérieure de matériaux), en produits (matériaux commercialisés ou flux internes) et la division des résidus en déchets et émissions en fonction des portails environnementaux (eau, air et sol) sont toutes en accord avec la terminologie et les principes comptables des CFM-EE.

Les comptes CFM ne sont pas entièrement articulés avec le PSUT, comme le prévoit le Cadre Central du SCEE (SEEA-CF). La mise en place d'un système PSUT complet serait une activité extrêmement longue et nécessiterait des niveaux de déclaration sur les flux physiques par des industries spécifiques qui n'existent pas actuellement, ou qui ne sont pas disponibles, et qui ne font donc pas partie des CFM-EE.

Il existe des différences importantes entre le SCEE-CF et les limites du système des CFM-EE qui sont particulièrement importantes dans le domaine de l'agriculture, où le SCEE conceptualise le secteur agricole et les plantes comme faisant partie de

l'économie (ressources biologiques cultivées) et les CFM-EE comme faisant partie de l'environnement. Par conséquent, le SCEE traite l'eau, le dioxyde de carbone et les nutriments comme un intrant naturel, tandis que les CFM-EE interprètent la récolte des cultures comme un intrant naturel.

À l'instar du système de comptabilité nationale, les comptes de flux de matières ont deux objectifs principaux. Les comptes détaillés fournissent une riche base de données empiriques pour de nombreuses études analytiques. Ils sont également utilisés pour compiler différents indicateurs de flux de matières extensifs et intensifs<sup>2</sup> pour les économies nationales à différents niveaux d'agrégation. Les CFM-EE sont également étroitement liés à d'autres modules de flux physiques du système SCEE, tels que les comptes d'émissions atmosphériques, les comptes de flux d'énergie physique, les comptes de l'eau, etc. Les concepts, les règles comptables et les classifications des CFM-EE sont harmonisés autant que possible avec le SCEE et les sous-modules susmentionnés. Une intégration plus explicite des CFM-EE dans le cadre du SCEE à l'avenir serait utile pour tirer pleinement parti de la force explicative des deux approches.

### 1.3.2 Première harmonisation nationale et internationale des normes comptables des CFM

Les **premiers** CFM-EE, au sens contemporain du terme, ont été publiés au début des années 1990 pour l'Autriche (Steurer 1992), le Japon (Ministère de l'environnement, Gouvernement du Japon 1992) et l'Allemagne (Schütz et Bringezu 1993). Deux publications du World Resources Institute ont ouvert la voie à l'analyse empirique comparative des économies nationales en termes matériels et à la mise au point d'indicateurs CFM-EE comparables au niveau international, Adriaanse *et al.* (1997) et Matthews *et al.* (2000).

L'**harmonisation méthodologique** a été encouragée par l'UE depuis le début des années 1990, ce qui a conduit à la publication « Economy-wide

2 Les indicateurs extensifs mesurent directement l'ampleur d'une variable, par exemple le PIB total ou la population, tandis que les indicateurs intensifs relient une variable à une autre, par exemple le PIB par habitant.

material flow accounts and derived indicators » : A methodological guide » (Eurostat 2001) et d'autres spécifications dans le Guide de compilation d'Eurostat (publié pour la première fois en 2007 et dont la dernière version date de 2018 ; Eurostat 2018). En juillet 2011, le Parlement européen a établi le règlement (UE) n°691/2011, qui fournit une base juridique pour la compilation des comptes de flux de matières en tant qu'outil d'information clé dans les comptes environnementaux et économiques de l'Union européenne. Les données CFM-EE pour les États membres de l'UE sont publiées depuis 2002 par Eurostat et font partie des routines de déclaration des pays depuis 2011. Au niveau international, la comptabilité des flux de matières a également été abordée par l'OCDE, qui a publié un guide conceptuel plus large en 2008 (OCDE 2008). Enfin, l'utilisation durable des ressources et les CFM-EE sont des thèmes importants du Groupe international d'experts sur les ressources des Nations unies, avec la publication de trois rapports basés sur les données des CFM-EE (PNUE 2011 ; PNUE 2015 ; PNUE 2016).

Parallèlement au développement méthodologique, de nombreuses études empiriques ont été réalisées et publiées. Pour une vue d'ensemble, voir Krausmann *et al.* (2017). Depuis 2000, des **ensembles de données globales** exhaustives sont disponibles, compilées par des instituts de recherche (Giljum *et al.* 2014 ; Schaffartzik *et al.* 2014b ; Schandl *et al.* 2010 ; Schandl *et al.* 2017) ainsi que par des organismes internationaux tels qu'Eurostat (Eurostat 2017) et le Groupe international d'experts sur les ressources de l'ONU (PNUE 2017). Les publications de Fischer-Kowalski et de ses collègues (2011) et de Krausmann et de ses collègues (2017) résument l'état de l'art en matière de comptabilité des flux de matières.

### 1.3.3 Principes de base

#### 1.3.3.1 Le concept de métabolisme social

La comptabilité des flux de matières à l'échelle de l'économie repose conceptuellement sur un modèle systémique simple d'une économie (appelée économie nationale dans le document suivant) en tant que système biophysique et socio-économique intégré dans son environnement socio-économique et biophysique.

Le terme « intégré » indique que les systèmes socio-économiques, en général, sont conçus comme des systèmes matériellement (et énergétiquement) ouverts, c'est-à-dire des systèmes qui entretiennent des échanges matériels (et énergétiques) socialement organisés avec leur environnement. Cette compréhension biophysique d'un système socio-économique est communément appelée **métabolisme social ou industriel** (Ayres et Simonis 1994 ; Fischer-Kowalski 1998).

Le concept de métabolisme social (Krausmann *et al.* 2017) décrit les sociétés comme étant en interaction permanente avec l'environnement naturel, échangeant des flux de matière et d'énergie. Les sociétés ont besoin de matériaux et d'énergie dans leurs processus socio-économiques de production et de consommation pour constituer, maintenir et reproduire leurs populations humaines et animales, ainsi que les objets fabriqués par l'homme. C'est pourquoi les ressources naturelles sont extraites de l'environnement naturel, transformées dans le cadre d'un processus économique et accumulées dans des stocks physiques ou transformées en déchets et en émissions qui sont rejetés dans l'environnement naturel. Une telle perspective systémique exige que toutes les entrées de matières soient égales aux sorties de matières, corrigées par les variations de stocks (principe du bilan de masse, (Ayres et Simonis 1994)).

Les modèles socio-économiques tels que les structures de production économique, la technologie, les modes de vie, les caractéristiques culturelles, etc. façonnent ces interactions société-nature et les problèmes environnementaux résultent de la quantité et de la qualité des flux physiques, tant du côté des intrants que du côté des extrants. L'environnement naturel remplit deux fonctions : il est à la fois une source de ressources naturelles et un puits de déchets et d'émissions.

#### 1.3.3.2 Conventions relatives aux comptes de flux matériels

Les CFM couvrent tous les flux de matières solides, gazeuses et liquides, à l'exception de l'eau en vrac et de l'air, qui entrent et/ou sortent de l'économie ; l'unité de mesure est la tonne métrique par an. Aux fins de la compilation des CFM-EE, le

système socio-économique spécifique étudié est l'économie nationale dans laquelle ou à partir de laquelle deux types de flux d'entrée ou de sortie de matières sont possibles. Du côté des intrants, nous faisons la distinction entre les intrants provenant de l'environnement naturel et les importations de matières en provenance d'autres économies nationales (l'économie du reste du monde (ROW)). De même, du côté de la production, nous faisons la distinction entre les sorties dans l'environnement et les exportations de matières vers d'autres économies.

Les CFM-EE sont conformes aux principes et aux limites du système de comptabilité nationale (SEEA ; UN 2017). Dans les CFM-EE, deux types de flux de matières à travers les frontières du système sont pertinents :

1. Flux de matières entre l'économie nationale et l'environnement naturel : Il s'agit de l'extraction de matières premières (c'est-à-dire brutes ou vierges) et du rejet de matières dans l'environnement naturel (déchets et émissions dans l'air et dans l'eau) ;
2. Flux de matières entre l'économie nationale et le reste du monde. Cela englobe les importations et les exportations.

Seuls les flux qui traversent la frontière du système du côté de l'entrée ou de la sortie sont pris en compte. Les flux de matières au sein de l'économie ne sont pas représentés dans les CFM-EE et les bilans. Cela signifie que l'économie nationale est traitée comme une boîte noire dans les CFM-EE et que, par exemple, les livraisons inter-industrielles de produits ne sont pas décrites.

### 1.3.3.3 Extraction intérieure utilisée et non utilisée

Les apports provenant de l'environnement naturel sont appelés « **extraction intérieure** ». Il s'agit de l'extraction ou du déplacement intentionnel de matériaux naturels par l'homme ou par des moyens technologiques contrôlés par l'homme (c'est-à-dire ceux qui impliquent de la main-d'œuvre). Toutes les matières délibérément extraites ou déplacées dans le cadre du processus d'extraction n'entrent finalement pas dans l'économie, et toutes les

matières ne sont pas déplacées avec l'intention de les utiliser dans l'économie. Nous faisons donc une distinction entre l'extraction utilisée et l'extraction non utilisée.

« Utilisé fait référence à un intrant destiné à être utilisé dans n'importe quelle économie, c'est-à-dire qu'une matière acquiert le statut de produit. [Les flux non utilisés sont des matières extraites de l'environnement sans intention de les utiliser, c'est-à-dire des matières déplacées à la frontière du système des CFM-EE à dessein et au moyen d'une technologie, mais non pour être utilisées » (Eurostat 2001, p.20). Les exemples d'extraction non utilisée sont les sols et les roches excavés pendant la construction ou les morts-terrains de l'exploitation minière, les parties non utilisées de l'abattage des arbres dans la sylviculture, les prises accessoires non utilisées dans la pêche, les parties non utilisées de la récolte de paille dans l'agriculture, et le gaz naturel brûlé à la torche ou évacué par l'atmosphère. Le terme couramment utilisé « extraction intérieure » - abrégé en DE - fait toujours référence à l'extraction « utilisée », sauf indication contraire (certains auteurs parlent également « d'extraction intérieure utilisée » avec l'abréviation DEU). Dans certaines des premières publications sur les CFM-EE, « l'extraction inutilisée » est également appelée « flux cachés ». Ce manuel n'inclut pas l'extraction non utilisée.

### 1.3.3.4 Stocks et flux

La distinction entre les stocks et les flux est un autre principe fondamental de tout système de flux de matières. En général, un **flux** est une variable qui mesure une **quantité sur une période de temps**, alors qu'un **stock** est une variable qui mesure une quantité à un moment donné. Les CFM-EE sont un concept de flux pur. Ils mesurent les flux d'entrées et de sorties de matières et les variations de stocks au sein de l'économie nationale en tonnes métriques par an. Cela signifie que les variations du stock sont prises en compte dans les CFM-EE, mais pas la quantité du stock socio-économique lui-même.

Bien que les CFM-EE soient un concept de flux, il est toujours important de définir soigneusement ce qui est considéré comme un stock matériel d'une économie nationale, car les ajouts aux

stocks et les retraits des stocks sont des éléments essentiels du cadre des CFM-EE. La définition des stocks de matières est également cruciale pour déterminer quels flux de matières doivent ou non être comptabilisés en tant qu'intrants ou ex-trants. Cela conduit à une autre définition des limites du système. Les flux d'intrants sont tous les flux de matières qui servent d'intrants pour produire ou reproduire des stocks de matières socio-économiques mesurés au moment où ils traversent la frontière du système spécifique CFM-EE. Les flux de sortie sont des rejets dans l'environnement du système socio-économique focal. Cela signifie qu'ils sont mesurés au moment où la société perd le contrôle de la localisation et de la composition des matériaux.

Dans les CFM-EE, on distingue **trois types de stocks** matériels socio-économiques : les artefacts, le bétail et les humains. Les **artefacts** sont principalement des actifs fixes fabriqués par l'homme, tels que définis dans les comptes nationaux, comme les infrastructures, les bâtiments, les véhicules et les machines, ainsi que les stocks de produits durables. Les biens durables achetés par les ménages pour la consommation finale ne sont pas considérés comme des actifs fixes dans les comptes nationaux mais sont considérés comme des stocks de matières dans les CFM-EE.

De même, la **population humaine** et le **bétail** sont considérés comme des stocks socio-économiques dans les CFM-EE. Cela signifie que pour un bilan matériel national complet, non seulement toutes les denrées alimentaires et tous les aliments pour animaux (y compris les aliments non commercialisés tels que l'herbe directement consommée par les ruminants dans les pâturages), mais aussi la respiration des hommes et des animaux doivent être pris en compte en tant qu'intrants et extrants matériels (surtout les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)).

En théorie, le calcul des variations nettes des stocks devrait également inclure les variations de la population humaine et du cheptel animal. Tou-

tefois, l'expérience montre que ces variations de stocks sont très faibles par rapport, par exemple, à l'accumulation de stocks par le biais de bâtiments, de machines ou de biens de consommation durables. Dans la pratique, les variations de la population humaine et du cheptel animal sont donc souvent ignorées.

En conséquence de cette définition des stocks socio-économiques, certains stocks matériels sont considérés comme naturels et non socio-économiques, bien qu'ils fassent partie du système de production économique. Cela s'applique aux **plantes agricoles et aux forêts**<sup>3</sup>, y compris les forêts cultivées, ainsi qu'aux **stocks de poissons** (sauf s'ils sont cultivés dans le cadre de l'aquaculture). En effet, ce n'est pas l'importance socio-économique du stock qui détermine son attribution au système socio-économique, mais plutôt le degré de contrôle qu'une société exerce sur la production et la reproduction du stock.

D'un point de vue plus théorique, il convient de garder à l'esprit que les humains colonisent - au sens où ils exercent un contrôle soutenu et organisé sur les processus naturels - de plus en plus d'éléments du monde matériel dont ils font partie (Fischer-Kowalski et Weisz 2005). L'intensité avec laquelle l'homme colonise les différentes parties de son environnement naturel n'est cependant pas répartie de manière égale. Des technologies de colonisation plus ou moins intensives peuvent être appliquées pour utiliser les différents stocks de matériaux fournis par l'environnement naturel. D'une manière générale, l'attribution des stocks au système naturel ou socio-économique est censée suivre un gradient d'intensité de la colonisation. Dans de nombreux cas, le système de production animale peut être considéré comme un système colonisé de manière plus intensive que le système de production de plantes et de bois, bien que les systèmes de pâturage extensif soient clairement beaucoup moins intensifs qu'un système de production de plantes tel que la culture du riz non décortiqué.

---

3 Selon le SCEE de l'ONU, les forêts sont considérées comme un stock socio-économique dans les comptes nationaux ; les changements dans les stocks forestiers sont définis comme des « travaux en cours ». Afin d'assurer la cohérence entre les comptes nationaux et les CFM-EE, il a été convenu que les variations nettes des stocks forestiers devaient être comptabilisées comme un poste pour mémoire dans les CFM-EE.

Il existe une autre raison plus pratique pour laquelle les plantes cultivées sont considérées comme des stocks naturels. Traiter les plantes comme des éléments de l'économie nationale obligerait à tenir compte de l'eau, du CO2 et des nutriments des plantes en tant qu'intrants primaires provenant de l'environnement. En effet, cela signifierait que la frontière du système entre une économie nationale et son environnement devrait être tracée au niveau inorganique (c'est-à-dire les nutriments des plantes, le CO2 et l'eau). Les statisticiens seraient obligés de convertir des données plutôt robustes et valables sur les récoltes annuelles de produits agricoles et de bois en estimations comparativement faibles des intrants primaires nécessaires à la production de ces plantes. En outre, toute différenciation entre les différents types de cultures serait perdue. Enfin, la signification de l'extraction de matériaux en tant qu'indicateur de pression, qui sert de substitut à l'impact environnemental qui en résulte, serait perdue. La croissance de la forêt serait interprétée comme une « augmentation de l'utilisation de matériaux ». Il est difficile d'imaginer comment de telles données pourraient être interprétées de manière significative, étant donné les limites d'un système comptable de type boîte noire tel que les CFM-EE.

Dans certains domaines, les limites du système sont difficiles à définir, par exemple lorsque le degré de contrôle des stocks de matières varie ou est susceptible d'évoluer dans le temps. On peut

citer à titre d'exemple le passage de décharges non contrôlées à des décharges contrôlées et l'importance croissante de la production de poissons par l'aquaculture par rapport à la capture de poissons dans des environnements non contrôlés. Les décharges contrôlées sont considérées comme des stocks socio-économiques, ce qui signifie que le traitement de ces stocks est une activité du système socio-économique. Toute fuite de substances dans le sol ou toute vapeur d'eau s'échappant des déchets organiques, en particulier, doit être considérée comme des émissions vers la nature. Dans la pratique, ces flux sont considérés comme faibles et donc négligeables. Les systèmes d'aquaculture doivent également être considérés comme des stocks socio-économiques. Dans ce cas, il faudrait tenir compte non pas de la production de poissons, mais des nutriments et des autres intrants, ainsi que des déchets.

### 1.3.3.5 Principe du bilan matière

Étant donné que les CFM-EE tiennent compte des matériaux qui entrent et sortent d'un système, le principe de conservation de la masse s'applique, qui stipule que la matière ne peut être ni créée ni détruite. Bien que ce principe ne soit pas universellement vrai (les réactions nucléaires sont capables de transformer la masse en énergie), il constitue une formulation suffisamment appropriée pour les relations d'échange de matière des macro-systèmes.

---

#### LE PRINCIPE DU BILAN DE MASSE PEUT ÊTRE FORMULÉ COMME SUIT :

---

$$\begin{aligned} \text{ENTRÉE} &= \text{production} + \text{entrées en stock} - \text{sorties de stock} \\ &= \text{production} + \text{variations nettes des stocks} \end{aligned}$$


---

Toutes les entrées de matières dans un système au cours d'une certaine période sont égales à toutes les sorties au cours de la même période, plus les augmentations de stock moins les sorties de stock. En principe, les variations nettes des stocks peuvent

être positives, ce qui indique une accumulation nette, ou négatives, ce qui indique un appauvrissement des stocks.

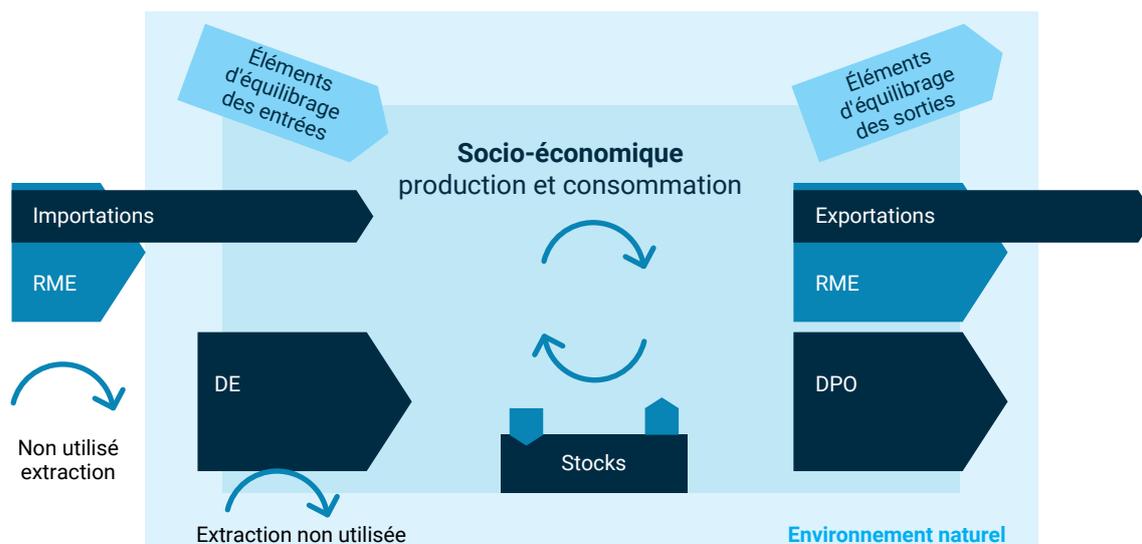
Dans les CFM-EE, le principe du bilan de masse est

utilisé pour vérifier la **cohérence** des comptes. Il offre également une possibilité d'estimer les NAS. Il convient toutefois de noter que la compilation d'un bilan matière national complet n'est pas inévitablement le résultat d'un compte des flux de matières à l'échelle de l'économie. Souvent, des comptes partiels sont compilés, se concentrant principalement sur les intrants et les flux commerciaux.

### 1.3.3.6 Typologie des flux

La figure 1.2 fournit une représentation schématique du cadre de comptabilité des flux de matières et de ses principales catégories de flux. Tous les flux qui franchissent la frontière du système socio-économique sont appelés flux directs. Dans la figure 1.2, ces flux sont colorés en bleu foncé.

Figure 1.2 Représentation schématique des CFM-EE



#### Légende

DE = extraction intérieure ; DPO = émissions dans la nature, c'est-à-dire déchets, émissions, utilisations dissipatives et pertes ; EMS = équivalents matières premières

Source: (Matthews et al. 2000, modifié).

Du **côté des intrants**, nous distinguons la DE, les importations et les éléments d'équilibrage des intrants comprenant les entrées d'eau et d'air qui doivent être prises en compte afin de compléter le bilan matière (principalement dans les processus de combustion). Du côté de la **production**, nous distinguons les exportations, les DPO et les postes d'équilibrage de la production. Enfin, les entrées et les sorties de stocks sont prises en compte, ce qui donne les variations nettes de stocks. Les principales catégories de flux de matières sont définies comme suit, avec le(s) ta-bleau(x) respectif(s) du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1) entre parenthèses :

**Extraction intérieure - DE (tableau A) :** Le flux agrégé DE couvre la quantité annuelle de matières premières

solides, liquides et gazeuses (à l'exception de l'eau et de l'air) extraites de l'environnement naturel pour être utilisées comme facteurs de production dans la transformation économique. Le terme « utilisé » fait référence à l'acquisition d'une valeur au sein du système économique. Ces matériaux comprennent la biomasse, les minéraux non métalliques (parfois également appelés minéraux de construction et industriels), les minerais métalliques et les combustibles fossiles. En ce qui concerne la teneur en eau des matières premières, la convention consiste à comptabiliser toutes les matières premières en poids frais, à l'exception de la récolte d'herbe, du fourrage directement absorbé par les ruminants et de la récolte de bois. Ces matériaux de biomasse sont pris en compte avec une teneur en eau normalisée de 15 %.

**Importations physiques directes et exportations physiques directes** (tableaux B et C respectivement) : Ces agrégats couvrent tous les produits importés ou exportés en tonnes. Les marchandises échangées comprennent des biens à tous les stades de la transformation, des produits de base aux produits hautement transformés.

**Accumulations nettes de stocks - NAS** : Les NAS mesurent la « croissance physique de l'économie », c'est-à-dire la quantité (poids) de nouveaux matériaux de construction qui s'accumulent dans les bâtiments, les infrastructures et les matériaux incorporés dans les biens durables dont la durée de vie est supérieure à un an, tels que les voitures, les machines industrielles et les appareils ménagers. Chaque année, des matériaux sont ajoutés au stock de l'économie (ajouts bruts) et d'anciens matériaux sont retirés du stock lors de la démolition de bâtiments et de la mise au rebut de biens durables (retraits). Ces matériaux déclassés, s'ils ne sont pas recyclés, sont comptabilisés dans les DPO. Les accumulations nettes de stocks ne sont donc pas calculées en équilibrant les ajouts au stock et l'épuisement du stock (comme le suggèrent les flèches de la figure 2), mais comme un équilibre statistique entre les entrées et les sorties. Outre les matériaux qui sont stockés pendant la phase d'utilisation, les produits peuvent également être stockés avant d'être utilisés ou échangés. C'est le cas, par exemple, des combustibles fossiles ou des céréales, pour lesquels les stocks peuvent être considérables. Les NAS peuvent également être négatives, c'est-à-dire qu'il s'agit de prélèvements nets sur les stocks. Presqu'aucune NAS négative n'a pas été observée dans les pays industrialisés, où les variations de stocks sont principalement liées à l'augmentation des infrastructures et des bâtiments.

**Émissions dans la nature - DPO (tableau D)** : Les DPO mesurent le poids total des matières, extraites du milieu naturel ou importées, qui ont été utilisées dans l'économie nationale avant d'être rejetées dans l'environnement. Les DPO comprennent tous les flux de déchets et d'émissions qui se produisent aux stades de la transformation, de la fabrication, de l'utilisation et de l'élimination finale de la chaîne de production-consommation. Il s'agit des émissions

dans l'air, des déchets industriels et ménagers **déposés dans des décharges non contrôlées (alors que les déchets** déposés dans des décharges contrôlées sont considérés comme un ajout au stock socio-économique), des charges matérielles dans les eaux usées et des matériaux dispersés dans l'environnement à la suite de l'utilisation des produits (flux dissipatifs). De même, les matières telles que les engrais, qui sont déployées intentionnellement dans les écosystèmes, doivent être comptabilisées en tant que DPO. Les flux de matériaux recyclés sont considérés comme des flux au sein de l'économie (par exemple de métaux, de papier, de verre) et ne sont donc pas considérés comme des sorties (ni comme des entrées).

**Les éléments d'équilibrage des entrées et des sorties (tableau E)** : Bien que les flux d'eau et d'air en vrac soient exclus des CFM-EE, les transformations des matériaux au cours du traitement peuvent impliquer des échanges d'eau et d'air qui affectent de manière significative le bilan massique. Les éléments d'équilibrage sont des estimations de ces flux, qui ne font pas partie des DE, DPO ou NAS, car ils ne sont pas inclus dans la définition de ces flux. Les éléments d'équilibrage se réfèrent principalement à la demande en oxygène de divers processus de combustion (techniques et biologiques), à la vapeur d'eau provenant de la respiration biologique et de la combustion de combustibles fossiles contenant de l'eau et/ou d'autres composés d'hydrogène. En outre, des flux d'une importance économique considérable, tels que l'azote prélevé dans l'atmosphère pour produire des engrais dans le cadre du processus Haber-Bosch ou les eaux souterraines utilisées pour la production de boissons, sont comptabilisés en tant qu'éléments d'équilibrage. Lors de la compilation de ces flux, seuls quelques processus quantitativement importants sont pris en compte et les flux sont estimés à l'aide d'équations stœchiométriques généralisées.

Après avoir défini ces catégories de flux de matières, nous pouvons maintenant écrire une équation de bilan matière national en termes de CFM-EE :

---

$$\text{DE} + \text{importations} + \text{éléments d'équilibrage des entrées} = \text{exportations} + \text{DPO} + \text{éléments d'équilibrage des sorties} + \text{NAS}$$

---

Outre ces flux directs, d'autres flux peuvent être pris en compte dans une vision plus large des CFM-EE. Il s'agit de l'**extraction non utilisée** associée aux activités d'extraction directe (voir section 1.3.3.3) et de l'**utilisation de matériaux en amont** associée aux importations et aux exportations (Eurostat 2001).

Ces dernières sont généralement appelées RME des importations et des exportations. Aucun des deux flux n'entre dans le système socio-économique focal, mais le premier, l'extraction non utilisée, reste dans le système naturel, et le second, le RME, reste dans les économies étrangères.

Le terme **RME** a été inventé pour désigner les besoins en amont de l'extraction des produits usagés associés aux importations ou aux exportations (Eurostat 2001). En tenant compte de l'utilisation des matériaux en amont, il est possible de calculer l'extraction globale de matières premières associée à la demande finale dans un pays donné ; cet indicateur est appelé Empreinte matérielle (MF ; Wiedmann *et al.*, 2015) ou **Raw Material Consumption** (RMC ; Eisenmenger, Fischer-Kowalski et Weisz 2007 ; Munoz, Giljum et Roca 2009 ; Schaffartzik *et al.* 2014a ; Schoer

*et al.* 2012). Les méthodes de prise en compte du RME se sont développées rapidement au cours des dernières années et peuvent être regroupées en trois approches différentes : (1) les approches monorégionales, qui appliquent les schémas d'utilisation des matériaux de la production nationale (appelées hypothèse de technologie nationale, DTA) aux importations (voir exemples ; Munoz, Giljum et Roca 2009) ; (2) les modèles intrants-extrants multirégionaux (MRIO), qui intègrent les modèles IO nationaux dans un modèle mondial (voir exemples ; Bruckner *et al.* 2012 ; Tukker *et al.* 2014 ; Wiebe *et al.* 2012 ; Wiedmann *et al.* 2015) ;

3) les approches hybrides du modèle d'analyse du cycle de vie-entrées-sorties (ACV-IO), qui utilisent l'approche DTA mais appliquent des coefficients d'analyse du cycle de vie (ACV) aux importations qui ne sont pas, ou pas suffisamment, représentées par les structures IO nationales (voir exemples ; Schaffartzik *et al.* 2014a ; Schoer *et al.* 2012 ; Weinzettel et Kovanda 2009). Les différentes méthodes de calcul donnent des résultats variables (Eisenmenger *et al.* 2016), et le développement de méthodes est donc toujours en cours.

## 1.4 Sources de données communes pour les CFM-EE nationaux

---

La qualité des données disponibles pour établir les CFM-EE variera considérablement entre les différentes catégories de matériaux. C'est pourquoi chacune des sections détaillées traitant des différentes catégories de matériaux possède sa propre sous-section sur les sources de données typiques pour ce matériau. Cette section introductive traite plutôt de quelques exemples illustratifs et de lignes directrices générales.

Des données relativement fiables sur les flux de matières en unités physiques sont généralement disponibles lorsqu'il existe une agence internationale

spécifiquement chargée de rassembler des données sur ces matières, lorsque les matières sont relativement faciles à mesurer en termes physiques et lorsque le pays concerné a accordé une certaine priorité au respect des exigences de cette agence en matière de rapports. Les combustibles fossiles en sont peut-être le meilleur exemple. En règle générale, les flux de matières ayant une valeur économique élevée, tels que les combustibles fossiles et les métaux ou les produits agricoles, sont bien documentés, tandis que les flux de matières ayant une faible valeur unitaire, tels que le sable et

le gravier ou les flux de déchets, sont moins bien documentés.

Dans un contexte national, plusieurs ensembles de données statistiques existantes seront disponibles et pourront être utilisés pour les CFM-EE au niveau national. Il s'agit notamment de :

- Statistiques sur l'agriculture, la sylviculture et la pêche - pour l'extraction intérieure de biomasse, y compris les cultures, le bois et le poisson ;
- Statistiques sur les mines et carrières, statistiques sur l'énergie et statistiques sur l'industrie - pour l'extraction intérieure de combustibles fossiles, de minerais métalliques et de minéraux non métalliques ;
- Statistiques commerciales - pour les matières premières, les produits semi-finis et les biens finaux échangés ;
- Statistiques sur les déchets - pour les flux de déchets dans le sol et dans l'eau ;
- Inventaires des émissions - pour les émissions dans l'air.

Ces ensembles de données sont de qualité et d'exhaustivité variables et couvrent généralement une série chronologique pouvant s'étendre sur plusieurs décennies, ce qui permet de documenter les tendances au fil du temps. **Une bonne première étape consiste à rechercher le type de données disponibles auprès d'un office statistique national ou d'autres institutions nationales chargées de la collecte de données. Cette pré-évaluation qualitative permet d'établir un niveau d'ambition adéquat et de tester la possibilité d'établir un compte de flux de matières dès le départ.** Des bases de données statistiques similaires existent au niveau international et sont constituées à partir des ensembles de données nationales.

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a conçu un système de comptabilisation des flux d'énergie pour les différentes économies nationales, et plus des deux tiers des pays du monde établissent des rapports conformément à ce système. Toute personne cherchant à compiler les CFM-EE pour les combustibles fossiles dans un pays qui rend déjà compte à l'AIE peut être certaine qu'une agence nationale rassemble déjà des données plus que suffisantes à cette fin.

En ce qui concerne la biomasse, la situation est bonne pour de nombreuses composantes telles que les principales cultures et les produits végétaux, le bétail et les produits animaux, les produits forestiers et le poisson. En effet, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) rassemble et met à disposition ces informations via les portails FAOSTAT. Lorsque les données de la FAO proviennent de données compilées par les agences nationales d'un pays, elles sont marquées comme des données officielles, indiquant au compilateur que les données devraient être directement disponibles. Dans le cas contraire, la FAO fait généralement ses propres estimations et le compilateur devra juger s'il peut obtenir de meilleures estimations au niveau local.

Lorsque les composantes sont très difficiles à mesurer directement, par exemple la biomasse pâturée, la FAO ne dispose généralement pas de données directes. Toutefois, les données communiquées à la FAO concernant les produits animaux ou le nombre de têtes de bétail sont toujours susceptibles d'être utiles à un compilateur, en tant que données d'entrée pour la réalisation d'une estimation. Dans cet exemple, le compilateur devra alors trouver des données supplémentaires sur le pâturage nécessaire par animal ou par kg de produit animal pour compléter le processus d'estimation. Ces données peuvent être disponibles auprès des agences agricoles nationales ou des instituts de recherche.

La situation des minerais métalliques est beaucoup moins favorable, car il n'existe pas d'équivalent réel de l'AIE ou de la FAO. Des agences telles que la United States Geological Survey (USGS) et la British Geological Survey (BGS) collectent des données sur la production de métaux et, dans certains cas, sur la production de minerais. Malheureusement, aucune des deux institutions ne semble avoir le même niveau de réponse internationale systématique aux questionnaires que l'AIE ou la FAO, et le problème de la comptabilisation des minerais métalliques présente des difficultés inhérentes qui ne sont pas partagées par d'autres matériaux. L'USGS et la BGS disposent d'encore moins de données sur le commerce des minerais métalliques. Il est donc probable que les meilleures données actuellement

rassemblées dans de nombreux pays soient celles qui sont destinées à la base de données des statistiques commerciales des Nations unies (UN Comtrade). Le chapitre sur les minerais métalliques détaille une proposition de solution à cette situation de données généralement médiocre, qui repose sur la mise en place de nouveaux systèmes de notification au niveau local.

La situation des données relatives aux minéraux non métalliques est généralement médiocre. Non seulement il n'existe pas d'agences internationales spécialisées dans la collecte et le regroupement systématiques de la plupart de ces données, mais les principales composantes individuelles des flux de minéraux non métalliques sont souvent des matériaux de très faible valeur unitaire (en dollars par kg). Les agrégats de construction en particulier, bien qu'énormes en volume total, sont souvent extraits par de nombreuses petites opérations individuelles, opérant souvent dans le cadre de l'économie informelle. Si certains ont établi de bons comptes, il s'agit généralement de pays à revenu élevé dotés d'offices nationaux de statistique (ONS) disposant de ressources suffisantes. Plus rarement, un pays à faible revenu fera un effort important pour assurer la conformité en matière de déclaration de l'extraction de ces matériaux. Les Fidji constituent un exemple frappant, démontrant qu'il n'y a pas de difficulté fondamentale à établir de bons comptes pour cette catégorie si le gouvernement en fait une priorité. En l'absence d'une telle priorité gouvernementale, il est probable que les données directes ne seront systématiquement enregistrées par les opérations individuelles que pour les composants de plus grande valeur et de plus faible volume, tels que les minéraux chimiques et les engrais, le ciment, etc. Les volumes d'articles de faible valeur unitaire devront probablement être estimés en appliquant des facteurs aux flux associés de plus grande valeur, par exemple les agrégats de construction peuvent être estimés à partir de la consommation de ciment, l'extraction d'argile à partir de la production de briques.

Les données commerciales sont généralement disponibles dans les statistiques commerciales nationales. Elles diffèrent des données d'extraction en ce qu'elles incluent les flux de matières à tous les stades de la transformation des matières, depuis les matières premières, les produits semi-finis et les produits finis. Les données commerciales sont déclarées en unités mixtes qui peuvent être des tonnes, des volumes ou d'autres unités physiques (telles que des feuilles, des paquets ou des nombres). Dans certains cas, les rapports se limitent à des valeurs monétaires et ne fournissent aucune mesure physique. Toutes les unités différentes doivent être converties en tonnes métriques, ce qui prend souvent beaucoup de temps. Une première étape consisterait à établir un compte fiable des importations et des exportations de matières premières qui, dans de nombreux cas, couvriraient plus de 80 % du volume total des échanges (physiques).

Les données sur les déchets et les émissions sont généralement couvertes par les rapports environnementaux traditionnels, la meilleure qualité de données étant celle des émissions dans l'air (qui peuvent facilement être liées aux processus techniques transformant les ressources en énergie). On manque généralement de données fiables sur les émissions dans l'eau et, dans de nombreux pays, les données sur les déchets peuvent également être de qualité très médiocre.

2

Extraction intérieure



## 2 Extraction intérieure

### 2.1 Biomasse

#### 2.1.1 Introduction

La biomasse comprend les matières organiques non fossiles d'origine biologique. Il s'agit d'une ressource abondante et omniprésente et tous les pays extraient de la biomasse. La majeure partie de la biomasse extraite est utilisée pour l'alimentation humaine et animale. Dans ces applications, la biomasse est une ressource non substituable. La biomasse est ensuite utilisée pour fournir de l'énergie technique (p. ex. bois de chauffage) ou comme matière première (p. ex. textiles, papier et bois de construction). Pendant la majeure partie de l'histoire de l'humanité, la biomasse a été la principale ressource matérielle pour plus de 95 % de tous les apports matériels. Depuis l'industrialisation, la part de la biomasse dans l'utilisation des matériaux a diminué pour atteindre moins de 30 % dans la plupart des pays industrialisés, alors que l'extraction et l'utilisation globales de la biomasse ont augmenté. La demande mondiale de biomasse augmente en raison de la croissance démographique, de l'évolution des régimes alimentaires et, depuis quelques années, de la production de biocarburants et du passage à des matières premières biotiques dans le cadre des stratégies d'atténuation du changement climatique et de bioéconomie.

Selon les conventions CFM-EE, l'évaluation environnementale de la biomasse comprend toute la biomasse d'origine végétale extraite par les humains et leur bétail, la capture de poissons sauvages et la biomasse d'animaux chassés. La biomasse du bétail et les produits du bétail (par exemple, le lait, la viande, les œufs, les peaux) ne sont pas comptabilisés en tant qu'extraction intérieure, mais sont considérés comme des flux au sein du système économique.

La biomasse représente 30 % du total des émissions mondiales de la DE totale (Schandl *et al.* 2017). Les valeurs d'extraction de la biomasse s'élèvent en moyenne à 3 t/cap/an au niveau mondial et varient entre 0,1 t/cap/an et 20 t/cap/an dans les pays. Dans la moyenne mondiale, la part des cultures dans la récolte totale s'élève à 35 %, les résidus de culture à 20 %, les cultures fourragères et la biomasse pâturée à 32 %, et le bois à 10 %. La pêche, la chasse et la cueillette ont une importance quantitative mineure dans la plupart des pays. La structure quantitative et qualitative réelle de la récolte de biomasse peut varier considérablement en fonction des caractéristiques régionales du système d'utilisation des terres. En général, la DE de la biomasse est la plus élevée dans les pays où la densité de population est faible et où le nombre de têtes de bétail par habitant est élevé (Krausmann *et al.* 2008).

La plus grande partie de la biomasse est utilisée au niveau national ; seuls 10 % de la biomasse mondiale sont commercialisés au niveau international. La part des exportations dans la DE mondiale augmente toutefois rapidement, en particulier pour certains produits (par exemple le soja, le blé, les fruits) et, dans certains pays, les flux commerciaux peuvent être importants. Les pays à forte densité de population sont généralement plus dépendants des importations de biomasse, tandis que les pays peu peuplés sont souvent des exportateurs nets de biomasse.

La production de biomasse est liée à un large éventail de problèmes environnementaux comprenant des questions liées à l'expansion des zones agricoles et à l'intensité de l'utilisation des sols. L'expansion de l'agriculture entraîne la déforestation et la perte de prairies naturelles et d'autres écosystèmes. L'intensité de l'utilisation des terres implique, par exemple, l'utilisation de produits agrochimiques, de machines et d'eau d'irrigation. Cela peut entraîner l'érosion et la dégradation des sols, l'épuisement

et la pollution des eaux souterraines et la perte de biodiversité. L'agriculture est également considérée comme une contribution majeure aux émissions de gaz à effet de serre (GES), les émissions provenant

d'une série de processus tels que la conversion des terres, l'élevage, l'application d'engrais et l'utilisation de combustibles fossiles.

**Tableaux 2.1** Classification de l'extraction intérieure de la biomasse.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES
			A.1.1.1.1 Riz
			A.1.1.1.2 Blé
		A. 1.1.1 Céréales	A.1.1.1.3 Mais
			A.1.1.1.4 Céréales n.c.a.
		A. 1.1.2 Racines et tubercules	
		A. 1.1.3 Cultures sucrières	
		A.1.1.4 Légumineuses	
<b>A.1 BIOMASSE</b>	A.1.1 Cultures	A. 1.1.5 Noix	
		A. 1.1.6 Cultures oléagineuses	
		A. 1.1.7 Légumes	
		A. 1.1.8 Fruits	
		A. 1.1.9 Fibres	
		A. 1.1.10 Épices, boissons, cultures pharmaceutiques	
		A.1.1.11 Tabac	
		A.1.1.12 Autres cultures n.c.a.	
		A. 1.2.1 Paille	
		A. 1.2.2 Autres résidus de cultures (feuilles de betteraves sucrières et fourragères, autres résidus de cultures)	
		A. 1.2.3 Cultures fourragères (y compris la récolte de biomasse des prairies)	
		A. 1.2.4 Biomasse pâturée	
		A. 1.3.1 Bois (bois rond industriel)	
		A. 1.3.2 Bois de chauffage et autres extractions	
		A. 1.4.1 Capture de poissons sauvages	
		A. 1.4.2 Tous les autres animaux aquatiques sauvages capturés	
		A. 1.4.3 Récolte de plantes aquatiques sauvages	
		A. 1.4.4 Récolte de plantes terrestres	
		A. 1.4.5 Captures d'animaux terrestres sauvages (y compris la chasse)	

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau A du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

## 2.1.2 Data sources and availability

Les rapports statistiques sur l'extraction de la biomasse ont une longue tradition. La plupart des fractions de la récolte de biomasse sont déclarées par les offices statistiques nationaux ou les institutions nationales concernées par l'agriculture, la sylviculture et la pêche dans leurs séries de statistiques sur l'agriculture, la sylviculture et la pêche. Les cadres comptables pour la récolte de la biomasse sont bien établis et présentent un degré élevé de normalisation et de précision au niveau international. Les sources de données nationales et internationales couvrent généralement la récolte de tous les types de cultures (1.1) et de bois (1.3), ainsi que l'extraction de biomasse par les activités de pêche et de chasse (1.4). Dans certains cas, même les résidus de culture (1.2.1 et 1.2.2), les cultures fourragères récoltées et la biomasse récoltée dans les prairies (1.2.3) sont rapportés dans les sources statistiques. La biomasse pâturée (1.2.4) n'est généralement pas estimée par les statistiques officielles. Pour ces éléments, qui sont généralement d'une grande importance quantitative, ce guide fournit des procédures d'estimation standard.

La source internationale la plus cohérente de données sur l'extraction de la biomasse est la base de données statistiques fournie par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture<sup>4</sup> (FAOSTAT). La FAOSTAT couvre un large éventail de données concernant l'agriculture, la sylviculture, la pêche, l'utilisation des terres et le système alimentaire en général, au niveau des États-nations et dans des séries chronologiques à partir de 1961. La structure des tableaux CFM-EE est compatible avec les données fournies par la FAO.

Dans un premier temps, les compilateurs doivent vérifier la disponibilité des données en examinant les ensembles de données qui sont compilés par les agences nationales conformément aux réglementations (internationales). La FAO fournit des données sur la production végétale, la production forestière et la pêche pour tous les pays du monde. Dans la mesure du possible, ces données sont basées sur les informations communiquées par les

pays. Un téléchargement des données FAOSTAT (voir « drapeaux ») révèle également quels points de données sont basés sur des données officiellement déclarées et lesquels sont basés sur des estimations de la FAO. Dans les cas où la FAOSTAT communique des données officielles, il doit exister une source locale qui collecte et communique des données officielles à la FAO ; ce bureau peut être contacté pour fournir des données directement.

La figure 2.1 présente un arbre de décision qui permet d'examiner les différentes sources de données de manière préférentielle.

En général, les données communiquées à la FAO sont beaucoup plus détaillées que celles requises pour les CFM-EE. Les données déclarées peuvent donc être utilisées pour alimenter les CFM-EE et comme données d'entrée pour les procédures d'estimation décrites ci-dessous. Les données détaillées sur le bétail, l'utilisation des terres et les bilans de matières premières fournies par la FAOSTAT sont également importantes pour fournir des données d'entrée pour les procédures d'estimation décrites ci-dessous et, en général, pour une compréhension plus approfondie de la structure physique de l'économie.

## 2.1.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données

### 2.1.3.1 Conventions CFM

**Terminologie et classification** : La terminologie et la classification des éléments et agrégats de la biomasse utilisés dans ce guide suivent généralement la terminologie utilisée par la FAO, mais peuvent différer de la terminologie utilisée dans les statistiques nationales.

**Teneur en eau** : Tous les types de biomasse se caractérisent par un taux d'humidité considérable (me), qui peut représenter plus de 95 % de la biomasse végétale vivante fraîche. Cependant, la teneur en eau varie selon les parties de la plante, les espèces et les périodes de végétation. Dans de nombreux cas, la biomasse est récoltée à un

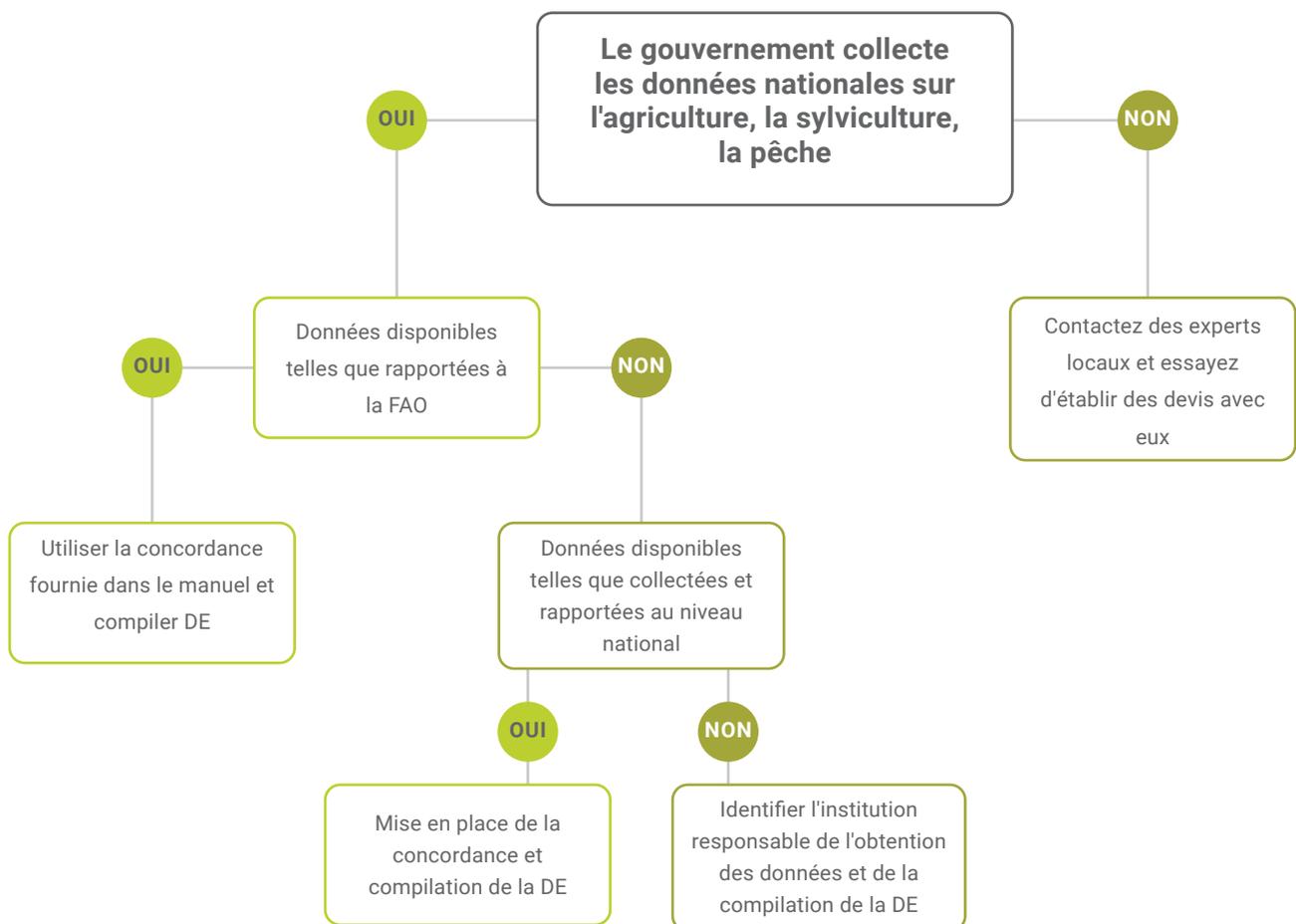
4 <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

faible taux d'humidité (par exemple, les céréales) ou séchée pendant le processus de récolte (par exemple, la fenaïson). Conformément aux statistiques agricoles, la biomasse est comptabilisée à son poids en l'état au moment de la récolte. Dans le cas des catégories 1.2.3 cultures fourragères, 1.2.4 biomasse pâturée et 1.3 bois, la teneur en eau est normalisée à 15 % conformément aux conventions CFM-EE.

**Récolte primaire et résidus de culture** : Dans de nombreux cas, le produit primaire récolté d'une culture ne représente qu'une fraction de la biomasse végétale totale. Toutefois, les résidus de culture restants ou une certaine fraction de ceux-ci peuvent faire l'objet d'une utilisation socio-économique ultérieure et sont également pris en compte dans les CFM-EE. L'exemple le plus frappant est celui de la paille (de céréales), qui peut être utilisée comme

litière pour le bétail, comme aliment pour animaux, pour la production d'énergie ou comme matière première utilisée à d'autres fins. Cela s'applique également à la récolte du bois, où l'on distingue l'abattage et l'enlèvement. Les résidus de culture qui sont labourés dans le champ ou brûlés ne sont pas comptabilisés comme DE.

**Bétail** : Selon les limites et les conventions du système CFM-EE, le bétail est considéré comme un élément du compartiment physique du système socio-économique (stock). Par conséquent, toute absorption directe de biomasse par le bétail est comptabilisée comme une extraction intérieure, tandis que le bétail et les produits du bétail sont considérés comme des produits secondaires et ne sont pas comptabilisés comme extraction intérieure. Les exceptions sont les animaux chassés et la capture de poissons sauvages (à l'exclusion



de l'aquaculture), qui sont considérés comme une extraction de l'environnement naturel et, par conséquent, comptabilisés comme DE. La biomasse absorbée par le bétail se compose d'aliments du marché (céréales, résidus de la transformation alimentaire, etc.), de cultures fourragères (betteraves fourragères, légumineuses fourragères, etc.), de résidus de cultures utilisés comme aliments (paille, feuilles de betteraves, etc.) et de biomasse pâturée. L'extraction intérieure d'aliments pour animaux est incluse dans l'extraction des cultures (A.1.1), les résidus de cultures utilisés pour l'alimentation animale, les cultures fourragères, la récolte des prairies et la biomasse pâturée sous A.1.2.

### 2.1.3.2 - A.1.1 Cultures

La récolte des cultures comprend la récolte de toutes les cultures des terres arables et des cultures permanentes. Il s'agit des principaux aliments de base provenant des terres cultivées et des jardins, tels que les céréales, les racines et tubercules, les légumineuses et les légumes, ainsi que les cultures fourragères commerciales, les cultures industrielles et tous les fruits et noix provenant de cultures permanentes. La base de données de la FAO sur la production végétale distingue environ 160 types de cultures différentes (y compris les fruits et les noix des cultures permanentes). Dans la plupart des pays, le nombre de cultures sera beaucoup plus faible ; pour les pays européens, il se situe généralement entre 30 et 50.

Des données de bonne qualité sur l'extraction des cultures sont fournies par des sources statistiques nationales et internationales et peuvent être utilisées directement pour la compilation des CFM-EE sans autre traitement. En ce qui concerne l'agrégation de la récolte des cultures individuelles au niveau à quatre chiffres, nous suivons le système de classification suggéré par la FAO, qui est également compatible avec la classification centrale des produits (CPC). Le tableau de correspondance de la FAO dans le compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1) énumère tous les types de cultures courantes (1.1.1 à 1.1.12). Les cultures non identifiées dans cette liste mais déclarées par les statistiques nationales doivent être classées en fonction du niveau à quatre chiffres ou, si cela

n'est pas possible, regroupées au point 1.1.12 (autres cultures) (par exemple, fleurs ou produits de pépinières).

La base sur laquelle le poids des cultures A.1.1 doit être enregistré est la base « tel que récolté » utilisée par la FAO. Il convient de noter que cela signifie que les différentes variétés de cultures auront des rapports matière sèche/humidité très différents.

Note sur la production de subsistance : Dans la plupart des pays, les données statistiques sur la production de cultures sont basées sur des informations relatives aux terres des exploitations agricoles et/ou aux surfaces ensemencées. Un seuil de taille minimale des exploitations agricoles peut être appliqué dans les rapports statistiques et les données sur l'utilisation des terres agricoles peuvent être fragmentaires ou de mauvaise qualité. Dans les pays où la production de subsistance à petite échelle est très importante, les données officielles peuvent donc sous-estimer les récoltes. En outre, la récolte des jardins potagers n'est généralement pas incluse dans les statistiques de récolte. Alors que dans la plupart des pays industrialisés, ce flux est relativement faible, il peut contribuer considérablement à l'approvisionnement alimentaire dans les pays à faible revenu.

Dans les cas où une sous-déclaration est probable, consultez les institutions nationales et les experts responsables des statistiques agricoles et forestières pour obtenir des informations sur l'exhaustivité des données déclarées.

### 2.1.3.3 - A 1.2 Résidus de cultures (utilisés), cultures fourragères, biomasse pâturée

#### A 1.2.1 et 1.2.2 Résidus de culture (utilisés)

Dans la plupart des cas, la récolte primaire ne représente qu'une fraction de la biomasse végétale totale du cultivar concerné. La biomasse résiduelle, telle que la paille, les feuilles, la canne à sucre, etc., fait souvent l'objet d'une utilisation économique ultérieure. Une grande partie des résidus de culture est utilisée comme litière dans l'élevage, mais les résidus de culture peuvent également être utilisés comme aliments pour animaux, pour la production d'énergie ou comme matières premières industrielles. Seule la fraction utilisée des résidus

de culture est comptabilisée comme DE. Dans de nombreux pays, il s'agit d'un flux considérable qui peut représenter 10 à 20 % de la DE de biomasse totale. Les résidus laissés dans le champ et labourés dans le sol ou brûlés dans le champ ne sont pas comptabilisés comme DE.

Les comptes des CFM distinguent deux types de résidus de culture :

1.2.1 Paille de céréales : toute la paille récoltée des céréales, y compris le maïs

1.2.2 Tous les autres résidus de culture : il peut s'agir, par exemple, des fanes et des feuilles des cultures sucrières.

Dans certains cas, tout ou partie des résidus de récolte sont pris en compte dans les statistiques agricoles nationales. Toutefois, ni la FAOSTAT ni les statistiques agricoles nationales de la plupart des pays ne fournissent de données sur les résidus de récolte. Dans les cas où les statistiques nationales fournissent des données sur la fraction utilisée des résidus de culture, celles-ci peuvent être directement utilisées pour la compilation des CFM-EE sans autre traitement. Pour la plupart des pays, cependant, la production de résidus de culture et la fraction récupérée pour une utilisation socio-économique devront être estimées :

Étape 1 : Identification des cultures qui fournissent des résidus en vue d'une utilisation socio-économique ultérieure. Dans la plupart des cas, il s'agira des céréales (1.1.1), des cultures sucrières (1.1.3) et de certaines cultures oléagineuses (1.1.6) ; ce n'est que dans des cas exceptionnels que d'autres cultures devront être prises en considération.

Étape 2 : Estimation des résidus de culture disponibles par le biais de facteurs de récolte.

La procédure utilisée pour estimer la quantité totale de résidus de culture disponibles est basée sur des relations supposées entre la récolte primaire et les résidus associés pour des cultures spécifiques. En agronomie, différentes mesures de cette relation sont utilisées : les plus importantes sont l'indice de récolte, qui indique la part de la récolte de la culture primaire par rapport à la biomasse végétale aérienne totale, et le rapport entre les grains et la paille. Ces relations sont spécifiques à chaque cultivar. Ils sont

toutefois susceptibles d'être modifiés en raison des variations des conditions environnementales (par exemple, le climat) et au fil du temps, la sélection visant à maximiser la part de culture primaire des différents cultivars. En utilisant ces relations, il est possible d'estimer la biomasse totale des résidus de la récolte des cultures primaires (équation (1)). En l'absence d'informations nationales, les facteurs de récolte moyens pour les cultures de différentes régions du monde, indiqués dans le tableau 2.2, peuvent être utilisés.

(1) Résidus de culture disponibles [t (en poids)] = récolte de la culture primaire [t (en poids)] \* facteur de récolte

Étape 3 : Estimation de la fraction des résidus utilisés

Dans la plupart des cas, seule une fraction de l'ensemble des résidus de culture disponibles sera récupérée et fera l'objet d'une utilisation ultérieure. La fraction des résidus utilisée (taux de récupération) peut être estimée sur la base de connaissances d'experts ou d'études nationales sur l'utilisation des résidus de culture. Dans les cas où aucune information fiable n'est disponible, les taux de récupération indiqués dans le tableau 2.2 peuvent être appliqués, mais il convient de noter qu'il ne s'agit que d'approximations grossières. En outre, les taux de récupération peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre au sein d'une même région et au fil du temps. La quantité de résidus de culture utilisés est calculée à l'aide de l'équation (2).

(2) Résidus de culture utilisés [t (en poids)] = résidus de culture disponibles [t (en poids)] \* taux de récupération

#### 2.1.3.4 – A. 1.2.3 et A. 1.2.4 Cultures fourragères (y compris la récolte de biomasse des prairies) et biomasse pâturée

Ces catégories englobent différents types de fourrage grossier, notamment les cultures fourragères, la biomasse récoltée dans les prairies naturelles ou améliorées et la biomasse directement broutée par le bétail. La couverture de ces flux importants dans les statistiques agricoles est généralement faible. Les principaux types de cultures fourragères peuvent être déclarés dans les statistiques de récolte (par exemple, le maïs pour l'ensilage, les

cultures fourragères légumineuses, l'herbe récoltée pour l'ensilage ou le foin). Lorsqu'il existe des bilans alimentaires nationaux, il est possible d'obtenir des estimations de la biomasse récoltée dans les prairies et de la biomasse pâturée.

Dans les cas où il n'existe pas de données fiables pour les cultures fourragères (1.2.3) et la biomasse pâturée (1.2.4), la méthode A ou B de la section 1.2.4 peut être utilisée pour estimer la demande totale en fourrage grossier. Dans ce cas, aucune extraction n'est mentionnée au point 1.2.3, l'estimation de la demande totale de fourrage grossier étant mentionnée au point 1.2.4.

**1.2.3 Cultures fourragères (y compris la récolte de biomasse des prairies)**

Cette catégorie comprend tous les types de cultures fourragères, y compris le maïs destiné à l'ensilage, les graminées et les légumineuses fourragères (trèfle, luzerne, etc.), les betteraves fourragères, ainsi que l'herbe fauchée récoltée dans les prairies pour l'ensilage ou la production de foin. Toutes les cultures fourragères commerciales telles que l'orge, le maïs, le soja, etc., qui peuvent également être utilisées pour la production de denrées alimentaires ou comme matières premières industrielles, ne sont pas incluses dans cette catégorie, puisqu'elles sont comptabilisées dans la rubrique A.1.1 Cultures.

Les cultures fourragères sont souvent mentionnées dans les statistiques agricoles nationales. La FAO a toutefois cessé de signaler les cultures fourragères lors de la récente restructuration de la base de données FAOSTAT. Dans certains cas, une normalisation de la teneur en eau est nécessaire :

Étape 1 : Les cultures fourragères dont la teneur en eau doit être normalisée doivent être identifiées. Il convient de noter que les cultures fourragères de type herbe et la biomasse récoltée dans les prairies peuvent être récoltées et utilisées soit à l'état frais (c'est-à-dire avec un taux d'humidité élevé ; pour l'alimentation immédiate ou la production d'ensilage), soit à l'état de poids sec (foin). Selon les conventions CFM-EE, ces cultures fourragères doivent être comptabilisées au poids sec dans l'air, c'est-à-dire à un taux d'humidité normalisé de 15 %. Dans les cas où aucune information sur la teneur en eau des données communiquées sur les cultures fourragères n'est disponible, une vérification approximative peut être effectuée en examinant les rendements par unité de surface. Le rendement des cultures fourragères de type herbe au poids sec de l'air [t/ha/an] est généralement de l'ordre de 2 à 3 fois le rendement des céréales (par exemple, le blé ou l'orge). Les rendements des cultures fourragères en poids frais sont beaucoup plus élevés (environ 5 à 15 fois le rendement des céréales).

**Tableau 2.2** Valeurs standard pour les facteurs de récolte (a) et les taux de récupération (b) pour les résidus de cultures courantes.

**A) LES FACTEURS DE RÉCOLTE. RÉSIDUS DE CULTURE [T (POIDS EN L'ÉTAT)] = RÉCOLTE DES CULTURES PRIMAIRES [T (SELON LE POIDS)] \* FACTEUR DE RÉCOLTE.**

Blé, autres céréales	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.7	2.3	1.0
Riz non décortiqué	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2
Maïs	3.0	1.9	3.0	3.0	1.2	3.5	3.5	1.2
Millet	3.0	1.9	3.0	3.0	1.2	3.5	3.5	1.2
Sorgho	3.0	1.9	3.0	3.0	1.2	3.5	3.5	1.2
Racines et Tubercules	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Canne à sucre	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

**Tableau 2.2** Valeurs standard pour les facteurs de récolte (a) et les taux de récupération (b) pour les résidus de cultures courantes. (suite)

	E. ASIE	E. EUROPE	AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	AFRIQUE DU NORD ASIE OCCIDENTALE	AMÉRIQUE DU NORD OCÉANIE	ASIE DU SUD ET CENTRALE	AFRIQUE SUB-SAHARIENNE	EUROPE OCCIDENTALE
Betteraves à sucre	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Légumineuses	0.4	1.0	0.4	0.4	1.0	0.4	0.4	1.0
Soja	1.2	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.2
Arachides en coque	1.2	1.2	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.2
Graines de colza, cultures oléagineuses	2.3	1.9	2.3	2.3	1.9	2.3	2.3	1.9
<b>B) TAUX DE RECOUVREMENT : RÉSIDUS DE CULTURES UTILISÉES [T (EN POIDS)] = RÉSIDUS DISPONIBLES [T (EN POIDS)]</b>								
<b>* TAUX DE RÉCU-PÉRATION.</b>								
Céréales, y compris le riz et le maïs	0.8	0.75	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.7
Racines et tubercules	0.75	0.25	0.75	0.75	0	0.75	0.75	0
Canne à sucre	0.52	0.47	0.4	0.47	0.47	0.52	0.47	0.47
Betteraves à sucre	0.75	0.25	0.75	0.75	0	0.75	0.75	0
Cultures sucrières n.c.a.	0.8	0.3	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0
Haricots secs	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0
Autres légumineuses	0.8	0.75	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.7
Autres cultures oléagineuses	0.8	0.75	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.7
Graines de tournesol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Graines de colza	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Source: Sur la base des données fournies dans les informations complémentaires de Krausmann *et al.* (2013) et Wirsenius (2000).

Étape 2 : Le poids des cultures fourragères, lorsqu'il est indiqué en poids frais (c'est-à-dire à un taux d'humidité de 60 à 80 %), doit être ramené à un taux d'humidité de 15 % en appliquant les équations (3) puis (4) :

(3) Facteur<sub>mc</sub> =  $(1 - mc_{\text{frais}}) / 0,85$  (4) Poids sec dans l'air (à 15 % de me) = poids frais (à 80 % de me, par exemple) \* Factor<sub>mc</sub>

#### 1.2.4 Biomasse pâturée

La biomasse broutée par le bétail ne figure pas dans les statistiques agricoles standard. Dans certains cas, des informations sur le pâturage sont disponibles dans les bilans alimentaires nationaux ou peuvent être obtenues auprès d'experts agricoles locaux. Ces données peuvent être utilisées pour les CFM-EE, il convient de noter que les quantités données dans d'autres unités (par exemple le poids sec ou l'énergie digestible) doivent être converties en poids sec dans l'air (15 % me) à l'aide d'informations tirées des tables de composition des aliments pour animaux ou de connaissances d'experts ou en utilisant les équations (3) et (4). Si aucune information sur la biomasse pâturée n'est disponible à partir de sources statistiques, deux méthodes d'estimation sont possibles :

- C. Estimation de la biomasse pâturée sur la base de la consommation de fourrage par tête
- D. Estimation de la biomasse pâturée sur la base de l'efficacité de la conversion alimentaire

La méthode d'estimation (A) nécessite des données sur le nombre de têtes de bétail. De telles données sont disponibles pour de nombreux pays à partir des recensements du bétail et sont généralement de qualité raisonnable. La demande en fourrage est calculée à l'aide de coefficients correspondant à la consommation moyenne d'aliments par jour et par tête. La méthode d'estimation (B) nécessite des données sur la production de viande et de lait, ainsi que des coefficients pour l'alimentation nécessaire par kg de produit réalisé. Bien que cette méthode soit plus sensible aux changements de productivité dans le temps, les données et les coefficients sont souvent moins robustes que ceux requis pour la méthode (A).

#### Méthode A : Estimation de la biomasse pâturée sur la base de la consommation de fourrage par tête

Les données sur le nombre de têtes de bétail figurent généralement dans les statistiques agricoles nationales de la plupart des pays et sont également disponibles dans la base de données FAOSTAT. Elles sont généralement de qualité raisonnable. En utilisant ces données en combinaison avec la consommation moyenne de fourrage des animaux au pâturage, il est possible d'estimer la demande de biomasse pâturée (et d'autres fourrages). Il convient de noter que l'apport quotidien de biomasse par le pâturage dépend de l'âge et du poids vif de l'animal, de sa productivité (par exemple, gain de poids, rendement laitier) et du système d'alimentation (par exemple, composition de l'alimentation). Il peut donc varier considérablement au sein d'une même espèce, en fonction des systèmes de production animale prédominants. La procédure décrite ici est une version simplifiée d'un modèle de bilan alimentaire utilisé dans les estimations de la récolte de la biomasse mondiale (voir Krausmann *et al.* (2008) et Krausmann *et al.* (2013) pour une description plus détaillée des bilans alimentaires). Le tableau 2.3 montre la gamme d'absorption de fourrage par les espèces animales dans différents systèmes de production et le tableau 2.4 présente les moyennes pour diverses espèces animales dans différentes régions du monde. Les valeurs se réfèrent au poids sec dans l'air (c'est-à-dire à une teneur en eau de 15 %) et tiennent compte du fait qu'une partie de la demande globale d'aliments pour animaux est satisfaite par les aliments du marché et les résidus de culture. La part des aliments du marché et des résidus de culture dans les aliments pour animaux (sur la base de la matière sèche, moyenne pour toutes les espèces) varie entre 5 et 50 %. Les coefficients des tableaux 2.3 et 2.4 peuvent être utilisés pour calculer les besoins totaux en fourrage pour chaque espèce d'animaux consommant du fourrage (équation (5)).

**Tableau 2.3** Consommation typique de fourrage par les animaux au pâturage

	APPORT ANNUEL POUR UN SYSTÈME D'ÉLEVAGE TRADITIONNEL [t/tête et année]	APPORT ANNUEL POUR UN SYSTÈME D'ÉLEVAGE INDUSTRIEL [t/tête et année]
Bovins (et buffles)	1–2	4–6
Ovins et caprins	0.43	0.64
Chevaux	3.0	4.3
Mules et ânes	1.8	2.6a

Les valeurs représentent la consommation annuelle de biomasse en poids sec dans l'air (15% mc) en t / tête et par an

Sources : Les valeurs sont tirées des bilans alimentaires nationaux et de la littérature (BMVEL 2001 ; Hohenecker 1981 ; Wheeler et al. 1981 ; Wir-senius 2000).

**Tableau 2.4** Estimation de la consommation annuelle de fourrage par les animaux au pâturage.

T/TÊTE/ AN	ASIE DU SUD FT CENTRALE	EUROPE ORIENTALE	AFRIQUE DU NORD & ASIE OCCIDENTALE	AMÉRIQUE DU NORD ET OCÉANIE	EUROPE OCCIDENTALE	AFRIQUE SUB- SAHARIENNE	AMÉRIQUE LATINE & CARAÏBES	EUROPE ORIENTALE	MONDE
Bovins, buffles	1.2	4.5	2.8	5.9	5.9	2.0	3.6	4.1	3.0
Ovins, caprins	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6	0.3	0.3	0.4	0.3
Chevaux	2.8	4.0	3.4	4.1	4.2	3.0	3.5	4.3	3.2
3	1.7	2.4	2.0	2.5	2.5	1.8	2.1	2.6	1.9

Les données se réfèrent à 2010 ; l'apport en fourrage comprend la biomasse pâturée, le foin et les cultures fourragères, les valeurs sont données en t (à 15%mc) /tête/an. L'apport d'aliments du marché et de résidus de culture est déjà pris en compte.

Source : Tiré de Krausmann et al. (2013).

(5) Besoin en fourrage [t à 15% mc] = bétail [nombre] \* consommation annuelle de fourrage [t à 15% mc par tête et par an]

L'absorption de fourrage peut être couverte par des cultures fourragères de type herbe, du foin ou de l'ensilage ou par le pâturage. Pour estimer l'apport de biomasse par le pâturage, l'apport total de fourrage doit être réduit de la quantité de cultures fourragères disponibles et de la récolte de biomasse des prairies (point 1.2.3) (équation (6)).

(6) Demande de biomasse pâturée [t à 15 % mc] = besoins en fourrage [t à 15 % mc] - cultures fourragères [t à 15 % mc].

### Méthode B : Estimation basée sur l'efficacité de la conversion alimentaire

Les données sur les produits animaux primaires, tels que la viande et le lait, sont généralement disponibles auprès des statistiques agricoles nationales et/ou dans la base de données FAOS-TAT. Toutefois, pour les pays en voie de développement en particulier, ces données sont probablement moins sûres que le nombre de têtes de bétail. En appliquant des coefficients de conversion alimentaire appropriés (demande d'aliments par unité de produit) aux données relatives aux produits animaux, il est possible d'estimer la demande d'aliments pour animaux et, par la suite, la biomasse

pâturée. Il est important que les coefficients d'indice de consommation appliqués tiennent compte de la structure démographique du troupeau. Cela signifie, par exemple, qu'en plus des aliments consommés par les vaches laitières productrices de lait, il faut tenir compte des aliments nécessaires aux veaux, aux génisses et aux bœufs nécessaires à l'entretien du troupeau. La production intérieure de produits animaux doit être corrigée pour tenir compte des échanges d'animaux vivants : un bœuf importé qui est abattu après l'importation sera enregistré dans les statistiques de production, mais les aliments nécessaires à la production du bœuf ont été consommés dans le pays exportateur plutôt que dans le pays importateur. Par conséquent, l'équivalent poids carcasse des animaux vivants importés et exportés doit être soustrait ou ajouté, respectivement, à la production nationale de viande. FAOSTAT fournit des données sur la production indigène de viande qui sont corrigées pour les animaux commercialisés<sup>5</sup>. Une source de sous-estimation par cette méthode résulte de l'utilisation du bétail pour des services autres que la viande et le lait. Les pays à faible revenu, en particulier, utilisent une part importante de bovins et de buffles comme animaux de trait. Les aliments utilisés pour fournir ces services ne seront pas comptabilisés selon cette méthode.

La viande doit être déclarée en termes de poids de carcasse et le lait en termes de production de lait entier. La première étape consiste à calculer les aliments nécessaires pour produire chaque type de produit animal primaire en utilisant les coefficients de conversion indiqués dans le tableau 2.5 (ou des coefficients locaux supérieurs s'ils sont disponibles) et l'équation (7). Dans un deuxième temps, la part des fourrages grossiers (cultures fourragères et biomasse pâturée) dans l'alimentation totale est calculée à l'aide de l'équation (8), en appliquant les parts de fourrages dans l'alimentation fournies dans le tableau 2.6 pour chaque région, ou des coefficients supérieurs dérivés localement s'ils sont disponibles. Si l'on dispose d'informations sur la récolte des cultures fourragères (graminées,

légumineuses, maïs pour l'ensilage), la masse des cultures fourragères disponibles doit être soustraite de la demande totale en fourrage pour obtenir la quantité de biomasse pâturée (équation (9)).

(7) Besoins en aliments pour le produit  $i$  [t à 15 % du poids] = produit  $i$  [t en poids] \* coefficient de conversion alimentaire du produit  $i$  [t/t]

(8) Demande de fourrage produit  $i$  [t à 15 % mc] = Besoins totaux en aliments  $i$  [t à 15 % mc] \* part de fourrage [%]

(9) Biomasse pâturée [t à 15 % mc] = Demande de fourrage [t à 15 % mc] - cultures fourragères [t à 15 % mc]

La méthode étant très incertaine, il convient de vérifier la plausibilité des résultats obtenus par cette procédure d'estimation en calculant la demande moyenne de fourrage par tête de bovins/buffles et d'ovins/caprins. Pour ce faire, on divise la demande estimée de fourrage pour la viande et le lait des bovins et des buffles, par exemple, par le nombre total de têtes de bétail de l'espèce (bovins et buffles). Les résultats peuvent être comparés aux valeurs moyennes de la demande indiquées dans le tableau 2.3.

5 La production indigène de viande se rapporte aux animaux indigènes, c'est-à-dire qu'elle inclut l'équivalent en viande des animaux vivants exportés et exclut l'équivalent en viande des animaux vivants importés. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

**Tableau 2.5** Coefficients d'indice de consommation.

		ASIE DU SUD ET CENTRALE	EUROPE ORIENTALE	AFRIQUE DU NORD & ASIE OCCIDENTALE	AMÉRIQUE DU NORD & OCÉANIE	EUROPE OCCIDENTALE	AFRIQUE SUB- SAHARIENNE	AMÉRIQUE LATINE & CARAÏBES.	EUROPE ORIENTALE
Bétail viande	t/t carcasse	56.4	18.1	17.1	14.9	14.3	42.2	29.9	35.4
Lait de vache	t/t lait	1.6	1.1	1.6	0.8	0.8	3.3	1.5	1.2
Viande ovine et caprine	t/t carcasse	112.9	36.2	64.5	29.9	28.5	84.4	59.7	70.8
Lait de brebis et de chèvre	t/t lait	3.1	2.3	3.2	1.6	1.7	6.6	3.0	2.5

Les valeurs se réfèrent à environ 2000 ; besoins en aliments pour animaux par unité de produit animal (t d'aliments pour animaux à 15 % par t de produit (en poids)) par région du monde. La viande correspond au poids de la carcasse (poids à l'abattage), le lait au lait entier et frais.

Source : Tableau 3.9 de Wirsenius (2000) en supposant une teneur énergétique moyenne des aliments pour animaux de 10,4 MJ/kg.

**Tableau 2.6** Part des fourrages dans l'alimentation animale par région du monde.

% d'énergie digestible	ASIE DU SUD ET ET CENTRALE	EUROPE DE L'EST	AFRIQUE DU NORD & ASIE OCCIDENTALE	AFRIQUE DU ET OCÉANIE	EUROPE OCCIDENTALE	AFRIQUE SUB- SAHARIENNE	AMÉRIQUE LATINE & CARAÏBES.	EUROPE ET CENTRALE
Bovins laitiers	65%	80%	64%	39%	43%	69%	77%	73%
Bovins de boucherie	67%	79%	64%	60%	58%	69%	77%	69%
Ovins et caprins	100%	100%	100%	80%	80%	100%	100%	100%

Les valeurs se réfèrent à environ 2000 ; les fourrages comprennent les cultures fourragères telles que les graminées, les légumineuses, le maïs pour l'ensilage et la biomasse pâturée. Valeurs en % de l'énergie digestible totale.

Source : Figure 3.28 de Wirsenius (2000, p. 139), pondérée par la teneur en énergie digestible (tableau B5 de Wirsenius (2003)).

### Biomasse pâturée pour les chevaux, les mules, les ânes et autres animaux de pâturage

Étant donné que la méthode B ne permet de calculer que la demande en fourrage des animaux qui produisent du lait ou de la viande, la demande en fourrage des autres animaux (par exemple, les

chevaux, les mules et les ânes ou les chameaux) doit être calculée en appliquant la méthode A et en utilisant les données sur la taille du troupeau (têtes d'animaux) et les informations sur la consommation moyenne de fourrage par tête et par an fournies dans le tableau 2.3 et le tableau 2.4.

### 2.1.3.5 - A.1.3 Bois

Cette catégorie comprend le bois d'œuvre ou le bois rond industriel (1.3.1) et le bois de chauffage et autres extractions (1.3.2). Il comprend le bois récolté dans les forêts ainsi que dans les plantations à courte rotation ou sur les terres agricoles.

L'extraction de bois est indiquée dans les statistiques forestières, qui font généralement la distinction entre le bois de conifères et le bois de non-conifères. Le bois des plantations à courte rotation peut également être enregistré dans les statistiques agricoles, car les forêts à courte rotation sont considérées comme des terres cultivées dans

de nombreux pays. Les bilans nationaux du bois, lorsqu'ils sont disponibles, fournissent souvent des ensembles de données plus complets, car ils incluent également le bois récolté sur des terres non boisées.

Le bois est généralement indiqué en termes de volume plutôt qu'en termes de poids. Les unités utilisées sont les mètres cubes empilés (ou empilés) et les mètres cubes solides (scm). Un mètre cube empilé est considéré comme égal à 0,70 mètre cube solide. Dans les CFM-EE, les mesures de volume doivent être converties en mesures de poids à l'aide des facteurs de conversion standard indiqués dans le tableau 2.7.

**Tableau 2.7** Facteurs standard de conversion des quantités de bois.

	DENSITÉ [t à 15 % mc / scm]
Conifères	0.52
Non-conifères	0.68
Moyenne de l'UE25 (80 % de conifères)	0.55

Ces facteurs se réfèrent à des tonnes à 15 % de teneur en humidité (mc) par mètre cube solide (mcs) pour le bois de conifère et le bois de non-conifère.

Source : Basé sur les facteurs utilisés dans les inventaires de gaz à effet de serre du GIEC (GIEC 2003).

#### Abattage par rapport aux prélèvements, et fraction d'écorce :

Les statistiques forestières, en particulier les inventaires forestiers, font parfois la distinction entre les coupes et les enlèvements. Les CFM-EE ne prennent en compte que la biomasse extraite des forêts en vue d'une utilisation socio-économique ultérieure, c'est-à-dire les extractions de bois. Toute la biomasse non enlevée (branches, porte-greffes, etc.), c'est-à-dire l'abattage moins les enlèvements, n'est pas comptabilisée dans les CFM-EE. Cette différenciation doit être prise en compte.

Une attention particulière doit être portée à la question de l'écorce, qui peut représenter jusqu'à 10 % du poids du bois de tige. Les prélèvements de bois sont généralement rapportés en scm sous écorce (c'est-à-dire sans écorce), bien que le bois soit prélevé avec l'écorce et qu'une fraction impor-

tante de l'écorce fasse l'objet d'une utilisation socio-économique ultérieure (par exemple, la production d'énergie). Afin de corriger les prélèvements de bois rapportés pour l'écorce, nous utilisons un facteur d'extension dérivé de valeurs typiques de la fraction d'écorce du bois de tige (équation (10)) :

$$(10) \text{ enlèvement du bois y compris l'écorce [t à 15 \% mc] = enlèvement du bois sous l'écorce [t à 15 \% mc] * 1,1}$$

Note sur la qualité des données et l'abattage illégal : La qualité des données sur l'extraction de bois de chauffage dans les statistiques forestières est souvent médiocre. Les statistiques forestières n'enregistrent généralement que la récolte commerciale de bois, ignorant le bois de chauffage extrait pour les besoins de subsistance ; lorsqu'elle est estimée, l'extraction de bois de chauffage n'est souvent qu'une estimation approxima-

tive. Les statistiques énergétiques nationales et internationales peuvent fournir des informations supplémentaires et de meilleures estimations sur l'utilisation du bois de chauffage. Il convient toutefois de noter que les données déclarées sur l'utilisation de la biomasse solide à des fins énergétiques peuvent inclure des résidus de bois provenant de la transformation du bois, de la biomasse autre que le bois (par exemple, des résidus de culture, du fumier séché) et de ressources secondaires (par exemple, du bois recyclé provenant de la démolition), dont aucune ne doit être comptabilisée comme DE (car il en résulterait un double comptage). Dans certains pays, l'exploitation forestière illégale peut représenter un flux d'extraction important, mais elle n'est pas prise en compte dans les statistiques forestières. Lorsque l'exploitation illégale des forêts est un problème, consultez des experts forestiers locaux ou des rapports spécifiques sur l'exploitation illégale des forêts.

#### 2.1.3.6 – A.1.4 Récolte sauvage non classée ailleurs (n.c.a.)

Les captures de poissons (1.4.1) et l'extraction d'autres animaux aquatiques (1.4.2) et de plantes

(1.4.3) sont déclarées dans les statistiques de pêche nationales et par les statistiques de pêche de la FAO<sup>6</sup> (FISHSTAT). La production de poissons et de fruits de mer issus de l'aquaculture n'est pas considérée comme une extraction intérieure, mais comme un produit secondaire de l'industrie de l'élevage (voir la section sur les principes fondamentaux). Par conséquent, seules les captures de poissons (y compris la pêche récréative) et les autres animaux et plantes extraits de systèmes d'eau douce et d'eau de mer non gérés doivent être déclarés sous les points 1.4.1 à 1.4.3.

La cueillette de plantes terrestres sauvages (1.4.4) et la chasse aux animaux terrestres sauvages (1.4.5) sont quantitativement peu importantes et ne sont prises en compte que si les données sont disponibles dans les statistiques nationales. Une conversion des individus ou d'autres unités physiques en tonnes peut s'avérer nécessaire. La version 2018 du guide de compilation CFM-EE d'Eurostat fournit une longue liste de poids moyens des espèces animales chassées (voir Eurostat (2018)).

## 2.2 Minerais métalliques

### 2.2.1 Concepts et classification

#### 2.2.1.1 Concepts

Les métaux, sous leur forme pure et non alliée, sont des éléments chimiques. Ils sont généralement solides à température ambiante (à l'exception du mercure) et tendent à être de bons conducteurs d'électricité et de chaleur, ductiles et malléables, durs et brillants. Ils représentent environ les trois quarts des éléments du tableau périodique, bien qu'ils constituent moins de 30 % de la masse de la croûte terrestre.

Les caractéristiques de dureté et de malléabilité, qui peuvent être finement contrôlées et améliorées par divers procédés métallurgiques, ont ren-

du les métaux extrêmement importants dans la technologie mécanique depuis des millénaires. Ces qualités, combinées à leurs qualités conductrices, les ont rendus indispensables dans pratiquement toutes les technologies basées sur l'électricité au cours des derniers siècles. En outre, la gamme des différents métaux utilisés ces dernières années s'est considérablement élargie, en raison des nouvelles technologies électroniques et de la nécessité de disposer d'alliages nouveaux et de meilleure qualité pour une série d'utilisations très exigeantes sur le plan physique (par exemple, dans les applications de l'industrie aérospatiale).

Les seules occurrences de métaux ayant une importance économique actuelle pour l'homme sont

6 <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>

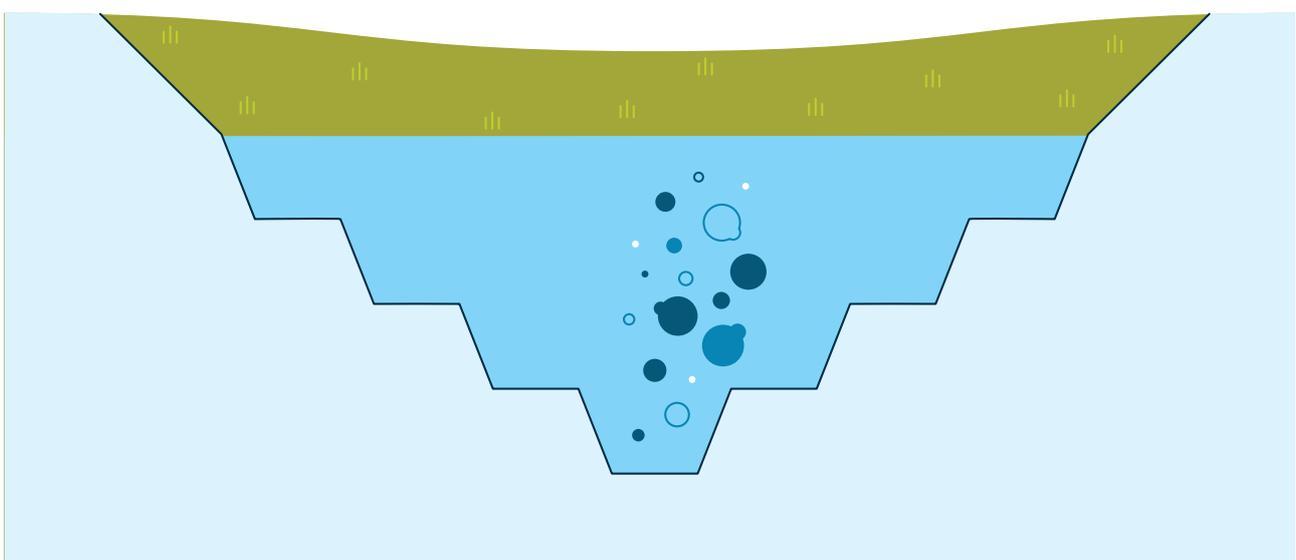
celles de la croûte terrestre. Dans ce cas, ils apparaissent principalement en combinaison chimique avec d'autres éléments non métalliques, sous forme de composés. Ces formes nécessitent généralement un traitement à forte intensité de capital et d'énergie pour obtenir des métaux sous des formes économiquement utiles. Les « minerais » métalliques peuvent être considérés comme des dépôts de composés métalliques dans la croûte terrestre qui peuvent être traités pour produire les métaux souhaités à un coût économiquement viable. Cette définition du minerai implique implicitement que le terme « minerai » est autant un terme économique que physique. Si le prix du marché d'un métal augmente, la concentration de métal contenu (ou « teneur ») à partir de laquelle une roche peut être considérée comme du minerai diminuera.

Les gisements de minerai sont généralement constitués de roches, mais dans certains cas importants, il peut également s'agir de sols spéciaux ou de dépôts de sable.

Lors de la comptabilisation de la production de minerai, il est important de savoir exactement ce qui doit être comptabilisé et où. Pour les besoins des CFM-EE, seule la partie de la roche excavée qui doit être traitée d'une manière ou d'une autre pour obtenir les métaux souhaités doit être prise

en compte. Cela signifie que tout sol ou roche qui est simplement excavé et déplacé pour accéder au minerai métallique lui-même ne doit pas être considéré comme du minerai. Dans une mine à ciel ouvert (voir figure 2.2), il s'agit de tous les morts-terrains prédécoupés, ainsi que de toutes les roches non traitées qui sont extraites au fur et à mesure de la production. En règle générale, cela signifie que la grande majorité (souvent un rapport >3:1) de la terre et de la roche excavées dans une exploitation à ciel ouvert n'est pas du tout prise en compte dans les CFM-EE. Même après l'enlèvement des morts-terrains, la plupart des roches excavées de chaque « banc » sont souvent enlevées juste pour permettre un meilleur accès aux corps minéralisés tout en conservant des angles de parois de puits suffisamment stables. Le minerai est transporté de manière sélective en vue d'un traitement ultérieur, tandis que les stériles sont enlevés et déversés directement sur une pile de déchets (généralement aussi près que possible du point d'excavation sans interférer avec la poursuite des opérations minières). En résumé, si tout ce qui se trouve à l'intérieur du « contour de la fosse » de la figure 2.2 est excavé, seule la roche contenue dans les « corps minéralisés » serait idéalement considérée comme du minerai métallique.

**Figure 2.2** Coupe transversale stylisée d'une mine à ciel ouvert, montrant la zone d'excavation totale (tout ce qui se trouve à l'intérieur du contour de la fosse), la zone de décapage et les bancs du niveau de production contenant à la fois des stériles et le minerai métallique ciblé.



Les volumes importants de stériles enlevés sur les bancs supérieurs sont généralement dictés par la nécessité de maintenir la stabilité des parois de la fosse lors de l'accès aux niveaux inférieurs. C'est l'un des principaux facteurs de la détérioration de la rentabilité de la coupe à ciel ouvert par rapport au creusement de tunnels souterrains au fur et à mesure que le gisement s'approfondit. Dans les exploitations minières souterraines, qui accèdent aux gisements en creusant des tunnels, la quantité de stériles et de morts-terrains par tonne de minerai extraite tend à être beaucoup moins importante que dans les exploitations à ciel ouvert.

Dans certains cas, les minerais d'un même gisement peuvent être traités de différentes manières, en fonction de la teneur en métal et des caractéristiques métallurgiques spécifiques du minerai. Un exemple courant est celui des minerais de cuivre à haute teneur (pourcentage élevé de Cu) qui sont directement traités par broyage et flottation, tandis que les minerais à faible teneur du même gisement sont soumis à un processus de « lixiviation en tas ». Dans les deux

cas, le traitement et l'extraction des métaux sont effectués sur la roche après l'excavation et doivent donc être considérés comme du minerai extrait.

En raison de la capacité limitée des méthodes modernes d'extraction en vrac à délimiter clairement les stériles du minerai, un mélange considérable de stériles et de minerais se produit au cours du processus d'extraction, certains stériles étant inclus dans le flux de traitement ultérieur, et certains minerais étant rejetés en tant que déchets, sans traitement ultérieur. Heureusement, pour les besoins des CFM-EE, ce problème peut être largement ignoré en comptabilisant le minerai sur la base du tout-venant (« run of mine ») (ROM). Le minerai ROM comprend déjà les éléments des stériles qui ont été mélangés au minerai (dilution du minerai) au cours du processus d'extraction. Les tonnages de minerai ROM sont généralement enregistrés à un ou plusieurs des endroits suivants :

Sur la « plate-forme à minerai », l'endroit initial où le minerai est déversé à la surface après son excavation initiale et tout concassage primaire nécessaire pour permettre son transport hors d'une mine souterraine.

Mesuré sur un pont-basculé, soit lorsqu'un camion quitte la mine pour transporter le minerai vers l'usine en vue d'un traitement ultérieur, soit à l'entrée de l'usine de traitement, soit avant d'être déversé « sur le tas » pour les opérations de lixiviation en tas.

Pour ceux qui assemblent les CFM-EE, il suffira généralement de savoir que lorsqu'une exploitation minière cite un chiffre de production de minerai, c'est sur cette base qu'elle a été mesurée, et c'est ce flux de matières primaires que nous cherchons à comptabiliser.

Il ne faut pas confondre les stériles et les décharges avec les « résidus » miniers. Les résidus sont les principaux déchets de traitement qui subsistent après la transformation/la préparation du minerai. Ils sont inclus dans les comptes des CFM-EE si le minerai a été comptabilisé correctement. Les résidus se composent principalement des parties du minerai qui ont peu de valeur économique, mais qui sont trop intimement associées aux composés métalliques précieux pour être séparées lors du processus d'excavation initial. Par rapport aux stériles, les résidus contiennent souvent des concentrations beaucoup plus élevées de métaux de valeur que les stériles, car le traitement du minerai n'extrait qu'une partie du composé métallique contenu. Le degré de récupération des métaux est le « facteur de récupération », et il est généralement indiqué comme le pourcentage de métal contenu dans le minerai qui entre dans le processus de traitement et qui est ensuite retenu dans le concentré extrait.

Les résidus ont généralement une importance économique et environnementale beaucoup plus grande que les stériles. Outre les risques de pollution et les opportunités économiques potentielles que représentent les métaux résiduels dans les résidus, ceux-ci contiennent souvent des niveaux élevés d'autres contaminants associés aux minéraux du minerai, tels que l'arsenic, le cadmium, les sulfures associés, et parfois des restes de produits chimiques utilisés lors du traitement, tels que le cyanure. En outre, ils sont généralement broyés beaucoup plus finement que les stériles et sont donc plus réactifs et susceptibles de libérer ces contaminants dans l'environnement.

La lixiviation in situ est une forme d'exploitation minière beaucoup moins importante que l'exploitation à ciel ouvert ou souterraine (à ne pas confondre avec la lixiviation en tas ou d'autres formes de lixiviation, qui désignent simplement des méthodes de traitement spécifiques appliquées au minerai après qu'il a été extrait de manière conventionnelle). Elle est évoquée ici principalement pour anticiper la question qu'elle soulève pour les CFM-EE. La lixiviation in situ consiste à injecter un solvant directement dans un corps de minerai, puis à récupérer le solvant après qu'il a dissous les métaux cibles, et à extraire les métaux de ce lixiviat. Étant donné qu'aucun minerai n'est réellement extrait en tant que tel, la meilleure façon de gérer cette situation est d'entrer le tonnage de métal extrait en tant que tonnage de minerai et de fixer la teneur en ROM à 1 000 000 parties par million (ppm) (c'est-à-dire 100 %). Cela se répercutera de manière appropriée sur le calcul du « métal contenu », qui est décrit dans la section relative à la classification ci-dessous.

Bien que le système détaillé décrit ci-après, qui utilise des enquêtes par questionnaire auprès des principaux producteurs de minéraux d'un pays, soit recommandé, son succès dépend de la coopération des exploitants miniers. Ils seront, en effet, la source principale de toutes les données. Ce système de comptabilité sera désigné par la suite comme le système basé sur le questionnaire de l'exploitant (OQB). Pour les pays où le niveau de coopération requis n'est pas possible, une méthode alternative de notification est proposée à la section 2.b. Bien que le système alternatif soit plus simple, il sera beaucoup moins précis et risque de ne recueillir que peu d'informations en dehors de celles qui sont directement applicables à l'assemblage des CFM-EE. Cette alternative se-ra appelée système de sources mixtes secondaires (SMS).

La figure 2.3 présente un organigramme permettant de décider de l'approche la mieux adaptée aux circonstances particulières du compilateur.

### 2.2.1.2 Classification - détail

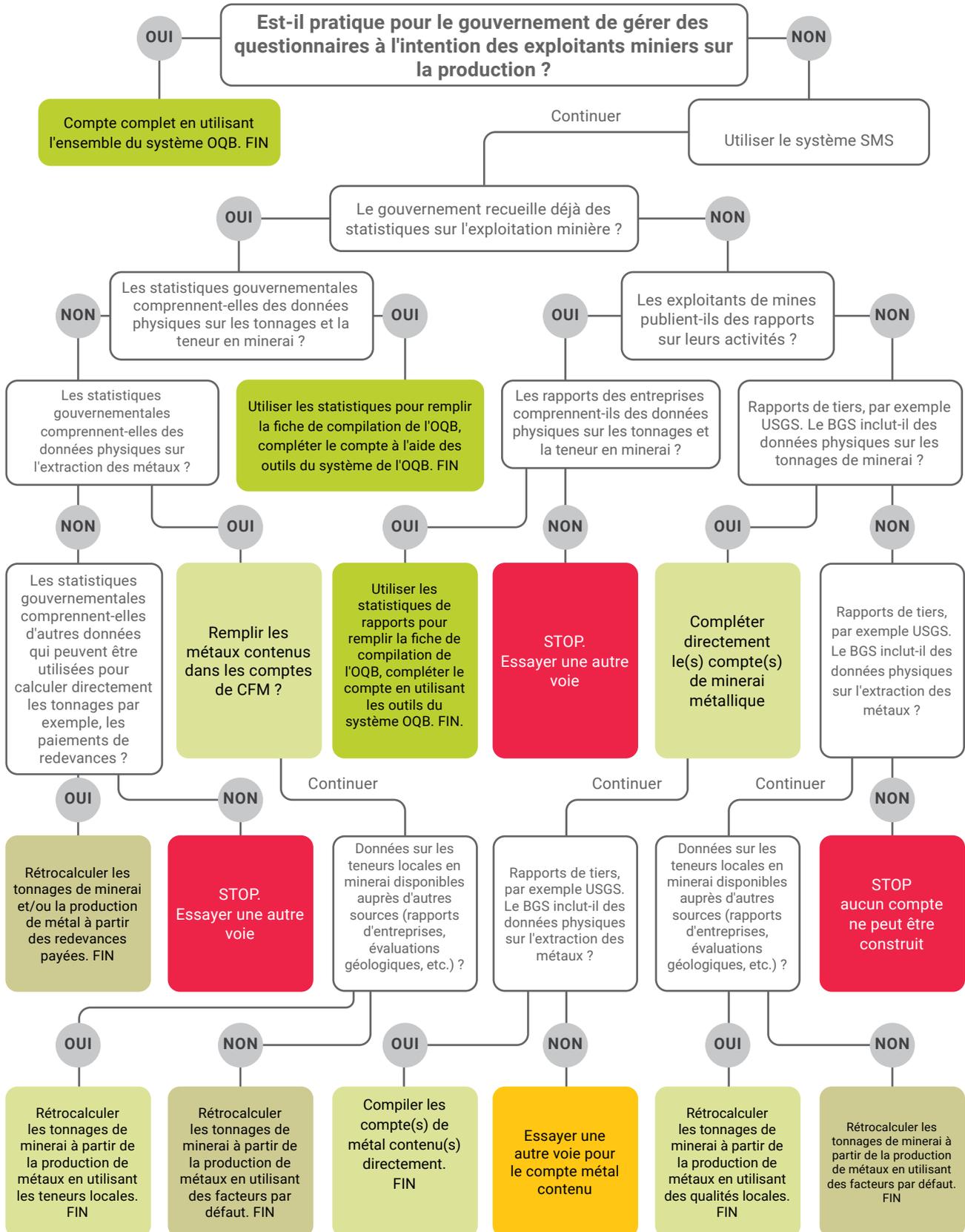
Dans les systèmes de classification précédents utilisés pour les CFM-EE, par exemple Eurostat (2013), les minerais métalliques ont été divisés en deux catégories principales, les ferreux et les non-

ferreux, les minerais métalliques non-ferreux étant ensuite subdivisés en fonction de chaque métal non-ferreux particulier, par exemple en « minerai d'aluminium », « minerai de cuivre », « minerai de zinc », etc. L'un des principaux problèmes de ce système est qu'il ne tient pas compte du fait que, dans de nombreux cas économiquement importants, les métaux sont généralement présents en combinaison les uns avec les autres, en tant que coproduits de minerais métalliques polymétalliques. Dans ce manuel, cette réalité physique a été mieux reconnue en créant trois catégories principales de minerais métalliques, une pour les minerais des deux métaux économiques les plus importants du point de vue volumétrique (le fer et l'aluminium) et une pour tous les « autres minerais métalliques ». La pratique consistant à comptabiliser séparément les différents métaux contenus dans Eurostat (2013) a été conservée sous une forme modifiée dans ce système et est devenue une composante plus importante en raison de la perte de résolution au niveau des minerais. Le système de classification révisé est utilisé dans les systèmes comptables OQB et SMS.

La révision du système de classification s'accompagne d'une révision des lignes directrices relatives à la collecte et à la compilation des données sur les minerais métalliques. Le système OQB recommandé, y compris les feuilles de travail du questionnaire à envoyer aux exploitants miniers, est incorporé dans les feuilles de calcul « [Feuilles de travail pour la compilation des minerais métalliques pour les offices statistiques nationaux](#) » et « [Questionnaire de déclaration des minerais métalliques pour les exploitants miniers](#) ». Le principal point à noter concernant le système révisé est qu'il exige la compilation d'une forme agrégée du type de données enregistrées dans le cadre des données opérationnelles de routine requises pour la plupart des exploitations minières métallifères. Bien que les exigences en matière de compilation des données soient plus importantes que dans les lignes directrices précédentes des CFM-EE, les données sous-jacentes collectées peuvent être réutilisées dans un certain nombre d'autres applications très pertinentes sur le plan politique, d'une manière qui n'était tout simplement pas possible avec les méthodes antérieures.

**Figure 2.3** Organigramme pour aider à prendre des décisions sur la meilleure façon de compiler les comptes de minerais métalliques.

Dans la mesure du possible, le recours à une voie menant à l'un des trois nœuds FINISH de couleur vert vif qui comprend l'utilisation d'au moins certains outils du système de l'OQB est susceptible de produire les résultats les plus utiles et de la plus haute qualité.



**Tableau 2.8** Classification de l'extraction intérieure des minerais métalliques et des métaux contenus.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES
<b>A.2 MINÉRAIS MÉTALLIQUES</b>	A.2.1 Minerais de fer
	A.2.2 Minerais d'aluminium
	A.2.3 Autres minerais métalliques
<b>M.2 MÉTAUX CONTENUS</b>	<i>M.2. Fe Teneur en métal des minerais de fer (pour mémoire)</i>
	<i>M.2.Al Teneur en métal des minerais d'aluminium (pour mémoire)</i>
	<i>M.2.xX Teneur en métal des minerais, où X est un élément métallique spécifique autre que le fer ou l'aluminium (pour mémoire)</i>

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau A du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

### 2.2.1.3 - A.2.1 Iron ores and A.2.2 Aluminium ores

Les minerais de fer et d'aluminium ont tous deux été classés dans des catégories distinctes en raison d'un certain nombre de caractéristiques, y compris :

- Ce sont les deux métaux les plus importants en termes de volumes utilisés. En ce qui concerne les tonnages de métaux contenus, le fer domine totalement la catégorie des métaux au niveau mondial, avec des volumes utilisés bien supérieurs à ceux de tous les autres métaux combinés. Les estimations de l'USGS (2017) indiquent qu'en 2015, du minerai de fer contenant 1,4 milliard de tonnes de fer a été extrait dans le monde. Cela représente plus de 20 fois les estimations correspondantes de l'USGS pour le volume d'aluminium, et plus de 70 fois le cuivre métallique produit en 2015 (le troisième métal le plus produit)<sup>7</sup>.
- Ces deux métaux sont très majoritairement produits à partir de minerais dont ils sont le seul métal économiquement significatif. Ce n'est pas le cas pour la plupart des autres métaux.
- Le pourcentage de métal contenu dans les minerais exploités économiquement (leur « teneur ») est largement similaire pour les minerais

de fer et les minerais d'aluminium. À l'intérieur de ces deux catégories, il est rare que les teneurs de minerais concurrents diffèrent les unes des autres d'un facteur de deux (par exemple, 65 % de Fe serait un minerai de fer à très haute teneur, 25 % de Fe serait généralement une teneur peu rentable). En revanche, des variations d'un facteur de cinq ou plus sont courantes pour les minerais dont sont extraits le cuivre, l'or, le nickel, etc. Le cuivre, par exemple, est généralement un produit économique issu de minerais dont la teneur en cuivre est comprise entre 0,2 et 2,0 %.

- La variation de la teneur entre le minerai tel qu'il est extrait et le premier produit commercialisé est beaucoup moins importante pour ces deux métaux que pour la plupart des autres métaux. Le minerai de fer et la bauxite (le seul minerai d'aluminium actuellement important sur le plan économique) sont souvent commercialisés dans un état peu différent de celui dans lequel ils ont été extraits, ou après un processus d'enrichissement qui ne fait généralement que doubler leur concentration. La bauxite telle qu'elle est extraite, ou après un lavage et un criblage rudimentaires, contient généralement déjà plus de 40 % d'alumine<sup>8</sup>.

7 La primauté du fer en termes de tonnages de minerai effectivement extraits n'est cependant pas du tout évidente. La quantité de minerai de cuivre extraite pour obtenir les 19,1 millions de tonnes de cuivre métallique produites en 2015 a été estimée à plus de deux milliards de tonnes par l'estimation du PNUE *et al.* (2017).

8 L'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) est peut-être le produit de base de l'aluminium le plus échangé en termes de tonnage. Elle constitue une étape intermédiaire dans la production de métal raffiné à partir du minerai extrait. En gros, 4 à 7 tonnes de bauxite donnent 2 tonnes d'alumine, qui à son tour donne une tonne d'aluminium métallique.

- L'exploitation rentable du minerai de fer et de la bauxite sont souvent des exercices visant à minimiser l'inclusion de contaminants autant qu'à maximiser l'inclusion du métal cible. Cet aspect n'est généralement pas aussi important pour les autres métaux, où les contaminants sont davantage traités aux stades du traitement et de l'affinage.

L'utilisation de la feuille de calcul « *Metal ore compilation worksheets for national statistical offices* » (Feuilles de travail de compilation des minerais métalliques pour les bureaux statistiques nationaux) pour compiler les comptes de minerais de fer et d'aluminium ne nécessitera donc probablement que la saisie d'une ligne pour chaque année de production de chaque gisement individuel, comme le montrent les cinq premières lignes des exemples (hypothétiques) du tableau 2.9. La structure de cette feuille de calcul, sa compilation, ses extensions et ses utilisations potentielles au-delà des CFM-EE sont abordées dans la section A.2.3 sur les « Autres minerais métalliques ».

#### 2.2.1.4 – A.2.3 Autres minerais métalliques

Cette catégorie combinée a été créée pour refléter le fait que la coproduction de différents métaux à partir des mêmes minerais est extrêmement courante, et qu'il n'y a donc pas de sens physique à parler de catégories telles que du « minerai de cuivre » et du « minerai d'or » alors que, dans de nombreux cas, il s'agit de coproduits importants issus du même minerai. L'alternative consistant à essayer d'inclure des catégories spécifiques pour les différents minerais mixtes, par exemple en ajoutant quelque chose comme une catégorie explicite de minerai « mixte cuivre-or », n'est pas réalisable en raison

de la variété même des différentes combinaisons d'éléments réellement exploités.

Dans ces conditions, l'approche adoptée ici consiste à accepter le regroupement de tous les minerais métalliques restants dans une seule catégorie, puis à extraire les informations (très importantes) sur les métaux qu'ils contiennent réellement dans une procédure d'estimation et de compilation distincte. Ce faisant, les CFM-EE de haut niveau perdront la capacité de fournir des informations sur la quantité de « minerai de cuivre »,

« minerai d'or » qui a été extrait, mais cette capacité a toujours été apparente plutôt que réelle. Les systèmes de classification antérieurs encouragent involontairement la pratique du rétrocalcul des tonnages de minerai à partir du métal produit (ce qui conduit souvent à un comptage multiple du même minerai, entre autres problèmes graves). Les efforts déployés pour corriger ce problème de comptage multiple ont entraîné d'autres problèmes, notamment la création de parcelles imaginaires de minerai à élément unique, ce qui a entraîné des teneurs apparentes en minerai beaucoup plus élevées que celles qui étaient extraites en réalité. La nouvelle approche devrait éliminer ces sources d'erreur.

Comme les minerais de cette catégorie contiennent généralement deux métaux de valeur ou plus, la simple ligne par année et par gisement que l'on trouve dans le tableau 2.9 pour le fer et l'aluminium devient plus complexe (si l'on utilise le système OQB), avec une ligne requise pour chaque métal économiquement significatif contenu dans un gisement (flux de minerais), pour chaque année de production. Les huit dernières lignes du tableau 2.9 fournissent des exemples.

**Tableau 2.9** Données relatives à un gisement hypothétique et leur saisie dans la feuille de calcul « Minerai extrait pour les ONS ».

Mine de fer A	2015	25,000,000	A.2.1	M.2.Fe	580,000	62,500,000
Mine du désert A1	2015	10,000,000	A.2.1	M.2.Fe	570,000	13,000,000
Mine du désert A2	2015	7,000,000	A.2.1	M.2.Fe	470,000	21,000,000
Weipa A	2015	18,000,000	A.2.2	M.2.Al	200,000	27,000,000
AlMine	2015	10,000,000	A.2.2	M.2.Al	170,000	21,000,000

**Tableau 2.9** Données relatives à un gisement hypothétique et leur saisie dans la feuille de calcul « Minerai extrait pour les ONS ». (suite)

ID_FLUX_MINERAI	ANNÉE	MINERAI ROM (tonnes)	TYPE DE MINERAI	MÉTAL	GRADE ROM (ppm)	STÉRILES (tonnes)
Bonanza A	2015	25,000,000	A.2.3	M.2.Cu	5,000	102,500,000
Bonanza A	2015	25,000,000	A.2.3	M.2.Au	0.9	102,500,000
Bonanza A	2015	25,000,000	A.2.3	M.2.Ag	5	102,500,000
Bonanza A	2015	25,000,000	A.2.3	M.2.Mo	105	102,500,000
Bonanza B	2015	13,000,000	A.2.3	M.2.Cu	12,000	78,000,000
Bonanza B	2015	13,000,000	A.2.3	M.2.Mo	300	78,000,000
Mines diverses groupe A	2015	5,000,000	A.2.3	M.2.Zn	50,000	17,500,000
Mines diverses groupe A	2015	5,000,000	A.2.3	M.2.Pb	30,000	17,500,000
Mines diverses groupe A	2015	5,000,000	A.2.3	M.2.Ag	30	17,500,000
Mine de fer A	2016	29,000,000	A.2.1	M.2.Fe	603,200	58,750,000
Mine du désert A1	2016	9,200,000	A.2.1	M.2.Fe	524,400	10,660,000
Mine du désert A2	2016	7,700,000	A.2.1	M.2.Fe	460,600	21,840,000
Weipa A	2016	17,640,000	A.2.2	M.2.Al	228,000	21,600,000
AlMine	2016	10,000,000	A.2.2	M.2.Al	176,800	24,780,000
Bonanza A	2016	24,500,000	A.2.3	M.2.Cu	5,600	118,900,000
Bonanza A	2016	24,500,000	A.2.3	M.2.Au	1,0	118,900,000
Bonanza A	2016	24,500,000	A.2.3	M.2.Ag	4	118,900,000
Bonanza A	2016	24,500,000	A.2.3	M.2.Mo	126	118,900,000
Bonanza B	2016	10,400,000	A.2.3	M.2.Cu	10,800	82,680,000
Bonanza B	2016	10,400,000	A.2.3	M.2.Mo	246	82,680,000
Mines diverses groupe A	2016	4,400,000	A.2.3	M.2.Zn	56,000	15,750,000
Mines diverses groupe A	2016	4,400,000	A.2.3	M.2.Pb	25,200	15,750,000

Source : Feuille de travail de « Feuilles de travail pour la compilation des minerais métalliques à l'intention des offices statistiques nationaux »

### 2.2.1.5 Métaux contenus

La convention d'utilisation du préfixe M.2 pour les métaux contenus a été adoptée à partir d'Eurostat (2013), mais le détail a changé. Lorsque différents métaux ont été identifiés par l'ajout de numéros supplémentaires dans le système précédent (par exemple M.2.2.1 pour le cuivre, M.2.2.2 pour le nickel), dans le système utilisé ici, le symbole utilisé pour l'élément métallique dans le tableau périodique est simplement ajouté, de sorte que M.2.Cu est pour le cuivre, M.2.Ni pour le nickel. Cette méthode présente l'avantage de permettre une dérivation simple et logique de l'identifiant de chaque métal et d'être facilement et logiquement extensible pour inclure tout élément susceptible de devenir important pour l'exploitation minière (à la fois en tant que produit et en tant que contaminant).

Si l'on utilise le système OQB, le métal contenu peut être calculé manuellement directement pour chaque flux de minerai, si nécessaire, en tant que produit du tonnage ROM \* teneur ROM / 1 000 000. Sinon, le métal contenu pour chaque métal individuel, totalisé pour tous les flux de minerais, est calculé en exécutant la macro sur la feuille de calcul « *Outil de base pour les rapports sur les minerais métalliques* », où le résultat est donné à l'extrême droite.

## 2.2.2 Sources et disponibilité des données

### 2.2.2.1 Sources et disponibilité des données à l'aide du système OQB

La source de données pour ceux qui utilisent le système OQB devrait être les questionnaires renvoyés par les exploitants miniers. Les données requises auront généralement été enregistrées sous une forme détaillée dans le cadre des activités courantes de la quasitotalité des exploitations minières importantes. La disponibilité de ces données dépendra donc réellement de la volonté des exploitants miniers de les fournir et/ou de la volonté du gouvernement d'exiger qu'elles soient communiquées et mises à la disposition du service national de statistique compétent.

L'ONS doit utiliser la feuille de calcul « *Metal ore compilation worksheets for national statistical offices* » pour guider la compilation des données à

partir des questionnaires renvoyés. Elle comporte une page de notes et deux feuilles de travail principales pour la collecte des données. La feuille de calcul « *Minerai extrait pour les ONS* » est la plus essentielle pour les CFM-EE de base, car elle traite directement des tonnages de minerais métalliques extraits. Toutefois, pour le pays qui compile les données, l'extension de la collecte des données pour couvrir les champs de la feuille de calcul « *Minerai traité et expédié pour les ONS* » améliorera considérablement l'utilité des données collectées pour de nombreuses utilisations importantes dans le cadre de la formulation des politiques. Ce point sera abordé plus en détail dans la section 2.2.3.

La feuille de calcul « *Questionnaire de déclaration des minerais métalliques pour les exploitants miniers* » est destinée à être utilisée par les exploitants miniers individuels dans un but de déclaration. Idéalement, l'exploitant minier sera en mesure de remplir directement les feuilles de calcul *Minerai extrait pour l'exploitant (annuel)* et *Exploitant traitement\_Expédition (annuel)*. Toutefois, si les informations sous-jacentes plus détaillées n'ont pas été précédemment regroupées pour être rapportées sur une base annuelle, les feuilles de calcul *Minerai extrait pour l'exploitant (lot)* et *Exploitant Traitement\_Expédition (lot)* peuvent être utilisées, l'agrégation appropriée étant alors effectuée.

### 2.2.2.2 Sources et disponibilité des données à l'aide du système SMS

Si l'utilisation du système OQB est jugée peu pratique, la recherche de données de substitution sera souvent un processus largement adapté et il variera fortement en fonction des dispositions actuelles en matière de déclaration de la production de minéraux dans chaque pays.

La première étape doit consister à trouver l'autorité nationale compétente chargée de l'octroi des licences et de la surveillance des opérations minières, et à s'y référer, afin de déterminer le niveau de déclaration de la production de minéraux qui est exigé. Il se peut que plusieurs autorités gouvernementales détiennent des informations pertinentes, par exemple les départements des mines, des ressources primaires, de l'environnement, etc. Dans certains cas, les gouvernements exigent que des données détaillées

sur la quantité et les caractéristiques du minerai extrait soient communiquées chaque année par tous les exploitants miniers.<sup>9</sup> Dans d'autres cas, il semble que peu de rapports sur les résultats physiques de l'exploitation minière soient exigés, les rapports obligatoires se limitant en grande partie aux rapports financiers. Ce dernier type de données n'est pas très utile pour les besoins des CFM-EE, bien qu'il puisse être combiné avec d'autres données sur les caractéristiques géologiques des gisements minéraux exploités dans un pays, et les prix des métaux, pour rétrocalculer le minerai extrait<sup>10</sup>.

Si la déclaration directe et détaillée des produits miniers physiques n'est pas obligatoire, il est possible que des données de substitution utilisables soient déclarées lorsqu'un régime fiscal de redevances ou de location de ressources s'applique. Ceci est particulièrement utile lorsqu'un système de redevances utilise un paiement fixe par tonne de minerai extrait, mais même un système basé sur les métaux extraits peut fournir des informations utiles. Ces informations doivent être détenues par les services fiscaux nationaux ou provinciaux, ou par le service responsable de l'administration des activités minières. Ces données sont très certainement détenues dans des juridictions où les gisements de minéraux souterrains restent la propriété de l'État et où leur exploitation s'effectue dans le cadre d'un système de concession délivré par le gouvernement.

Les rapports des entreprises constituent une troisième source potentielle de données. Il est courant que les entreprises fournissent de nombreux détails sur la production de minerai et les tonnages

de métal produits dans leurs rapports annuels ou trimestriels. Là encore, l'étendue, la qualité et l'utilité des données obtenues à partir de ces rapports varieront considérablement et dépendront fortement des normes d'information des entreprises exigées dans chaque juridiction. Même lorsque les normes d'information dans le pays où les opérations sont physiquement basées sont faibles, il est possible que des informations de meilleure qualité soient disponibles dans les rapports des sociétés qui doivent être déposés dans le pays où les sociétés sont domiciliées.

Dans de nombreux pays, la production volumétrique de l'industrie minière est dominée par un petit nombre de grandes exploitations. Dans ce cas, il peut être possible de produire une bonne estimation de l'extraction nationale de minerais métalliques à partir d'un nombre relativement restreint de rapports d'entreprises. Dans ce cas, même si les rapports officiels des entreprises manquent ou sont peu détaillés, il peut être possible d'établir une estimation raisonnable de l'extraction des minerais métalliques en recherchant des sources non officielles en ligne<sup>11</sup>.

9 Par exemple, le Ministère des Mines et du Pétrole d'Australie occidentale précise que, dans le cadre d'un rapport environnemental annuel, les exploitants miniers doivent fournir des détails sur les activités d'exploration, le minerai traité, les déchets déplacés, les minéraux produits et les taux de récupération (voir la section 6.4. sur <http://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Environment/ENV-MEB-108.pdf>). Les Fidji exigent un peu moins de détails (voir le « formulaire 14 » annexé à [http://www.pacii.org/fj/legis/consolact\\_OK/ma81/](http://www.pacii.org/fj/legis/consolact_OK/ma81/)), tandis que le niveau de rapport spécifié dans les articles 37 et 38 de la loi mongole sur les minéraux (voir <http://faolex.fao.org/docs/texts/mon37842.doc>) est un exemple où l'accent mis sur les aspects financiers rend le rapport obligatoire moins utile pour les CFM-EE.

10 Le processus de rétrocalcul de la DE des minerais métalliques à partir du métal produit est très sujet aux erreurs et n'est réellement réalisable que lorsque le nombre de gisements dominant la production nationale est très faible. Le rétrocalcul à partir de données financières est encore plus délicat et ne doit être effectué qu'en dernier recours.

11 Wikipédia, par exemple, peut contenir une liste d'opérations minières pour un pays donné, et les entrées relatives à ces opérations individuelles peuvent ensuite renvoyer à diverses sources de référence, dont des rapports géologiques, des évaluations historiques et des prospectus, qui peuvent tous contenir des détails sur le type de gisement minéral et parfois sur les opérations proprement dites. Des informations géologiques détaillées sur les principaux gisements peuvent être très importantes si les estimations de l'extraction de minerai doivent finalement être basées sur un rétrocalcul à partir des chiffres financiers / de la production de métal.

Enfin, il existe des ensembles de données internationales compilées par des agences telles que l'USGS et le BGS. Ces ensembles de données sont essentiellement de grande qualité dans ce qu'elles rapportent, cependant, elles ne rapportent principalement que la production (et le commerce) des métaux pour la plupart des principaux métaux. Les tonnages de minerais sont largement absents (le minerai de fer et la bauxite sont des exceptions). Cela signifie que les tonnages de minerai requis pour les CFM-EE doivent être recalculés à partir de la production de métal, et sont donc soumis au large éventail d'erreurs et d'incertitudes que cette procédure introduit. En outre, les sources de données utilisées par ces agences pour compiler ces ensembles de données sont largement limitées par la qualité des rapports primaires exigés au niveau du gouvernement et/ou de l'entreprise dans chaque pays<sup>12</sup>. Si ces normes sont faibles dans un pays spécifique, l'ONS de ce pays ne doit pas s'attendre à ce que les données pour son pays provenant de ces sources (USGS, BGS) soient aussi bonnes que les données provenant des mêmes sources pour les pays dont les normes de déclaration obligatoires sont élevées.

S'il utilise le système SMS pour compiler les comptes, le service national de statistique responsable doit chercher à obtenir des données sur les tonnages de minerai directement auprès des sources indiquées cidessus. S'il n'y a pas d'autre choix que de recalculer le minerai extrait à partir du métal extrait, il existe alors un certain nombre de sources d'erreur majeures qui doivent être contrôlées dans la mesure du possible. Ces questions sont abordées à la section 2.2.3.5.

### 2.2.3 Méthodes comptables et orientations pratiques pour la compilation des données

La section suivante se concentre sur la description des deux principales feuilles de calcul utilisées par un ONS pour compiler les données collectées

auprès des exploitants miniers par le biais d'un questionnaire. Les questionnaires fournis aux exploitants miniers, également sous forme de feuilles de calcul Excel, sont également traités brièvement, mais la documentation principale pour leur utilisation est fournie sur les feuilles de calcul du questionnaire elles-mêmes.

Une section est également consacrée aux sources d'erreur les plus importantes pour ceux qui choisissent d'utiliser le système SMS pour assembler les comptes de minerais métalliques plutôt que le système OQB basé sur des questionnaires.

#### 2.2.3.1 Utilisation du système OQB

Cette section fournit une description détaillée et quelques exemples illustratifs de l'utilisation des deux feuilles de calcul qui sont essentielles à la compilation des comptes de minerais métalliques à l'aide du système OQB. Des instructions d'utilisation de base sont également fournies sur les feuilles de calcul elles-mêmes.

#### 2.2.3.2 Feuille de calcul « Minerai extrait pour les ONS »

La structure de la feuille de calcul extraite est présentée dans le tableau 2.9. Toutes les données spécifiées dans cette section devraient idéalement être obtenues soit directement auprès des exploitants miniers, si possible, soit auprès d'agences nationales chargées de collecter des données sur les opérations minières. S'il n'existe pas de dispositions centralisées de ce type, il convient d'en envisager la mise en place. Si des données très détaillées sur les activités minières peuvent être très sensibles sur le plan commercial, les données plus agrégées requises ici devraient l'être moins, en particulier pour les années antérieures à l'année en cours. La nature des données requises pour chaque colonne est décrite cidessous :

12 Extrait du site web du BGS, <https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/worldStatistics.html> « Les informations contenues dans l'ensemble de données et les publications associées sont compilées à partir d'un large éventail de sources : ministères nationaux et étrangers, offices statistiques nationaux, autorités spécialisées dans les produits de base, rapports d'entreprises et un réseau de contacts dans le monde entier. »

### Ore\_Stream\_ID

Il s'agit simplement d'un champ d'identification utilisé pour identifier les flux de minerai individuels. Dans les cas les plus simples et les plus courants, l'Ore\_Stream\_ID doit correspondre à la production d'une mine ou d'un gisement de minerai individuel pour une année.

Malheureusement, il n'est pas rare qu'une mine possède plusieurs gisements et/ou plusieurs flux de minerai provenant d'un même gisement, dont les caractéristiques métallurgiques clés et les processus de traitement varient considérablement. Dans d'autres cas, les minerais provenant de plusieurs sources distinctes dans l'espace peuvent être mélangés avant d'atteindre le lieu où ils sont mesurés pour la première fois. C'est pourquoi ce champ ne s'appelle pas simplement « DepositJD » ou « Mi-neJD ».

Le label à utiliser ici est créé de préférence par l'agence qui compile le compte à partir des données opérationnelles provenant des opérations minières individuelles. Les points clés de l'attribution d'un Ore\_Stream\_ID efficace sont qu'il reflète un point postérieur à l'excavation où les caractéristiques clés du minerai (tonnage, teneur) peuvent être évaluées/moyennées sur une année, avant que le minerai n'entre dans un processus d'enrichissement/de traitement supplémentaire.

Dans les exemples donnés dans le tableau 2.9, la « mine de fer A » représente le cas le plus simple, où une mine particulière a un flux de production, qui est soit vendu directement, soit introduit dans un autre flux de transformation. Les expressions « Desert Mine A1 » et « Desert Mine A2 » désignent une mine ou un groupe de mines ayant deux flux de production de minerai très différents, par exemple une mine de fer où un flux de minerai à haute teneur est directement exporté et où un autre flux de minerai à faible teneur est stocké (séparé des stériles) en vue d'une valorisation future avant la vente.

L'exemple de « Bonanza A » et « Bonanza B » montre comment, dans le cas de « 2.3 autres minerais métalliques », une ligne doit être saisie pour chaque métal enregistré pour chaque Ore\_Stream\_ID. Ici, Bonanza sera le nom de la mine ou du groupe de mines. Bonanza produit deux flux de minerai

distincts, A et B. Le flux de minerai de Bonanza A a été analysé pour sa teneur en cuivre, en or, en argent et en molybdène, tandis que celui de Bonanza B n'a été analysé que pour le cuivre et le molybdène.

### Année

Il s'agit de l'année pour laquelle les données enregistrées s'appliquent. La façon dont les données agrégées collectées dans le cadre des activités minières sont organisées déterminera s'il s'agit d'années civiles ou d'années financières.

### Minerai ROM (tonnes)

Le tonnage total estimé de minerai ROM extrait via un Ore\_Stream\_ID pour l'année concernée.

#### Type de minerai

Le code d'identification de la catégorie de matériaux CFM-EE, c'est-à-dire l'un des codes A.2.1, A.2.2 ou A.2.3, pour les minerais de fer, les minerais d'aluminium ou les autres minerais métalliques respectivement.

### Qualité ROM (ppm)

Il s'agit de la concentration moyenne estimée pour l'un des métaux dans un flux de minerai, moyennée sur l'année concernée. Une valeur doit être attribuée à chacun des métaux ciblés. Toutefois, si des données sont également disponibles pour des métaux accessoires, en particulier s'ils présentent un intérêt économique potentiel pour l'avenir ou s'ils sont particulièrement sensibles du point de vue de l'environnement, il convient également de les consigner. Le nombre de ces métaux individuels pour lesquels il existe des données détermine en fin de compte le nombre de lignes individuelles saisies sous un Ore\_Stream\_ID pour une année.

La concentration est déterminée sur une base pondérale, en ppm, c'est-à-dire qu'une teneur de 1 500 pour A.2.Cu signifie que chaque tonne de minerai contient 1 500 grammes de cuivre pur.

Pour de nombreux métaux, les données originales indiquent la teneur en pourcentage. Dans ce cas, la conversion se fait simplement en multipliant par 10 000. Dans certains cas, les teneurs peuvent être données dans un composé clé du métal, par exemple U3O8. Pour convertir ces teneurs sur la

base du métal uniquement utilisée ici, il convient de déterminer la fraction pondérale du métal comme indiqué dans les exemples du tableau 2.10, et d'appliquer ce facteur supplémentaire pour terminer la conversion de la teneur. Une teneur de 37 pour cent de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doit être convertie en 37 x 10 000 x 0,684 = 253 080 ppm.

**Stériles (tonnes)**

Si elles sont disponibles, les données relatives à la

quantité de stériles et de morts-terrains excavés au cours de l'année pour accéder aux minerais métalliques associés à chaque Ore\_Stream\_ID doivent être enregistrées ici. Bien que tous les champs jusqu'à ce point soient fondamentaux pour établir les comptes de minerais métalliques CFM-EE, ce flux n'est pas essentiel pour les CFM-EE, et est donc optionnel. Cette quantité est importante dans certains autres systèmes de déclaration des flux de matières et a des implications environnementales en soi.

**Tableau 2.10** Comment convertir les teneurs de composés métalliques en teneurs de métaux seuls.

**FACTEURS DE CONVERSION POUR LES TENEURS DE COMPOSÉS MÉTALLIQUES SUR UNE BASE UNIQUEMENT MÉTALLIQUE**

		ÉLÉMENT 1	ÉLÉMENT 2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al	0
	Poids atomique	26.982	15.999
	Atomes	2	3
	Poids total	53.964	47.997
	Fraction de poids	<b>0.529</b>	0.471
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Cr	0
	Poids atomique	51.996	15.999
	Atomes	2	3
	Poids total	103.992	47.997
	Fraction de poids	<b>0.684</b>	0.316
TiO <sub>2</sub>		Ti	0
	Poids atomique	47.867	15.999
	Atomes	1	2
	Poids total	47.867	31.998
	Fraction de poids	<b>0.599</b>	0.401
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>		U	0
	Poids atomique	238.03	15.999
	Atomes	3	8
	Poids total	714.09	127.992
	Fraction de poids	<b>0.848</b>	0.152

### 2.2.3.3 Feuille de calcul « Minerai traité\_ expédié pour les ONS »

Les données spécifiées sur la feuille de calcul « *Minerai traité\_et\_expédié pour les ONS* » ne sont pas nécessaires pour les CFM-EE de base. Elles sont toutefois essentielles pour rendre les données collectées sur la feuille de travail « *Minerais extraits pour les ONS* » beaucoup plus utiles dans un certain nombre de rôles pratiques et politiques non liés aux CFM-EE. Si une agence nationale a l'intention de mettre en place les processus de collecte de données nécessaires pour remplir la fiche de travail « *Minerai extrait pour les OSN* », elle sera déjà bien placée pour collecter les données supplémentaires requises pour cette fiche de travail, et obtiendra une utilité beaucoup plus importante de la procédure.

Un exemple hypothétique de la manière dont ce tableau pourrait être rempli est présenté dans le tableau 2.11. Dans la pratique, un grand nombre d'entrées pour les six premiers champs de cette feuille de calcul sont susceptibles de refléter, ou d'être proches, des entrées pour la même année sur la feuille de calcul « *Minerai extrait pour les ONS* », avec la même « SourceJD ». Comme pour les données de la feuille de calcul « *Minerai extrait pour les ONS* », les exploitants miniers auront probablement enregistré les données requises avec beaucoup plus de détails temporels que ce qui est requis pour ce tableau. Le questionnaire destiné aux exploitants miniers contient des feuilles de calcul facultatives qui peuvent être remplies si l'exploitant ne dispose pas déjà de ces données résumées sur une base annuelle.

**Tableau 2.11** Exemple hypothétique de données sur le traitement et la vente de minerais.

Mine de fer A	2015	25,000,000	A.2.1	M.2.Fe	580,000	100%	1
Mine du désert A1	2015	10,200,000	A.2.1	M.2.Fe	575,000	70%	1
Weipa A	2015	17,800,000	A.2.2	M.2.AI	200,000	100%	1
AlMine	2015	10,600,000	A.2.2	M.2.AI	170,000	60%	1
Bonanza A	2015	30,000,000	A.2.3	M.2.Cu	5,200	75%	1
Bonanza A	2015	30,000,000	A.2.3	M.2.Au	1	55%	1
Bonanza A	2015	30,000,000	A.2.3	M.2.Ag	4	30%	1
Bonanza A	2015	30,000,000	A.2.3	M.2.Mo	95	50%	0
Bonanza B	2015	12,500,000	A.2.3	M.2.Cu	12,000	60%	1
Bonanza B	2015	12,500,000	A.2.3	M.2.Mo	300	70%	1
Est	2015	7,500,000	A.2.3	M.2.Zn	64,000	85%	1
Est	2015	7,500,000	A.2.3	M.2.Pb	28,000	65%	1
Est	2015	7,500,000	A.2.3	M.2.Ag	38	45%	0
Mine de fer A	2016	23,000,000	A.2.1	M.2.Fe	530,000	100%	1
Mine du désert A1	2016	9,800,000	A.2.1	M.2.Fe	520,000	72%	1

**Tableau 2.11** Exemple hypothétique de données sur le traitement et la vente de minerais. (suite)

ID_FLUX_MINERAI	ANNÉE	ENTRÉE (TONNES)	TYPE DE MINERAI	MÉTAL	TENEUR D'ENTRÉE (ppm)	FACTEUR DE RÉCUPÉRATION	VENDU
Weipa A	2016	18,000,000	A.2.2	M.2.AI	200,000	100%	1
AlMine	2016	11,200,000	A.2.2	M.2.AI	170,000	62%	1
Bonanza A	2016	28,000,000	A.2.3	M.2.Cu	4,900	77%	1
Bonanza A	2016	28,000,000	A.2.3	M.2.Au	1	53%	1
Bonanza A	2016	28,000,000	A.2.3	M.2.Ag	6	32%	1
Bonanza A	2016	28,000,000	A.2.3	M.2.Mo	95	70%	0
Bonanza B	2016	14,000,000	A.2.3	M.2.Cu	11,000	63%	1
Bonanza B	2016	14,000,000	A.2.3	M.2.Mo	290	71%	1
Bonanza C	2016	6,000,000	A.2.3	M.2.Cu	2,850	55%	1
Bonanza C	2016	6,000,000	A.2.3	M.2.Mo	400	35%	1
Est	2016	9,000,000	A.2.3	M.2.Zn	69,000	82%	1
Est	2016	9,000,000	A.2.3	M.2.Pb	31,000	62%	1
Est	2016	9,000,000	A.2.3	M.2.Ag	51	48%	0

Source : Feuille de travail de « Feuilles de travail pour la compilation des minerais métalliques à l'intention des offices statistiques nationaux »

Des variations mineures entre le minerai extrait et le minerai traité/expédié se produisent lorsque le minerai est effectivement mesuré, analysé et enregistré à deux endroits entre la sortie de la mine et l'entrée dans le processus de traitement, par exemple sur la plate-forme de minerai de la mine, puis à nouveau lors de la livraison à l'usine de traitement. Ces variations mineures sont principalement dues à des erreurs de mesure.

Les causes courantes de divergences plus importantes entre les tonnages enregistrés pour les flux de minerai sur les feuilles de calcul « *Minerai extrait pour les ONS* » et « *Minerai traité\_expédié pour les ONS* » sont les suivantes :

- Stockage important des flux de minerais :

L'absence du flux de minerai extrait « Desert Mine A2 » dans la liste des flux de minerai traités/expédiés correspond à ce que l'on pourrait attendre si ce minerai avait été extrait puis stocké (peut-être dans l'attente de la construction et de la mise en service d'une usine d'enrichissement destinée à valoriser ce minerai de fer à faible teneur et à le rendre plus commercialisable). De même, l'apparition d'un flux de Bonanza C dans la feuille de calcul du minerai traité/expédié, alors qu'aucun flux de minerai correspondant ne figure sur la feuille de calcul de minerai extrait, indiquerait qu'une partie du minerai d'un ou de plusieurs flux de minerai nettement différents de la mine de Bonanza a été extraite et stockée au cours des années précédentes, mais n'a été

traitée qu'en 2015.

- Stockage/déstockage partiel : L'augmentation de 20 % du tonnage de minerai traité/expédié pour Bonanza A indique probablement que le minerai extrait du flux de minerai de Bonanza A au cours des années précédentes a été temporairement stocké, puis traité/expédié en 2015, en même temps que la production minière de l'année en cours.
- Mélange de minerais : Le flux de minerai « oriental » traité, qui n'a pas de flux de minerai extrait correspondant, correspondrait à du minerai provenant d'un certain nombre de flux de minerai extraits différents mélangés avant le traitement, et ne serait donc pas attribuable à un flux de minerai extrait en particulier. Ce minerai peut même provenir d'autres exploitants miniers et être broyé dans le cadre d'un contrat. Dans ce cas, il n'y aura pas de tonnage de minerai extrait correspondant sur le questionnaire renvoyé par l'exploitant.

La nature des données requises pour les deux colonnes supplémentaires de la feuille de calcul « *Minerai expédié traité pour les ONS* » est décrite cidessous :

### Facteur de récupération

Il s'agit du pourcentage du métal total contenu dans le minerai ROM entrant dans l'usine de traitement qui est retenu dans le concentré métallique. Lorsque le minerai est simplement expédié plutôt que traité, ce facteur devrait toujours être d'environ 100 pour cent. Cependant, la quasitotalité des processus d'enrichissement entraînera une certaine perte de métal contenu et, dans de nombreux cas, cette perte peut être supérieure à 50 pour cent<sup>13</sup>.

Le facteur de récupération est une mesure de performance cruciale dans l'exploitation de la plupart des usines de traitement des minerais métalliques, et il aura donc généralement été enregistré par les exploitants de la mine/du traitement de manière beaucoup plus détaillée que ce qui est requis pour cette feuille de travail.

### Vendu

Ce champ indique simplement si l'exploitant minier reçoit un paiement pour ce composant particulier du minerai ou du concentré. Il est fréquent que les exploitations minières ne soient payées intégralement que pour certains des métaux précieux contenus dans leur minerai ou leurs concentrés. D'autres composants métalliques peuvent n'être que partiellement payés, ne pas être payés du tout ou même être pénalisés s'ils sont considérés comme des contaminants, par exemple le bismuth dans un concentré de cuivre.

Notez que ce champ n'est pas important pour les comptes CFM-EE de base. Il a été inclus en raison de sa valeur pour d'autres questions politiques potentiellement importantes.

### 2.2.3.4 Questionnaire pour les exploitants de mines/transformateurs (pour ceux qui utilisent le système OQB)

La collecte des données détaillées requises ci-dessus dépendra de la coopération des exploitants miniers. Comme indiqué précédemment, le type de données requises n'est en fait qu'une version agrégée et moins détaillée des données qui seront collectées dans le cadre de la gestion de la plupart des opérations minières. Le questionnaire envoyé aux exploitants individuels ressemble donc beaucoup aux orientations et aux feuilles de travail décrites ci-dessus, avec quelques précisions supplémentaires sur la manière dont l'agrégation doit être effectuée.

### Feuilles de travail « Minerai extrait pour l'exploitant »

Il est probable que l'exploitant de la mine ne veuille fournir que des données préagrégées, en raison de la sensibilité commerciale accrue des données plus désagrégées. Ce type de données doit être rempli dans le format indiqué dans la feuille de calcul « *Minerai extrait pour l'exploitant (annuel)* ». Idéalement, les données seront presque identiques à celles requises par l'ONS, telles qu'elles sont

13 Il s'agit là d'une source d'erreur majeure lorsque l'on tente de recalculer les tonnages de minerai extrait à partir des statistiques de production de métaux, et c'est la raison pour laquelle il convient d'éviter cette pratique dans la mesure du possible. Les autres raisons principales sont l'insuffisance des informations sur la teneur en minerai et le problème de la coproduction (déjà évoqué).

présentées sur la feuille de travail « *Minerai extrait pour les ONS* », et elles pourront être transférées directement. La principale différence réside dans la présence d'une colonne « Composant » à la place de la colonne « Métal », étant donné que les registres de certains exploitants sont susceptibles d'être établis en termes d'U3O8, de TiO2, etc. et que les conversions en métal élémentaire contenu pourraient être laissées à la charge de l'ONS sur une base cohérente.

Il se peut toutefois que l'exploitant de la mine ne dispose pas des données requises calculées sur une base annuelle et qu'il ne dispose que de données plus détaillées, relatives à la production journalière individuelle de différents gisements ou même de subdivisions plus petites à l'intérieur des gisements (« panels » individuels, « chambres », « galeries », « points de soutirage », etc.). Dans ce cas, les données détaillées de l'exploitant peuvent être saisies dans le format indiqué dans la feuille de calcul « *Minerai extrait pour l'exploitant (lot)* » du « *Questionnaire de déclaration des minerais métalliques pour les exploitants miniers* ». À partir de là, l'exploitant ou l'ONS peut combiner ces données détaillées sous une forme plus agrégée, en veillant à ce que les teneurs pondérées en fonction du volume soient calculées de manière appropriée.

#### Feuilles de calcul « Exploitant Traitement\_Expédition »

Comme pour le minerai extrait, les entreprises de traitement du minerai peuvent souhaiter ne pas fournir de données très détaillées, potentiellement sensibles sur le plan commercial, concernant les opérations de traitement du minerai, ce qui ne serait de toute façon pas vraiment souhaitable aux fins des CFM-EE. Il est prévu que l'exploitant fasse généralement son rapport dans le format décrit sur la feuille de calcul « *Exploitant Traitement\_Expédition (annuel)* ». Si c'est le cas, les données rapportées devraient être plus ou moins directement cessibles aux registres nationaux de l'ONS.

Si l'entreprise de traitement du minerai ne dispose pas de données déjà agrégées sous forme de résumé annuel, elle peut saisir des données opérationnelles plus détaillées dans le format décrit sur la feuille de calcul « *Exploitant Traitement\_Expédition (lot)* », et

combiner les données détaillées dans un formulaire annuel plus agrégé, tout en veillant à ce que les teneurs pondérées en fonction du volume, les facteurs de récupération et les tonnages payables soient calculés de manière appropriée.

#### 2.2.3.5 Utilisation du système SMS

Si elle utilise le système SMS pour compiler les comptes, l'ONS doit chercher à obtenir des données directes sur les tonnages de minerai auprès des sources décrites à la section 2.2.2.2. Si l'ONS est convaincue d'avoir comptabilisé une grande partie du minerai produit simplement en compilant et en classant les calculs directs des tonnages de minerai provenant de sources primaires, elle devrait réfléchir très sérieusement avant d'essayer d'élargir son compte pour obtenir une couverture plus large par le biais d'un rétrocalcul à partir de la production de métaux. En effet, des erreurs importantes peuvent facilement s'accumuler en cas de rétrocalcul, erreurs qui peuvent largement compenser les avantages d'une couverture apparemment plus large. C'est notamment le cas des métaux mineurs, qui sont souvent produits comme des sous-produits de mines ciblant d'autres métaux.

S'il est contraint de se rabattre sur le système SMS, il est toujours recommandé que le compilateur de l'ONS envisage d'abord d'utiliser la feuille de calcul « *Minerai extrait pour les ONS* » pour guider l'établissement des rapports. Il est tout à fait possible de remplir ces données de manière à obtenir des comptes raisonnables, même sans la contribution directe des exploitants miniers, en particulier si le nombre de mines qui dominent la production nationale est relativement faible et si l'on dispose au moins d'informations sur les tonnages et les teneurs extraits dans ces mines. En revanche, il n'est probablement pas possible de remplir la rubrique « *Minerai expédié traité pour les ONS* » sans l'intervention de l'exploitant de la mine.

S'il n'y a pas d'autre choix que de recalculer le minerai extrait à partir du métal produit, ou (pire) à partir d'une estimation du métal produit recalculée à partir de la valeur des métaux produits, il existe alors un certain nombre de sources d'erreur majeures qui doivent être contrôlées dans la mesure du possible. Les principales sources d'erreur de rétrocalcul

sont énumérées ci-dessous. Un outil simple pour le rétrocalcul à partir des tonnages de métaux est fourni sur la feuille de calcul « *Rétrocalcul SMS pour les ONS* ».

### Teneur en minerai

C'est la source d'erreur la plus évidente et la plus directe. Si une teneur par défaut, telle que celles fournies par Eurostat (2013), est utilisée pour calculer le minerai extrait, l'erreur qui en résulte sera directement proportionnelle à l'écart entre cette teneur par défaut et la véritable teneur moyenne locale. Par exemple, si l'on utilise la teneur en cuivre par défaut de 1,04 %, le rétrocalcul sous-estimera l'extraction de minerai associée à la production de cuivre par un facteur de deux si les véritables teneurs locales en cuivre sont de l'ordre de 0,5 % (5 000 ppm), et surestimera par un facteur de deux si la teneur réelle est de 2,0 %. Des teneurs de l'ordre de 0,5 % à 2 % sont courantes dans les mines de cuivre actuellement en exploitation. De mauvaises informations sur les teneurs peuvent entraîner des erreurs tellement importantes que, dans ce manuel, aucune teneur par défaut n'est fournie pour le rétrocalcul des tonnages de minerai. Il s'agit de s'assurer qu'au moins une partie des connaissances locales est utilisée dans leur détermination.

Il faut être particulièrement prudent lorsqu'on essaie d'améliorer les estimations des teneurs locales dans une situation où les mines productrices d'un pays pour le même produit ont des teneurs très différentes. Si, par exemple, un pays possède deux mines de cuivre, chacune produisant 100 000 tonnes de cuivre par an, mais qu'une mine a une teneur de 0,5 % et l'autre de 2,0 %, la teneur moyenne correcte pour ce pays doit être calculée comme une moyenne pondérée en fonction du volume. L'utilisation de la moyenne arithmétique simple (1,25 %) donnera une estimation de 16 millions de tonnes de minerai, alors que le chiffre réel serait de 25 millions. Bien qu'il soit peu probable que toutes les informations soient disponibles pour pondérer correctement les volumes, le fait de disposer de données sur la production d'un petit échantillon de mines, en particulier s'il s'agit de mines dominantes, peut limiter les erreurs dans ce domaine.

### Co-production

Comme indiqué dans la section 2.2.1.2, les minerais métalliques ne peuvent souvent pas être clairement classés en fonction d'un produit primaire. Dans de nombreux cas, les mines de métaux modernes ne seraient pas économiquement viables si elles n'étaient pas payées pour plusieurs produits issus du même minerai. Cette réalité a été reconnue par le regroupement de tous les minerais autres que le fer et l'aluminium dans la catégorie « A.2.3 Autres minerais métalliques ». Malheureusement, cela ne résout pas le problème du comptage multiple du même minerai si l'on calcule les tonnages de minerai à partir de la production de métaux.

Le meilleur moyen de traiter ce problème de manière adéquate à l'aide du système de gestion de la sécurité consiste à identifier un nombre relativement restreint de grandes mines dans lesquelles un métal domine clairement la production en termes de valeur. Si, par exemple, il existe trois grandes mines contenant différentes combinaisons de cuivre et/ou d'or et/ou d'un autre métal, dont l'une est dominée par le cuivre, l'autre par l'or, et l'autre indéterminée, on pourrait procéder comme suit :

- utiliser la teneur en cuivre de la mine dominante en cuivre comme teneur pour recalculer le tonnage de minerai nécessaire pour produire *toute la* production nationale de cuivre ;
- utiliser la teneur en or de la mine dominante en or pour recalculer le minerai d'or nécessaire pour produire *toute la* production nationale d'or ;
- ne pas essayer de recalculer le minerai pour l'autre (les autres) métal(aux) associé(s).

Il convient de noter que la procédure recommandée ci-dessus s'écarte nettement des procédures de coproduction recommandées dans le guide actuel d'Eurostat.

Si, au contraire, le cuivre (ou l'or) était le produit dominant dans les trois mines, il faudrait estimer une teneur moyenne pondérée en fonction du volume pour le cuivre (ou l'or) uniquement, utiliser cette teneur pour recalculer le tonnage de minerai nécessaire pour produire *toute la* production nationale de cuivre (ou d'or), et ne pas calculer d'autre minerai pour l'or (ou le cuivre) et les autres métaux associés dans cet ensemble. Notez que

cette approche ne donnera probablement pas une réponse exacte, mais elle évitera la surestimation grossière qui peut résulter d'un comptage multiple.

### Prix des métaux

Ce point est important si l'on essaie de recalculer la production de métal à partir de données sur la valeur des ventes. Les prix des métaux peuvent être très volatils. Par exemple, les prix du cuivre ont varié de plus de 500 % entre 2000 et 2010, et des variations de 50 % ou plus au cours d'une même année sont parfois observées. Si l'on ne dispose pas de bonnes estimations des prix moyens reçus pour les métaux, résolues au moins sur une base annuelle, il peut être préférable de ne pas utiliser cette méthode, même s'il n'y a pas d'autre solution.

### Facteur de récupération

Alors qu'une teneur en minerai est toujours utilisée dans le rétrocalcul du minerai issu de la production de métal, les facteurs de récupération sont souvent négligés, une pratique qui suppose tacitement un taux de récupération de 100 %. En fait, les taux de récupération sont souvent inférieurs à 80 %, en particulier pour les métaux secondaires coproduits dans des minerais complexes sur le plan métallurgique. Cela conduira à une sous-estimation de l'extraction du minerai. Si la production de métaux est dominée par quelques grandes mines et que des informations sur les facteurs de récupération peuvent être obtenues pour le principal produit métallique de ces mines, il peut être intéressant d'ajuster (c'est-à-dire d'augmenter) le minerai rétrocalculé à la lumière de ces informations.

Il convient de noter que le facteur de récupération dont il est question ici est la récupération du métal à partir du minerai traité (par exemple, dans les concentrés issus de la flottation, les métaux bruts récupérés par lixiviation en tas, etc.). Pour les minerais expédiés directement, on peut supposer que le taux de récupération est effectivement de 100 %.

Un deuxième facteur de récupération souvent mentionné dans les rapports opérationnels, le facteur de récupération « minière » ou de « chambre », n'est pas pertinent pour les CFM-EE. Il s'agit de la proportion du corps minéralisé délimité qui est

effectivement excavée avec succès et disponible pour un traitement ou une ex-pédition ultérieure. L'utilisation d'une base ROM signifie que ces éléments ont déjà été pris en compte.

### Importations

Si l'on rétrocalcule l'extraction intérieure de minerais à partir de la production intérieure de métaux, il faut veiller à ne pas inclure la production de métaux provenant de minerais ou de concentrés métalliques qui ont été importés pour être transformés localement. Malheureusement, si un ONS se trouve dans la situation où il doit rétrocalculer l'extraction intérieure de minerais à partir de la production de métaux, il est peu probable qu'il dispose des données détaillées sur la teneur en métaux des importations de minerais et de concentrés nécessaires pour effectuer cette correction. Si tel est le cas, et si l'on sait que les importations de minerais destinés à la transformation locale sont relativement importantes, il est probablement préférable de ne pas tenter de calculer la production intérieure de minerais métalliques.

## 2.2.4 Questions spécifiques aux pays en développement

Dans la plupart des pays en développement, les ressources limitées disponibles pour la collecte et la conservation des statistiques en général constituent un problème majeur pour les CFM-EE. En outre, les CFM-EE ne sont pas perçus comme répondant aux préoccupations politiques les plus urgentes et les plus pratiques des pays en développement. En outre, les méthodologies et pratiques actuelles des CFM-EE ont été conçues en grande majorité par les pays développés et reflètent à la fois les priorités politiques et les flux de matières de ces pays. Ceci est évident dans le traitement de DE des minerais métalliques, où l'industrie minière a généralement une importance économique directe relativement faible dans la plupart des économies développées.

Ce manuel mondial accorde plus d'attention à la comptabilité des minerais métalliques afin de refléter leur plus grande importance relative pour de nombreux pays en développement. Il a également été conçu pour tenter de garantir que les efforts déployés pour assembler les comptes de minerais

métalliques soient d'une utilité pratique pour de multiples questions politiques au-delà de celles qui concernent directement les comptes de flux de matières. C'est en grande partie pour cette raison que l'on préconise le système OQB de comptabilité des minerais métalliques. L'utilisation du système OQB permet de produire des CFM-EE de haute qualité pour les minerais métalliques, mais la principale motivation d'un pays en développement pour utiliser ce système est généralement ailleurs. Les avantages potentiels les plus importants découlent du fait qu'il établira un niveau de base élevé d'informations sur l'exploitation des ressources minérales non renouvelables d'un pays, ce qui n'est pas le cas avec les systèmes antérieurs ou le système alternatif SMS. En collectant systématiquement les données indiquées dans les questionnaires, un gouvernement disposera de données qui pourront être utilisées à des fins de contrôle ou de calcul :

- le rythme auquel il exploite ses ressources minérales, en tenant compte de la qualité des ressources exploitées ;
- l'efficacité avec laquelle les opérateurs actuels extraient la ressource primaire et la valeur brute de ce flux de ressources ;
- la mesure dans laquelle des sous-produits

potentiellement précieux peuvent échapper à la prise en compte dans les régimes d'imposition/de redevances ;

- la quantité et les principales caractéristiques des déchets potentiellement dangereux et/ou des ressources économiques futures qui s'accumulent dans les résidus miniers.

La mise en œuvre du système OQB présente un autre avantage pour les pays en développement : elle institutionnalise la collecte et la compilation de ces données, qui relèvent de la responsabilité des exploitants miniers. C'est judicieux, car ils sont de loin les mieux placés pour le faire facilement et avec précision, en utilisant leurs systèmes de rapports internes existants. Cela est également équitable, car ils sont généralement les premiers bénéficiaires de l'activité minière et, dans de nombreux cas, ils devraient bénéficier à l'avenir de la collecte actuelle de données, par exemple en disposant de données centralisées sur les ressources potentielles accumulées dans les résidus miniers. Elle permet également de réduire la pression sur les ressources limitées des services nationaux de statistique. Le contenu des questionnaires dûment remplis par les exploitants miniers peut être transféré simplement dans les feuilles de calcul de l'ONS.

## 2.3 Minéraux non métalliques

### 2.3.1 Concepts et classification

L'OCDE définit officiellement les minéraux non métalliques comme « [...] les carrières de pierre et les carrières d'argile et de sable ; les gisements de minéraux chimiques et d'engrais ; les gisements de sel ; les gisements de quartz, de gypse, de pierres précieuses naturelles, d'asphalte et de bitume, de tourbe et d'autres minéraux non métalliques autres que le charbon et le pétrole » (OCDE 2001). Ces matériaux sont largement disponibles dans le monde entier et sont pour la plupart d'origine nationale. Si l'on tient compte de la masse, la grande majorité des matériaux de cette catégorie sont du sable, du gravier et de l'argile utilisés pour la construction, tandis que les autres sont utilisés soit

comme pierres décoratives, soit pour les produits chimiques et les engrais. Le tableau 2.12 présente la classification proposée pour les minéraux non métalliques. Il n'y a pas de distinction claire entre ceux qui sont utilisés à des fins industrielles et ceux qui sont utilisés pour la construction, car il n'y a pas de différenciation claire et distincte entre les deux, et certains matériaux peuvent être utilisés à des fins industrielles ou à des fins de construction. Il convient de noter qu'une catégorie précédemment utilisée dans les CFM-EE pour l'ardoise, A.3.3, a été laissée va-cante étant donné que cette catégorie de matériaux a depuis été subdivisée et incorporée, le cas échéant, dans A.3.1 et A.3.8.

**Tableau 2.12** Classification de l'extraction intérieure de minéraux non métalliques.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	
<b>A.3 MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES</b>	A.3.1 Pierres ornementales ou de construction		
		A.3.2.1	Craie
	A.3.2 Minéraux carbonatés importants dans le ciment	A.3.2.2	Dolomie
		A.3.2.3	Calcaire
	A.3.3 N/A		
	A.3.4 Minéraux chimiques et engrais		
	A.3.5 Sel		
	A.3.6 Gypse		
		A.3.7.1	Argiles de construction
	A.3.7 Argiles	A.3.7.2	Argiles spéciales
		A.3.8.1	Sable et gravier industriels
A.3.8 Sable et gravier	A.3.8.2	Sable et gravier pour la construction	
A.3.9 Autres minéraux non métalliques n.c.a.			

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau A du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

La grande majorité des minéraux non métalliques sont utilisés dans la construction : le sable, le gravier et l'argile sont des matériaux bon marché largement disponibles dans le monde entier, qui présentent des caractéristiques mécaniques, thermiques et durables permettant de répondre aux exigences des constructeurs. Dans certains cas, ces matériaux sont utilisés sans aucun autre procédé mécanique, thermique ou chimique : le sable et le gravier sont utilisés pour le manteau routier ou, dans certains cas, pour créer une couche de séparation entre les bâtiments et le sol sous-jacent ; l'argile peut être moulée en forme de parallélépipède et séchée à l'air libre pour former une brique de terre (une brique non cuite). Le plus souvent, cependant, le sable et le gravier sont mélangés à du ciment, de l'eau et des additifs pour former du béton, ou à du bitume pour former du béton bitumineux, tandis que l'argile, mélangée à du sable et à d'autres additifs, est cuite dans un four pour produire des briques cuites.

De toutes les matières extraites et produites chaque année, c'est la catégorie des minéraux non métalliques qui a connu la croissance la plus rapide

au cours des 40 dernières années et qui constitue aujourd'hui la majeure partie des ressources naturelles consommées chaque année (Schandl *et al.* 2017). En même temps, c'est aussi la catégorie de matériaux la moins déclarée (Fischer-Kowalski *et al.* 2011), et de nombreux pays ne font aucun rapport à ce sujet. C'est pourquoi une nouvelle méthodologie a été développée (Miatto *et al.* 2016), qui utilise la consommation de ciment, de bitume et de briques comme indicateurs pour calculer la consommation de minéraux non métalliques bruts.

Comme il s'agit de matériaux très répandus dans la croûte terrestre, nous supposons que l'extraction intérieure de minéraux non métalliques d'un pays coïncide avec sa consommation. Ceci est vrai pour la plupart des pays du monde, étant donné la très faible valeur économique et le poids et le volume élevés des minéraux non métalliques, avec quelques exceptions notables pour des pays très petits et densément peuplés (par exemple Monaco, Singapour, Hong Kong).

### 2.3.2 Arbre de décision, sources de données et disponibilité

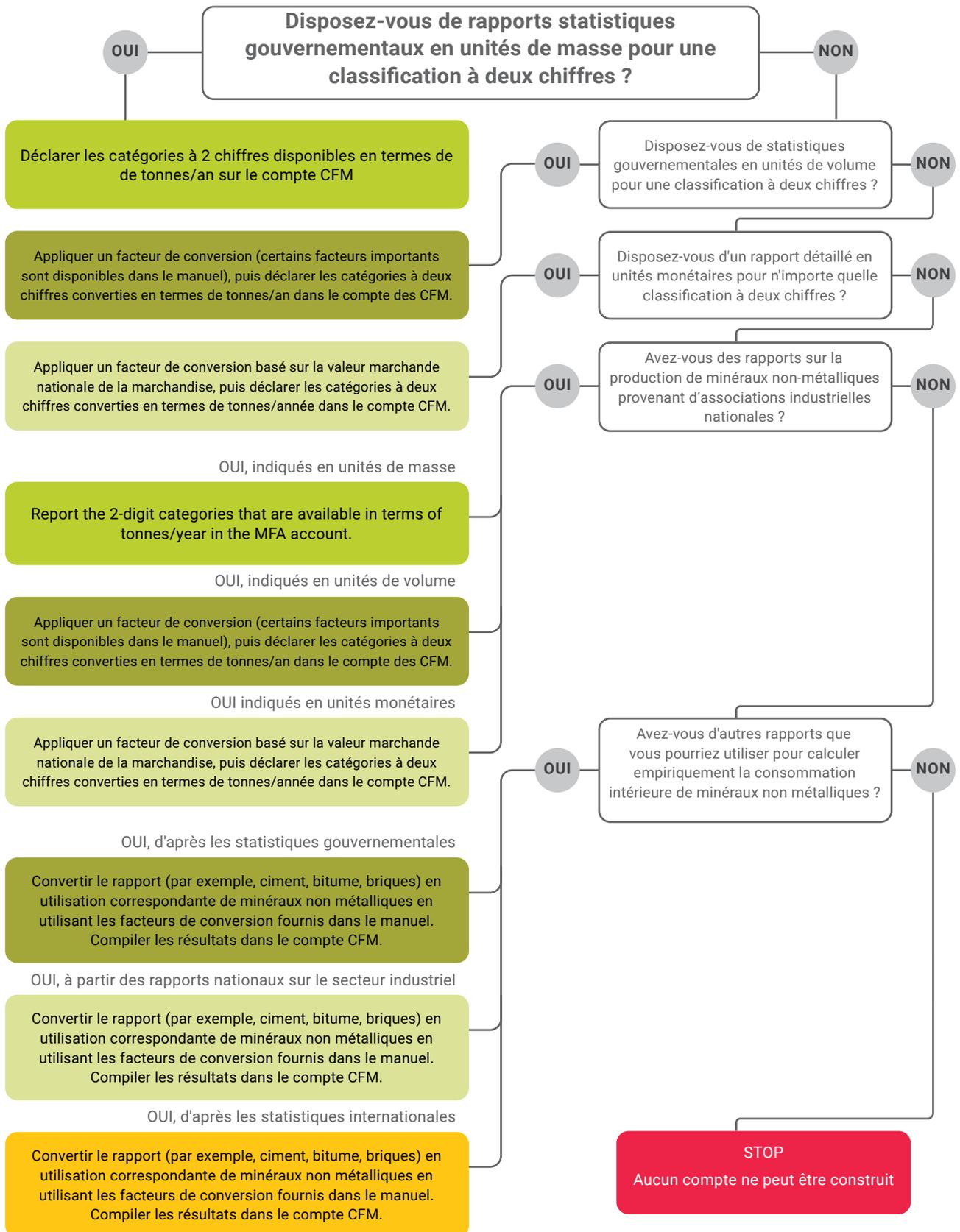
Lors de la compilation des CFM-EE, il sera probablement nécessaire de puiser dans un large éventail d'ensembles de données existants, dont certains pourraient être déjà disponibles dans les statistiques gouvernementales, tandis que d'autres pourraient devoir être tirés de rapports d'associations industrielles. Pour faciliter la rationalisation de ce travail, nous avons préparé un organigramme (voir figure 2.4) pour guider la compilation des CFM-EE.

Si les statistiques officielles du gouvernement sur les minéraux non métalliques sont disponibles, il convient de les privilégier. Idéalement, ces comptes fourniront des données en unités de masse, mais lorsque celles-ci ne sont pas disponibles, il est possible d'appliquer des facteurs de conversion pour convertir les unités disponibles (volume ou monétaire) en unités de masse. Lorsque les données sur les minéraux non métalliques ne sont pas disponibles dans les statistiques officielles du gouvernement, elles peuvent être extraites des rapports des associations industrielles, en suivant les mêmes recommandations que celles énoncées ci-dessus.

Malheureusement, les statistiques officielles sur l'extraction des minéraux non métalliques sont souvent peu disponibles, car le sable et le gravier proviennent souvent des morts-terrains de l'exploitation minière, et ont donc tendance à ne pas être déclarés. Dans ce cas, il convient d'utiliser une méthode de comptabilité indirecte. Le calcul de la consommation apparente de ciment, de bitume et de briques d'un pays peut indiquer indirectement sa consommation de minéraux non métalliques. La comptabilité de ces matériaux est beaucoup plus largement disponible, compte tenu de leur importance stratégique et de leur grande valeur économique. Ces informations peuvent être trouvées dans les rapports statistiques nationaux officiels, mais aussi auprès des associations professionnelles. Il convient de noter les mêmes mises en garde que celles mentionnées dans le paragraphe précédent.

Lorsqu'aucune des options précédentes n'est possible, des ensembles de données internationales majeures peuvent être disponibles (par exemple, le British Geological Survey ou le United States Geological Survey), dans lesquelles il est possible de trouver soit un compte direct des minéraux non métalliques, soit un compte de leurs substituts (par exemple, le ciment). Ces institutions compilent leurs ensembles de données à partir d'une multitude de sources, dont la cohérence est vérifiée par recoupement, mais elles ne devraient être utilisées qu'en dernier recours, lorsque toutes les autres sources n'ont pas permis de fournir des données nationales suffisantes.

Figure 2.4 Organigramme pour la compilation de l'EW-MFA minéral non métallique.



Légende ● Idéal ● Bon ● Correct ● Mauvais ● Impossible

### 2.3.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données

Toutes les données doivent être exprimées en unités de masse (par exemple, en tonnes). C'est une pratique relativement courante dans l'industrie minière, mais il arrive que les données soient

exprimées en unités de volume (par exemple en mètres cubes). Dans ce cas, les données doivent être converties en tonnes. Le tableau 2.13 présente les facteurs de conversion pour certains minéraux non métalliques courants, mais dans l'idéal, ces valeurs devraient être spécifiques aux minéraux extraits dans la zone d'analyse.

**Tableau 2.13** Densités spécifiques pour les principaux minéraux non métalliques.

<b>PIERRE ORNEMENTALE ET DE CONSTRUCTION</b>	
Marbre, massif	2.563
Granit, massif	2.691
Grès, solide	2.323
Porphyre, solide	2.547
Basalte, solide	3.011
Pierre (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	2.5
<b>CRAIE ET DOLOMIE</b>	
Craie, grumeleuse	1.442
Dolomie, grumeleuse	1.522
Craie et dolomie (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	1.5
<b>ARDOISE</b>	
Ardoise, solide	2.691
Ardoise, cassée	1.29–1.45
Ardoise, pulvérisée	1.362
Ardoise (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	1.4
<b>CALCAIRE ET GYPSE</b>	
Gypse, broyée	1.602
Calcaire, cassé	1.554
Calcaire (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	1.5
<b>ARGILE</b>	
Argile, excavation sèche	1.089

**Tableau 2.13** Densités spécifiques pour les principaux minéraux non métalliques. (suite)

MATÉRIAU	DENSITÉ [t/m <sup>3</sup> ]
Argile, excavation humide	1.826
Argile, motte sèche	1.073
Argile, réfractaire	1.362
Argile, motte humide	1.602
Argile, compactée	1.746
Argile (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	1.5
<b>SABLE ET GRAVIER</b>	
Gravier, meuble, sec	1.522
Gravier, avec sable, naturel	1.922
Gravier, sec 1,3 à 5,1 cm	1.682
Gravier, humide 1,3 à 5,1 cm	2.002
Sable, humide	1.922
Sable, humide, tassé	2.082
Sable, sec	1.602
Sable, en vrac	1.442
Sable, damé	1.682
Sable, rempli d'eau	1.922
Sable avec gravier, sec	1.65
Sable avec gravier, humide	2.02
Sable et gravier (valeur par défaut si aucune autre spécification n'est disponible)	1.9

Source : (Eurostat 2013)

### 2.3.3.1 - A.3.1 Pierres ornementales ou de construction

Cette catégorie comprend les roches qui peuvent être utilisées sous forme de carreaux, de dalles ou de blocs, à des fins structurelles ou décoratives. Elle comprend le marbre et les autres pierres cal-caires ornementales ou de construction (par exemple, le travertin et l'albâtre), ainsi que le gra-nit, le grès et les autres pierres ornementales ou de construction (par

exemple, porphyre, basalte), ainsi que les pierres de couverture. Pour ces ma-tériaux, les données sont souvent fournies en mètres cubes et doivent être converties en tonnes (voir le tableau 2.13 pour quelques facteurs de conversion importants).

### 2.3.3.2 - A.3.2 Minéraux carbonatés

importants dans le ciment

La craie est une forme de calcaire tendre, blanc et poreux composé de calcite. Il s'agit également d'une roche sédimentaire. Les utilisations sont nombreuses et comprennent la craie pour tableau noir, pour marquer les limites, dans les sports, appliquée sur les mains ou sur les instruments pour éviter de glisser, et comme craie de tailleur.

La dolomie est le nom d'une roche carbonatée et d'un minéral composé de carbonate de calcium et de magnésium sous forme de cristaux. La roche dolomitique (ou dolomie) est composée principalement de dolomite minérale. Le calcaire partiellement remplacé par de la dolomie est appelé calcaire dolomitique. La dolomie est couramment utilisée comme agrégat de roche concassée, pour la production de ciment et pour d'autres utilisations industrielles et agricoles. La dolomie est souvent associée au calcaire dans les rapports statistiques. Ils sont toutefois différenciés dans les statistiques par des codes CPC à 5 chiffres.

Le calcaire est principalement utilisé pour la production de ciment, puis comme agrégat de roche concassée. La pierre calcaire utilisée à des fins industrielles (par exemple pour la production de chaux ou de ciment) est déclarée sous le poste A.3.2 de la classification CFM-EE, tandis que les agrégats de pierre calcaire concassée sont affectés au poste A.3.8 (sable et gravier) et que la pierre calcaire utilisée comme pierre de taille est affectée au poste A.3.1 (pierre ornementale ou de construction).

Les rapports statistiques ont souvent sous-estimé la quantité de calcaire extraite à des fins de construction, en particulier pour la production de ciment. Pour vérifier s'il est nécessaire de corriger l'extraction manquante de calcaire pour la production de ciment, l'estimation suivante peut être appliquée : prendre les chiffres de production correspondants pour le ciment et les multiplier par un facteur de 1,216. Le ratio de 1,216 tonne de calcaire pour la production d'une tonne de ciment Portland peut être utilisé comme valeur typique. La comparaison de cette valeur empirique à celle obtenue à partir des statistiques donnera une bonne indication de la nécessité de corriger les valeurs

rapportées. Le chiffre le plus élevé doit être retenu comme donnée pour l'extraction intérieure de calcaire (avec une tolérance de  $\pm 10\%$  en faveur de l'utilisation du chiffre des statistiques originales). Si le calcaire destiné à d'autres usages que le ciment est clairement indiqué dans les statistiques, ce chiffre doit être ajouté à l'estimation du calcaire destiné au ciment.

Le calcaire peut être partiellement remplacé par de la dolomie pour la production de ciment ; on parle alors de calcaire dolomitique. Lorsque les données relatives au calcaire proviennent d'une estimation décrite ci-dessus, il convient de vérifier si cette estimation inclut l'utilisation de la dolomie (pour la production de ciment). Les données rapportées pour la dolomie au point A.3.2, si nécessaire, doivent être corrigées pour les doubles comptes.

### 2.3.3.3 - A.3.4 Produits chimiques et engrais minéraux

Ce groupe de minéraux comprend principalement de nombreux types de minéraux utilisés dans l'industrie, notamment :

- Phosphates naturels de calcium ou d'aluminium, souvent regroupés sous l'appellation « roche phosphatée », principalement utilisés pour produire des engrais. Ils sont également utilisés dans la production de détergents, d'aliments pour animaux et dans une multitude d'autres applications mineures.
- Carnallite, sylvite et autres sels de potassium naturels bruts, souvent regroupés sous l'appellation « potasse ». Le potassium est essentiel dans les engrais et est largement utilisé dans l'industrie chimique et dans les explosifs. Les données relatives à la potasse sont souvent exprimées en teneur en K<sub>2</sub>O. Dans ce cas, comme pour les métaux, la production de tout-venant doit être calculée pour obtenir l'extraction intérieure utilisée.
- Pyrite de fer non torréfiée, qui est un disulfure de fer. La pyrite est utilisée pour la production de dioxyde de soufre, par exemple pour l'industrie du papier, et pour la production d'acide sulfurique, bien que ces applications soient de moins en moins importantes.

- Le soufre brut ou non raffiné, une matière première fondamentale pour l'industrie chimique. Note technique : toute la production nationale de soufre n'est pas prise en compte dans la catégorie A.3.4. Minéraux chimiques et engrais. Pour les CFM-EE, on peut distinguer trois types principaux de soufre : (1) Soufre provenant de l'exploitation minière : Ce soufre doit être pris en compte dans la catégorie A.3.4. (2) Soufre produit en raffinerie par désulfuration des ressources pétrolières. Ce soufre est inclus dans les quantités de ressources pétrolières extraites et ne doit pas être déclaré sous A.3.4. (3) Dans certains cas, le soufre peut être un sous-produit inutilisé de l'extraction des ressources pétrolières. Ce soufre est considéré comme une extraction non utilisée et n'est pas comptabilisé.
- La baryte, qui est utilisée dans une variété d'industries pour ses propriétés de gravité spécifique élevée.
- La withérite, un minéral de carbonate de baryum qui est la principale source de sels de baryum. Elle est utilisée pour la préparation de la mort aux rats, dans la fabrication du verre et de la porcelaine, et autrefois pour le raffinage du sucre.
- Les borates, qui sont des produits chimiques issus de minéraux boratés, sont utilisés comme conservateurs du bois. Le minéral de borate le plus courant est le bore.
- La fluorite, minéral coloré utilisé industriellement comme fondant et dans la production de certains verres et émaux.

#### 2.3.3.4 - A.3.5 Sel

Ce groupe de matériaux concerne le chlorure de sodium. Le sel peut être produit à partir de sel gemme, de saumure ou d'eau de mer. Il est utilisé pour la consommation humaine, dans l'industrie chimique et pour empêcher la formation de glace sur les routes.

#### 2.3.3.5 - A.3.7 Argiles

La kaolinite est un minéral argileux. Les roches riches en kaolinite sont connues sous le nom de kaolin. Les autres argiles kaoliniques sont des minéraux kaoliniques tels que la kaolinite, la dickite et la nacrite, l'anauxite et l'halloysite-endellite.

La principale utilisation du kaolin est la production de papier, car il s'agit d'un ingrédient clé dans la création de papier brillant (mais le carbonate de calcium, un matériau alternatif, lui fait concurrence dans cette fonction). Les argiles et le kaolin sont également utilisés dans les céramiques, la médecine, les briques, comme additifs alimentaires, dans le dentifrice, dans d'autres produits cosmétiques et, depuis peu, sous forme de spray spécialement formulé appliqué sur les fruits, les légumes et d'autres végétaux pour repousser ou empêcher les insectes de les endommager.

Dans les statistiques, le kaolin peut être regroupé avec d'autres argiles sous la rubrique « argiles industrielles ou spéciales ». Les autres argiles industrielles ou spéciales peuvent être : l'argile à boulets, la bentonite, l'attapulgite, l'argile céramique, l'argile réfractaire, l'argile à silex, l'argile à foulon, l'hectorite, l'argile illite, la palygorskite, l'argile à poterie, la saponite, le schiste, l'argile spéciale et l'argile ardoisière. Elles doivent être prises en compte dans la section A.3.7.2 Argiles spéciales.

Le kaolin et d'autres argiles spéciales sont généralement bien documentés dans les statistiques. On distingue les argiles et les limons courants destinés à la construction, en particulier aux briques et aux tuiles, des argiles spéciales ou industrielles. Les argiles et les limons utilisés dans la construction doivent être pris en compte dans la section A.3.7.1 Argiles structurelles, mais ils sont souvent sous-représentés ou exclus des statistiques. Il est fortement conseillé de rechercher des sources nationales spécifiques (par exemple des associations industrielles) pour convertir les données sur la production de produits argileux en quantités d'argile brute. Si aucune source nationale n'est disponible, il est possible d'utiliser les facteurs de conversion indiqués dans le tableau 2.14.

**Tableau 2.14** Facteurs de conversion pour la fabrication de briques, de tuiles et de produits de construction, en argile cuite.

PRODUIT	TYPIQUE UNITÉ SIGNALÉE	FACTEUR DE CONVERSION UNITÉS D'ORIGINE EN TONNES DE PRODUIT	FACTEURS DE CONVERSION TONNES DE PRODUIT EN TONNES D'ARGILE BRUTE	FACTEUR DE CONVERSION PRODUIT EN UNITÉS D'ORIGINE EN TONNES D'ARGILE BRUTE
<b>Briques de construction non réfractaires en terre cuite (à l'exclusion des farines et terres fossiles siliceuses)</b>	m3	1.35135	1.349	1.822973
<b>Blocs de terre cuite non réfractaires, supports de carreaux de remplissage et similaires (à l'exclusion des farines et terres fossiles siliceuses)</b>	kg	0.001	1.349	0.001349
<b>Tuiles en terre cuite non réfractaires</b>	p/st (nombre de pièces)	0.00237	1.349	0.003197
<b>Produits de construction en terre cuite non réfractaire (y compris les sorties de toit, les capuchons, les conduits de fumée, les ornements architecturaux, les grilles de ventilation, les lattes en terre cuite ; à l'exclusion des tuyaux, gouttières et simi-laires)</b>	kg	0.001	1.349	0.001349
<b>Tubes, conduites, gout-tières et accessoires de tuyauterie en céramique : tuyaux d'évacuation et gout-tières avec accessoires</b>	kg	0.001	1.349	0.001349

Le tableau 2.14 présente les facteurs de conversion moyens estimés en tonnes d'argile brute pour les produits argileux, tels qu'ils figurent généralement dans les rapports statistiques. Le facteur de conversion général des kg de produits argileux en tonnes d'argile brute a été obtenu à partir du manuel CFM-EE utilisé en Europe (Eurostat 2013). Selon ce manuel, 1,349 tonne d'argile est nécessaire pour produire 1 tonne de produit argileux.

La conversion des briques exprimées en volume ou des tuiles exprimées en nombre de pièces peut s'avérer très difficile en raison de la grande variété de produits disponibles sur le marché. Idéalement, un coefficient spécifique au pays devrait être développé, mais lorsque les données ne sont pas suffisantes, utilisez un facteur de 1,351 kg/m3 pour les briques, ou de 2,37 kg/carreau pour les tuiles en terre cuite. Notez que ces facteurs sont dérivés de

produits européens typiques et que leurs valeurs peuvent différer de celles des briques et des tuiles produites dans d'autres parties du monde.

Le résultat de l'estimation doit être comparé aux chiffres de l'extraction d'argiles et de limons courants rapportés dans les statistiques (à l'exclusion des argiles industrielles ou spéciales). Le chiffre le plus élevé doit être retenu comme donnée pour l'extraction intérieure d'argile commune et de limon (avec une tolérance éventuelle d'environ 10 % pour l'utilisation du chiffre des statistiques originales).

### 2.3.3.6 - A.3.8 Sable et gravier

Il existe deux grands groupes de sable et de gravier qui se distinguent par leurs utilisations principales : Sable et gravier industriels (A.3.8.1) et Sable et gravier pour la construction (A.3.8.2).

Les sables et graviers industriels présentent des propriétés matérielles spécifiques requises pour la production et la fabrication de fer, y compris une utilisation industrielle résistante au feu dans la production de verre et de céramique, dans la production chimique, pour une utilisation en tant que filtres et pour d'autres utilisations spécifiques. Certaines sources statistiques (par exemple l'USGS) font explicitement état de la présence de sable et de gravier dans les processus de production industrielle.

Le sable et le gravier pour la construction sont utilisés dans l'ingénierie structurelle (par exemple les bâtiments) et le génie civil (par exemple les

routes). L'utilisation du sable et du gravier dans l'ingénierie structurelle est principalement destinée à la production de béton. En génie civil, le gravier est principalement utilisé pour différents types de couches dans la construction des routes, dans les éléments en béton et pour la production d'asphalte.

Les statistiques relatives au sable et au gravier sous-estiment souvent, voire omettent, la quantité totale extraite à des fins industrielles et de construction. Souvent, seuls les sables et graviers spéciaux à usage industriel sont inclus (voir ci-dessus). Les contrôles suivants peuvent être effectués pour déterminer si le sable et le gravier sont mal déclarés ou sous-estimés dans les sources statistiques :

**Tableau 2.15** Consommation moyenne de minéraux non métalliques par habitant, par région du monde.

RÉGION DU MONDE	CONSOMMATION ANNUELLE DE MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES PAR PERSONNE [t/cap] FOR 2010
Afrique	1.5
Asie et Pacifique	6
Europe de l'Est, Caucase et Asie centrale	3.5
Europe	5
Amérique latine et Caraïbes	2.5
Amérique du Nord	5.3
Asie occidentale	8.2
Monde (moyenne)	4.8

Remarque : Ces valeurs sont tirées de Miatto *et al.* (2016), et se réfèrent à l'année 2010

Source : (Miatto *et al.* 2016).

La quantité de sable et de gravier par personne au cours de l'année considérée peut être considérée comme un indicateur. En règle générale, si cette quantité diffère sensiblement des valeurs indiquées dans le tableau 2.15, on peut supposer que le sable et le gravier destinés à la construction ne sont pas déclarés de manière adéquate et doivent être estimés. En outre, les parties prenantes et les experts concernés par cette activité économique devraient être consultés afin de clarifier la

signification des chiffres rapportés. En l'absence de données statistiques adéquates, il convient d'estimer la quantité totale de sable et de gravier extraite pour la construction.

La procédure simple suivante pour estimer le sable et le gravier pour la construction prend en compte les utilisations les plus importantes du sable et du gravier. Elle combine une estimation du sable et du gravier nécessaires à la production de béton (étape 1), du sable et du gravier utilisés en couches dans la

construction des routes (étape 2), du gravier utilisé dans la construction des chemins de fer (étape 3) et du gravier utilisé comme couche de séparation sous les bâtiments (étape 4). À l'étape 5, la quantité totale de sable et de gravier est calculée en additionnant les résultats obtenus aux étapes 1 à 4.

Étape 1 : Estimation du sable et du gravier nécessaires à la production de béton.

Le béton est un mélange de ciment, de sable, de gravier, d'eau et d'additifs. Il existe des centaines de combinaisons possibles de béton, en fonction des caractéristiques finales souhaitées et de l'application. Idéalement, pour estimer le sable et le gravier utilisés dans le béton, il convient de consulter les constructeurs et les experts des habitudes nationales en matière de construction. Si cette solution n'est pas viable, le sable et le gravier peuvent être estimés comme suit :

---


$$Sable\_et\_gravier_y = Consommation\_apparente\_de\_ciment_y \times 5,26$$


---

Où *Sable\_et\_gravier* est la quantité de sable et de gravier consommée au cours de l'année *y*, tandis que *Consommation\_apparente\_de\_ciment* est la consommation apparente de ciment au cours de l'année *y*. 5,26 est un coefficient qui permet de

trouver le sable et le gravier correspondant utilisé pour la production de béton.

Il convient de noter que la consommation apparente d'une substance ou d'un bien générique est définie comme suit :

---


$$X_{consommation\_apparente} = X_{importation} + X_{extraction\_intérieure} - X_{exportation}$$


---

Par conséquent, pour calculer la consommation apparente de ciment au cours de l'année *y*, il est nécessaire d'ajouter toutes les importations de ciment et la production nationale pour l'année *y*, et de soustraire les exportations de ciment pour la même année.

Étape 2 : Estimation du sable et du gravier nécessaires à la production et à l'entretien des routes

Sur la base des informations relatives à la longueur des routes nouvellement construites (par type de route et par année), il est possible d'estimer le sable et le gravier utilisés pour la construction des routes. Le sable et le gravier nécessaires à l'entretien annuel du nombre total de kilomètres de routes existantes doivent également être inclus.

Outre les informations sur la longueur du réseau routier, il convient d'acquérir des données sur le sable et le gravier nécessaires à la construction d'un

kilomètre d'un certain type de route. Chaque pays a ses propres caractéristiques (par exemple, sol typique, trafic moyen) qui détermineront le type de route « typique ». Il est donc conseillé de consulter des experts nationaux et des constructeurs locaux pour trouver le type de route le plus réaliste construit dans son pays. Si cela n'est pas possible, le tableau 2.16 fournit des données sur les besoins en sable et en gravier par kilomètre pour la construction et l'entretien des routes.

**Tableau 2.16** Consommation moyenne de minéraux non métalliques par habitant, par région du monde.

TYPE		SABLE ET GRAVIER POUR LA CONSTRUCTION [t/km]	SABLE ET GRAVIER POUR L'ENTRETIEN [t/km]
Sans revêtement	Rurale	0	0 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	0	0 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Revêtue non pavée	Rurale	210	84 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	252	101 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Revêtue non pavée	Rurale	355	103 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	532	154 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée de type intermédiaire	Rurale	1722	359 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	1722	359 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute flexibilité	Rurale	5265	1026 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	3948	770 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute teneur en matériaux composites	Rurale	4988	616 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	4988	616 × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute rigidité	Rurale	4821	3811 × de_maintenance <sup>-1</sup>
	Urbaine	4821	3811 × de_maintenance <sup>-1</sup>

Le paramètre intervalle de\_maintenance est l'intervalle de temps exprimé en années entre deux événements de maintenance programmés. Il convient de noter que la colonne « Sable et gravier pour l'entretien [t/km] » calcule les besoins en matériaux pour l'entretien, mais ne donne aucune information sur les sources de ces matériaux, c'est-à-dire s'ils sont extraits de sources vierges ou s'ils sont recyclés. Lors de la compilation des rapports de CFM-EE, il est donc nécessaire d'évaluer l'origine de ces matériaux afin d'éviter un double comptage.

Si l'on dispose de suffisamment de données sur la largeur des routes, il est préférable de calculer les besoins en sable et en gravier pour les routes à l'aide du tableau 2.17. Le paramètre w indique la largeur moyenne de la route et est exprimé en mètres.

**Tableau 2.17** Besoins en sable et en gravier pour la construction et l'entretien des routes par unité de largeur.

TYPE	SABLE ET GRAVIER POUR LA CONSTRUCTION [t/km]	SABLE ET GRAVIER POUR L'ENTRETIEN [t/km]
Sans revêtement	0 × w	0 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Revêtue non pavée	84 × w	34 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée de type basse	118 × w	34 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée de type intermédiaire	287 × w	60 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute flexibilité	439 × w	86 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute teneur en matériaux composites	416 × w	51 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>
Chaussée à haute rigidité	402 × w	318 × w × de_maintenance <sup>-1</sup>

Étape 3 : Estimation des besoins en sable et en gravier pour la construction de chemins de fer.

Une quantité considérable de gravier est utilisée comme ballast sous les voies ferrées. Les normes nationales et les experts doivent être consultés pour

obtenir des valeurs réalistes.

Si cette solution n'est pas viable, la formule suivante peut être utilisée pour calculer la quantité indicative de gravier nécessaire à la construction d'un kilomètre de voie ferrée.

$$\text{Gravier\_chemin de fer}_y = 2119,3 \times \Delta / \times g - 581,2$$

Où Gravier\_chemin de fer<sub>y</sub> indique la quantité de gravier utilisée au cours de l'année y pour la construction du chemin de fer, exprimée en tonnes, Δ est la différence de longueur du chemin de fer entre deux années consécutives (c'est-à-dire la longueur qui a été construite au cours d'une année), exprimée en kilomètres, et g est la largeur de l'écartement des rails, exprimée en mètres.

Cette formule est dérivée des statistiques ferroviaires japonaises, et une explication plus détaillée peut être trouvée dans Miatto *et al.* (2016).

Étape 4 : Estimation du sable et du gravier nécessaires pour les sous-couches de construction.

L'estimation du gravier utilisé dans les sous-couches

de construction est extrêmement compliquée, étant donné la grande variabilité de la composition du sol, de la profondeur de la nappe phréatique, des conditions météorologiques, des méthodes de construction typiques et des charges de construction moyennes qui varient non seulement d'un pays à l'autre, mais aussi d'une région à l'autre au sein d'un même pays. Une consultation avec des experts locaux est fortement recommandée.

Pour obtenir une estimation approximative, il est possible d'appliquer une formule très simple qui convertit le béton produit dans un pays dans la quantité de gravier qui entre dans la composition des sous-couches de construction.

$$\text{Sous-couche}_{\text{gravier}_y} = \text{Sable\_et\_gravier}_y \times 0,08$$

Où *Sable\_et\_graviery* est la quantité de sable et de gravier utilisée pour le béton calculée à l'étape 1, *Sous-couches\_graviery* est la quantité annuelle de gravier utilisée pour les sous-couches de construction, et 0,08 est un facteur de conversion.

Étape 5 : Somme de toutes les estimations précédentes

Les chiffres estimés pour le sable et le gravier destinés à la production de béton (étape 1), le sable et le gravier destinés à la construction et à l'entretien des routes (étape 2), le gravier destiné à la construction de voies ferrées (étape 3) et le gravier destiné aux sous-couches de construction (étape 4) sont finalement ajoutés et comparés au chiffre du sable et du gravier indiqué dans les statistiques. Le chiffre le plus élevé devrait être retenu comme données pour l'extraction intérieure de sable et de gravier pour la construction (avec une tolérance éventuelle d'environ 10 % en faveur de l'utilisation du chiffre des statistiques originales). Si le sable et le gravier destinés à des usages industriels sont indiqués comme une valeur spécifique dans les statistiques, ce chiffre doit être ajouté au chiffre estimé.

Nous notons une fois de plus que l'utilisation de sable et de gravier recyclés devrait également être prise en compte et soustraite.

### 2.3.3.7 - A.3.9 Autres minéraux non métalliques non classés ailleurs (n.c.a.)

Il s'agit d'un groupe diversifié qui comprend essentiellement tous les minéraux non couverts par les groupes précédents. Certains des minéraux attribués au point A 3.9 sont énumérés ci-dessous.

**Bitume et asphalte, asphaltites naturelles et roches asphaltiques** : la principale utilisation de l'asphalte est la fabrication de béton bitumineux pour les revêtements routiers. Seuls l'asphalte naturel et le bitume sont comptabilisés dans cette catégorie. Il convient de noter que le bitume utilisé pour la construction des routes est généralement recyclé

et que cette partie ne doit pas être prise en compte dans le calcul de l'extraction de matériaux.

**Pierres précieuses et semi-précieuses** : différentes pierres telles que la pierre ponce, l'émeri, le corindon naturel, le grenat naturel et d'autres abrasifs naturels sont utilisés à diverses fins industrielles. Les diamants synthétiques ne sont pas déclarés sous la rubrique 3.9 et ne sont pas considérés comme de l'extraction intérieure.

**Graphite** : forme stable de carbone pur principalement utilisée dans les réfractaires.

**Quartz et quartzite** : types spéciaux de silicium utilisés par exemple dans l'industrie optique et dans la fabrication de métaux.

**Farines fossiles siliceuses** : minéraux tels que le Kieselgur, la Tripolite, la Diatomite et d'autres terres siliceuses, utilisés, par exemple, comme agents d'absorption ou comme matériaux d'isolation thermique.

**Amiante** : minéral fibreux dont l'utilisation est aujourd'hui restreinte en raison des graves dangers qu'il présente pour la santé.

**Stéatite et talc** : minéraux de silicate de magnésium utilisés à diverses fins industrielles.

**Feldspath** : un composant essentiel dans la fabrication du verre et de la céramique.

### 2.3.4 - Question spécifique : roches concassées

Plusieurs sources statistiques utilisent la catégorie « roche concassée » ou « pierre concassée ». Les roches concassées sont généralement produites sous forme de pierres naturelles cassées pour la construction de routes, de voies ferrées, de voies navigables et de bâtiments. Différents types de pierres naturelles peuvent être utilisés pour produire des roches concassées. Il s'agit notamment des types explicitement traités dans le présent guide aux points A.3.2 (minéraux carbo-natés importants dans le ciment), A.3.6 (gypse), A.3.8 (sable et gravier) et A.3.9 (autres minéraux non métalliques n.c.a.). En outre, les roches concassées peuvent comprendre d'autres pierres naturelles telles que le grès, les pierres volcaniques, le basalte, le granit, le quartzite, le gneiss et d'autres.

La classification CFM-EE des minéraux pierreux dans le tableau 2.12 n'est pas totalement cohérente avec les classifications spécifiant la pierre concassée (ou la roche) dans les statistiques nationales et internationales. D'autres classifications possibles peuvent présenter les caractéristiques suivantes :

- Les données statistiques incluent sans distinction les graviers sous les roches concassées, ou vice versa ;
- Les statistiques font état de pierres de construction qui peuvent comprendre, sans les

présenter séparément, des pierres de taille et des roches concassées ;

- Les données relatives au calcaire sont déclarées en tant que telles, mais sont également incluses dans les roches concassées, ce qui entraîne un double comptage.

Il est donc difficile d'évaluer si la production de pierre concassée déclarée dans les différentes sources statistiques est complète et sans double comptage. Nous recommandons d'acquérir des données sur l'extraction intérieure de minéraux non métalliques comme décrit dans le présent guide. Les roches concassées devraient ensuite être principalement couvertes par le gypse, la craie, la dolomie et le calcaire, ainsi que par le bitume et les roches asphaltiques.

Le total de ces minéraux peut ensuite être comparé à la quantité totale de roches concassées indiquée dans les statistiques nationales. Lorsque le total des roches concassées est considérablement plus élevé que la somme des minéraux apparentés pris en compte comme décrit dans ce guide, la différence peut être considérée comme une estimation de l'extraction intérieure supplémentaire de roches concassées qui ne peut être identifiée de manière plus précise.

Dans l'affirmative, ajouter la quantité supplémentaire de pierres concassées à la section A.3.6 et ajouter une note de bas de page indiquant la quantité supplémentaire de pierres concassées qui a été ajoutée et la méthode utilisée pour l'estimer.

## 2.4 Combustibles fossiles

### 2.4.1 Introduction

L'énergie joue un rôle essentiel dans la quasi-totalité des formes d'activité humaine. Un approvisionnement énergétique fiable et efficace est une condition préalable à une économie prospère. Les ménages ont besoin d'une énergie abordable et fiable pour se chauffer, s'éclairer et utiliser les appareils domestiques, tandis que les entreprises dépendent de l'énergie pour produire des biens et des services. Cependant, la demande mondiale

croissante en énergie pose le problème de la durabilité de l'approvisionnement et de l'impact sur l'environnement. Il est essentiel que les pays surveillent et gèrent leurs ressources énergétiques ainsi que les aspects de la production et de l'utilisation de l'énergie. Les décisions politiques dans ce contexte dépendent de données fiables et complètes basées sur des normes, des classifications et d'autres cadres convenus au niveau international pour assurer la comparabilité et la cohérence entre les pays au fil du temps (DSNU 2018).

Les combustibles fossiles restent les principaux vecteurs d'énergie dans le monde. Il s'agit de matériaux formés à partir de la biomasse dans le passé géologique et comprenant des matériaux solides, liquides et gazeux. La plus grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée par la combustion de différents types de charbon. Les ressources pétrolières sont principalement utilisées pour fournir de l'énergie, mais elles servent également de matériaux de base pour les processus industriels (par exemple, pour la production de composés chimiques organiques et de matériaux synthétiques ou de fibres). Le gaz naturel est utilisé comme source d'énergie pour le chauffage, la cuisine et la production d'électricité, mais aussi comme carburant pour les véhicules et pour la fabrication de plastiques et d'autres produits chimiques organiques importants sur le plan commercial.

En 2016, les combustibles fossiles représentaient environ 17 % de l'extraction mondiale de matières. Le charbon représentait plus de la moitié de la DE totale des vecteurs énergétiques fossiles, suivi par le gaz naturel (~30 %) et le pétrole (~20 %). L'extraction de la tourbe n'a qu'une importance régionale, par exemple au Canada et dans certains pays de l'Union européenne (PNUE 2017).

La combustion de combustibles fossiles, principalement le charbon, le pétrole et le gaz naturel, ainsi que la déforestation, l'érosion des sols et l'élevage, sont les principales sources d'émissions de CO<sub>2</sub> anthropiques (c'est-à-dire produites par les activités humaines). Le CO<sub>2</sub> est le principal gaz à effet de serre anthropique. Entre 1970 et 2004, les émissions annuelles ont augmenté d'environ 80 %.

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> en 2005 dépassaient de loin la fourchette naturelle des 650 000 dernières années, l'augmentation globale des concentrations de CO<sub>2</sub> étant principalement due à l'utilisation de combustibles fossiles. Étant donné que la majeure partie de l'augmentation observée des températures moyennes mondiales depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle peut très probablement être attribuée à l'augmentation des concentrations

de GES d'origine anthropique (GIEC 2007a), il est urgent de mieux gérer et de réduire l'utilisation des combustibles fossiles dans le monde.

Les statistiques et les bilans énergétiques tels que ceux communiqués à l'AIE fournissent une illustration exhaustive de l'approvisionnement et de l'utilisation de tous les vecteurs énergétiques. Dans les CFM-EE, l'extraction intérieure de matériaux/vecteurs d'énergie est limitée à l'extraction de vecteurs d'énergie fossile. Par conséquent, les vecteurs d'énergie primaire renouvelable, tels que l'énergie hydraulique, éolienne, solaire et géo-thermique, ne sont pas inclus, bien que les matériaux nécessaires à la construction de centrales hydroélectriques, de turbines éoliennes ou de panneaux solaires, par exemple, soient pris en compte dans les comptes de métaux ou de minéraux du pays où ils sont extraits. La biomasse utilisée à des fins énergétiques est déclarée dans la rubrique biomasse. L'extraction intérieure de l'uranium, vecteur d'énergie, est déclarée dans la rubrique métaux. Le tableau 2.18 présente la classification des flux de matières pour l'extraction intérieure de matériaux/vecteurs d'énergie fossile.

**Tableau 2.18** Classification de l'extraction intérieure de combustibles fossiles.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES	
<b>A.4 LES COMBUSTIBLES FOSSILES</b>	<b>A.4.1</b> Charbon et tourbe	A.4.1.1	Charbon brun	A.4.1.1.1 Lignite (charbon brun)
				A.4.1.1.2 Autres charbons sub-bitumineux
		A.4.1.2	Houille	A.4.1.2.1 Anthracite
				A.4.1.2.2 Charbon à coke
				A.4.1.2.3 Autres charbons bitumineux
		<b>A.4.2</b> Pétrole brut, gaz naturel et liquides de gaz naturel	A.4.1.3	Tourbe
	A.4.2.1		Pétrole brut	
	A.4.2.2		Gaz naturel	
		A.4.2.3	Liquides de gaz naturel	
	<b>A.4.3</b> Schistes bitumineux et sables asphaltiques			

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau A du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

## 2.4.2 Sources et disponibilité des données

### 2.4.2.1- Sources et collecte des données

Selon l'DSNU (2018), il existe quatre sources principales de statistiques sur l'énergie (voir tableau 2.19). Pour le compilateur de CFM-EE sur les

combustibles fossiles, l'approche la plus simple consiste à commencer par vérifier si l'AIE et/ou l'DSNU fournissent des données pour le pays observé. Si oui, il est très probable que les données soient déjà collectées par un organisme officiel, et elles peuvent donc être adaptées aux structures CFM-EE (voir ci-dessous). Si ces données n'existent pas, d'autres sources peuvent être utilisées.

**Tableau 2.19** Sources des statistiques sur l'énergie.

SOURCE DES DONNÉES	CARACTÉRISTIQUES
Données administratives	Tirées d'une source administrative, c'est-à-dire d'une « unité organisationnelle responsable de la mise en œuvre d'un règlement administratif (ou d'un groupe de règlements) pour lequel le registre correspondant des unités et des transactions est considéré comme une source de données statistiques » <sup>14</sup>
Statistical surveys	Enquêtes par sondage et recensements
Modélisation	Estimation d'une variable/donnée qui ne peut être mesurée directement, mais qui est estimée sur la base de données mesurables et observables.
Mesures in situ	Techniques de collecte de données détaillées sur la consommation à l'aide d'un dispositif de mesure qui peut, par exemple, être installé au niveau du point de consommation finale

Source ; (DSNU 2018)

14 Glossaire de termes statistiques de l'OCDE <http://stats.oecd.org/glossary/>

Chacune de ces sources de données présente des avantages et des inconvénients. L'objectif doit être de collecter des données par les moyens les plus efficaces possibles. Dans le meilleur des cas, des données sont déjà disponibles auprès d'une source administrative ou d'une enquête existante. Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, les enquêtes existantes pourraient être complétées par des questions supplémentaires, ou une nouvelle

enquête pourrait être envisagée. Les systèmes administratifs constituent une autre source de données, car la production d'énergie est souvent une activité soumise à auto-régulation (DSNU 2018).

Le manuel de la DSNU identifie les instruments et les répondants appropriés suivants pour les données sur la production primaire de produits énergétiques solides, liquides et gazeux.

**Tableau 2.20** Instruments et répondants appropriés en fonction des besoins d'information identifiés.

MÉTHODE DE COLLECTE DES DONNÉES	SOURCE DES DONNÉES	DONNÉES POTENTIELLES OBSERVÉES
Données administratives	Propriétaires des données	Production de charbon
Recensement/enquête par sondage	Entités de l'industrie minière (charbon, pétrole, gaz)	Production de pétrole brut Production de gaz naturel

Source ; (DSNU 2018)

### 2.4.2.2- Rapports existants

Les statistiques minières, les statistiques énergétiques et les bilans compilés par les institutions statistiques nationales fournissent des données sur l'extraction des ressources pétrolières et d'autres vecteurs d'énergie fossile. La qualité des données est généralement élevée pour toutes les sous-catégories. En outre, la structure des tableaux CFM-EE est compatible avec les données fournies, par exemple, à l'AIE (voir ci-dessous).

Dans un premier temps, les compilateurs doivent vérifier la disponibilité des données en examinant les ensembles de données qui ont déjà été compilés conformément aux réglementations (internationales). Si l'AIE ou l'DSNU publie des données sur un pays spécifique (<https://www.iea.org/data-and-statistics>, [https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/ye\\_arbook/](https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/ye_arbook/)), il est très probable qu'une source locale communique déjà des données officielles à l'AIE. Il devrait donc être possible d'obtenir ces données directement à partir de cette source.

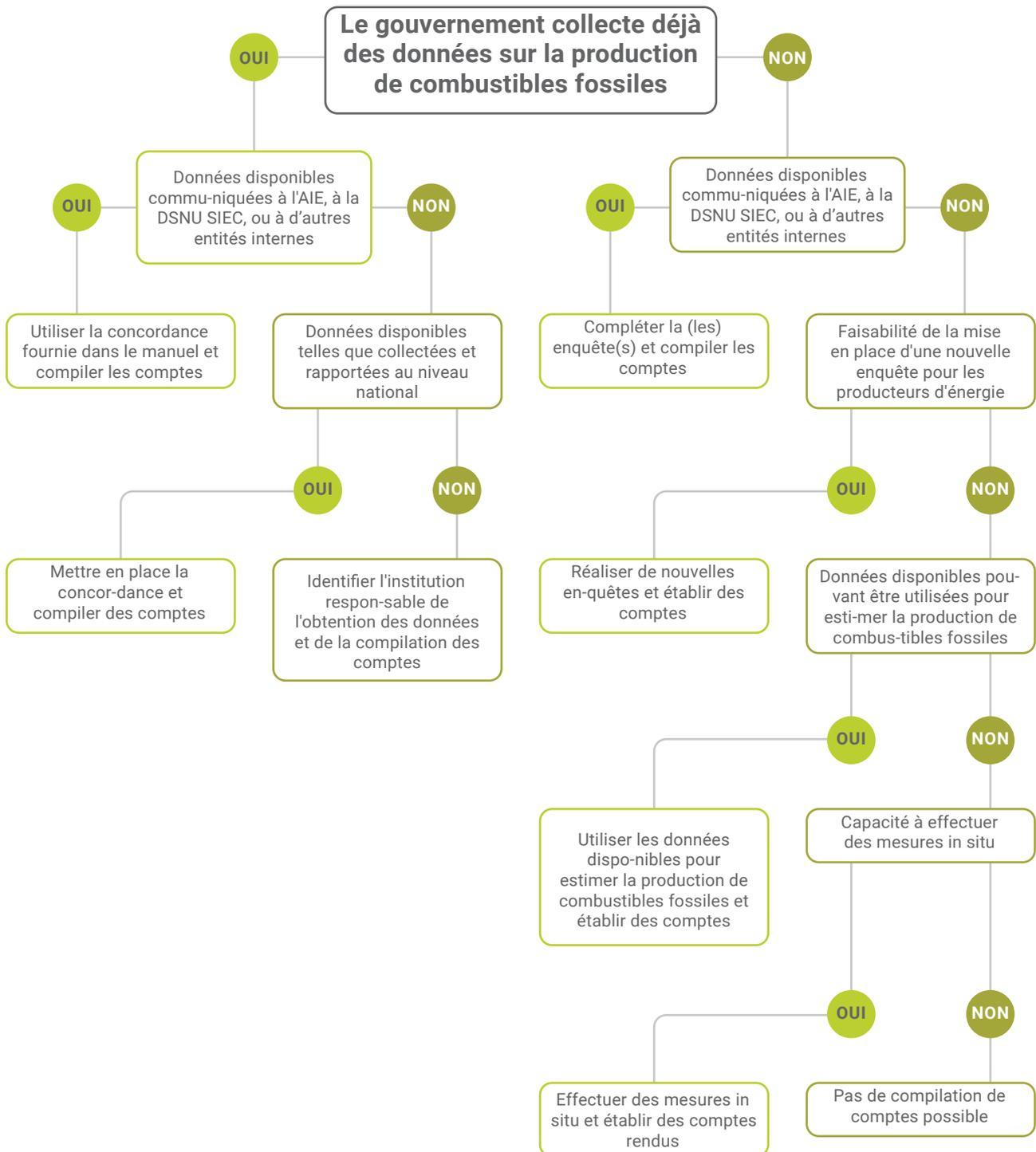
Les deux principales exigences internationales en matière de rapports sur les combustibles fossiles sont les suivantes :

- Rapports à l'AIE
- Rapport à l'DSNU pour la base de données des statistiques de l'énergie<sup>15</sup>

En général, les données communiquées aux organisations internationales telles que l'AIE ou l'DSNU sont beaucoup plus détaillées que celles nécessaires aux CFM-EE. Les données déclarées peuvent donc être utilisées pour alimenter les comptes de flux de matières. Mais la déclaration à l'AIE n'est pas seulement utile pour compléter les comptes de CFM-EE. Les données détaillées et spécifiques à l'industrie communiquées à l'AIE sont importantes pour améliorer le travail d'empreinte (voir chapitre 7) et permettent de mieux comprendre la structure physique de l'économie.

15 Le questionnaire annuel de la DSNU sur les statistiques de l'énergie est envoyé chaque année aux bureaux nationaux de statistiques, aux ministères de l'énergie et aux autres autorités responsables des statistiques de l'énergie dans les pays.

**Figure 2.5** Arbre de décision pour l'approvisionnement en données pour les comptes d'extraction de combustibles fossiles.



### 2.4.3 Classification des combustibles fossiles dans les CFM-EE par rapport à la SIEC de la DSNU

En 2016, la Division des statistiques des Nations unies a publié la Classification internationale type des produits énergétiques (SIEC) dans le cadre des Recommandations internationales pour les

statistiques de l'énergie (1RES) (DSNU 2016). Les données compilées dans le cadre de la SIEC correspondent parfaitement à la structure des CFM-EE ; cependant, seule une petite partie doit être utilisée, car la SIEC discerne également les produits énergétiques en plus des vecteurs énergétiques.

Le tableau 2.21 présente les éléments de la SIEC qui peuvent être utilisés pour compléter les CFM-EE.

**Tableau 2.21** Combustibles fossiles dans les CFM-EE par rapport à la SIEC de la DSNU.

CODE CFM-EE	NOM CFM-EE	CODE SIEC	NOM SIEC	DSNU
A.4.1.1.1	Lignite (charbon brun)	022	Lignite	LN
A.4.1.1.2	Autres charbons sub-bitumineux	021	Charbon sub-bitumineux	SB
A.4.1.2.1	Anthracite	011	Anthracite	AT
A.4.1.2.2	Charbon à coke	0121	Charbon à coke	CC
A.4.1.2.3	Autres charbons bitumineux	0129	Autres charbons bitumineux	OB
A.4.1.3	Tourbe	111	Tourbe de terre	PT
		112	Tourbe broyée	PT
A.4.2.1	Pétrole brut	410	Pétrole brut conventionnel	CR
A.4.2.2	Gaz naturel	300	Gaz naturel	NG
A.4.2.3	Liquides de gaz naturel	420	Liquides de gaz naturel (LGN)	GL
A.4.3	Schiste bitumineux et sables bitumineux	200	Schistes bitumineux / sables bitumineux	OS

#### 2.4.3.1- Autres sources

En cas de manque de données, des bases de données internationales sur les matières énergétiques fossiles sont fournies par l'Agence internationale de l'énergie, les statistiques de l'énergie des Nations unies, l'administration américaine de l'information sur l'énergie (EIA) et les bases de données de l'USGS et de la BGS.

L'extraction des différents types de charbon, de pétrole brut et de gaz naturel est signalée dans toutes ces bases de données et peut être utilisée pour compiler les comptes de flux de matières. Les différences entre les valeurs rapportées par les différentes sources proviennent normalement de divergences dans les définitions ou les procédures de conversion des unités. Il est fortement recommandé que les professionnels des CFM-EE collaborent avec le personnel responsable de la

compilation des données énergétiques communiquées aux sources mentionnées ci-dessus.

Lorsque les données relatives à l'extraction de toutes les ressources pétrolières et autres vecteurs d'énergie fossile sont exprimées en unités de masse, elles peuvent être intégrées dans les CFM-EE sans autre traitement. Les valeurs données en volume ou en contenu énergétique doivent être converties en unités de masse. Des facteurs spécifiques à chaque pays doivent être appliqués pour ces conversions, car les caractéristiques techniques des ressources pétrolières varient d'une région à l'autre.

## 2.4.4 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données

Certains pays présentent des bilans énergétiques indiquant la fourniture et l'utilisation de l'énergie par différentes industries spécifiques. Pour compiler les données des CFM-EE sur l'extraction intérieure de matériaux/vecteurs d'énergie fossile, les données du bilan énergétique sur la production nationale de vecteurs d'énergie fossile doivent être utilisées comme source principale. Ci-après, des définitions de toutes les catégories sont fournies sur la base du guide de compilation d'Eurostat (Eurostat 2013).

La catégorie A.4.1 comprend toutes les formes de charbon. Le regroupement des charbons ici est basé en grande partie sur le concept de « rang » des charbons. La tourbe peut être considérée comme le rang le plus bas du charbon, ou plus exactement comme son précurseur. La tourbe (A.4.1.3) est une matière organique molle, souvent spongieuse, composée principalement de matières végétales partiellement décomposées, de matières minérales mineures et ayant une teneur en eau très élevée

(voir ci-dessous). Le fait de soumettre la tourbe à des niveaux accrus de pression et de température sur des périodes pro-longées (géologiques) augmente le rang du char-bon.

L'augmentation du rang se traduit grosso modo par une réduction importante de la teneur en humidité et des composants organiques volatils, ce qui accroît également la dureté et le contenu calorifique utile effectif par tonne de charbon (en particulier lorsque l'on passe du lignite aux charbons bitumineux). Le charbon véritable le moins bien classé, le lignite (A.4.1.1.1), a tendance à avoir une texture molle, brune et terreuse et une teneur en eau élevée. Les charbons sub-bitumineux (A.4.1.1.2) les mieux classés ont tendance à être d'un noir terne, tandis que les charbons bitumineux (A.4.1.2) sont brillants et noirs avec un pouvoir calorifique élevé (et donc très efficaces pour la production d'électricité d'origine thermique). Le charbon le mieux classé, l'antracite (A.4.1.2.1), est dur, noir et brillant et a une très faible teneur en humidité et en matières volatiles, ce qui le rend préférable pour les utilisations métallurgiques de grande valeur.

### 2.4.4.1 - A.4.1.1 Lignite

Tableau 2.22 Matériaux inclus dans la catégorie du lignite.

RAW MATERIAL	DEFINITION
Lignite / charbon brun	Charbon non aggloméré d'un pouvoir calorifique supérieur <17,4 MJ/kg contenant plus de 31 % de matières volatiles sur une base sèche exempte de matières minérales
Autres charbons sub-bitumineux	Charbons non agglomérés ayant un pouvoir calorifique supérieur compris entre 17,4 et 23,9 MJ/kg et contenant plus de 31 % de matières volatiles sur une base sèche exempte de matières minérales

### 2.4.4.2- A. 4.1.2 Houille

Tableau 2.23 Matériaux inclus dans la catégorie de la houille.

MATÉRIAU BRUT	DÉFINITION
Anthracite	
Charbon à coke	Pouvoir calorifique supérieur >23,9 MJ/kg
Autres charbons bitumineux	

### 2.4.4.3- A.4.1.3 Tourbe

La tourbe est un dépôt sédimentaire fossile combustible, poreux ou comprimé, d'origine végétale et à forte teneur en eau, qui peut être utilisé pour la combustion ou à des fins agricoles. L'utilisation non énergétique représente une part importante de l'extraction totale de tourbe. Par conséquent, tous les types de tourbe - à usage énergétique ou non - doivent être déclarés dans cette catégorie.

Remarque : Dans les cas où aucune source nationale n'est disponible, l'USGS peut être utilisée comme source exhaustive <sup>16</sup>.

Pour la conversion des mètres cubes de tourbe sèche en tonnes, le facteur de conversion suivant peut être utilisé (UN 1987) : 1 m<sup>3</sup> = 0,753 t.

### 2.4.4.4- A.4.2 Pétrole brut, gaz naturel et liquides de gaz naturel

**Tableau 2.24** Matières incluses dans la catégorie du pétrole brut, du gaz naturel et des liquides de gaz naturel.

MATÉRIAU BRUT	DÉFINITION
Pétrole brut	Huile minérale constituée d'un mélange d'hydrocarbures d'origine naturelle
Gaz naturel	Gaz liquéfiés ou gazeux présents dans les gisements souterrains, constitués principalement de méthane ; comprenant à la fois le gaz « non associé » provenant de gisements ne produisant que des hydrocarbures sous forme gazeuse et le gaz « associé » produit en association avec le pétrole brut, ainsi que le méthane récupéré dans les mines de charbon (gaz de houillère)
Liquides de gaz naturel (LGN)	Hydrocarbures liquides, généralement de trois à huit atomes de carbone par molécule, dissous dans du gaz naturel dans un réservoir d'hydrocarbures, extraits avec le flux de gaz. Les composants plus légers (trois à quatre atomes de carbone, principalement le propane, le butane, les butylènes, le propylène et leurs isomères) sont gazeux à des températures normales. Les composants plus lourds (cinq à huit atomes de carbone), généralement liquides à température et à pression normales, constituent les « condensats ».

Outre le pétrole brut récupéré à partir de puits de pétrole conventionnels et en utilisant des techniques de récupération assistée, notamment la fracturation hydraulique (fracking), la composante de pétrole brut de cette catégorie comprendra également toute l'extraction de pétrole des sables bitumineux qui a lieu in situ, c'est-à-dire lorsque le sable bitumineux est laissé en place, mais que la composante pétrole est extraite directement par des techniques telles que l'injection de vapeur et/ou de solvant. Le même principe s'applique aux schistes bitumineux, si/lorsqu'il y a extraction directe de produits pétroliers sans excavation physique préalable de la roche hôte. Les quantités de gaz naturel produit sont mesurées après purification et extraction des LGN et du soufre.

Le gaz réinjecté, les quantités évacuées ou brûlées à la torche (ce que l'on appelle la production sèche totale) sont déclarés séparément dans les statistiques de l'énergie et devraient être inclus dans la mesure du possible.

Remarque : Les données en unités de masse peuvent être intégrées sans autre traitement dans les CFM-EE. Toutefois, la production de gaz naturel est souvent indiquée en volume ou en contenu énergétique (« pouvoir calorifique supérieur », PCS). Pour la conversion en tonnes métriques, il convient idéalement d'appliquer des facteurs spécifiques à la région. En l'absence de telles données, des facteurs moyens peuvent être appliqués.

<sup>16</sup> Le site d'information sur les minéraux de l'USGS comporte une section sur les statistiques et les informations relatives à la tourbe, disponible à l'adresse <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/peat-statistics-and-information>. Pour les données relatives à la production nationale mondiale, voir le tableau 9 de l'Annuaire des minéraux.

**Tableau 2.25** Facteurs de conversion du gaz naturel.

kg / m3 (MÈTRE CUBIE STANDARD À 15°C)	VCG [MJ/KG]	GCV [MJ/M³]
0.8	50	40

Les LGN sont des hydrocarbures légers, contenant généralement de trois à huit atomes de carbone par molécule, dissous dans le gaz naturel associé ou non associé d'un réservoir d'hydrocarbures, extrait dans un flux de gaz. Les composants plus légers (trois à quatre atomes de carbone, principalement le propane, le butane, les butylènes, le propylène et leurs isomères), qui sont gazeux à des températures normales, sont généralement séparés lors du traitement ou du raffinage pour former le GPL. Les composants plus lourds (cinq à huit atomes de carbone),

qui ont tendance à être liquides à température et à pression normales, sont les « condensats ». Si les condensats (en particulier les « condensats de concession ») et les LGN sont enregistrés séparément, il convient généralement de les additionner pour obtenir la DE des LGN. En revanche, lorsque le GPL est enregistré séparément, il ne doit PAS être ajouté à la DE. Le GPL est généralement un produit de raffinerie et aurait donc déjà dû être inclus dans les LGN. Ajouter le GPL reviendrait à le compter deux fois.

#### 2.4.4.5 - A.4.3 Schistes bitumineux et sables asphaltiques

**Tableau 2.26** Matières incluses dans la catégorie des schistes bitumineux et des sables asphaltiques.

MATÉRIAU BRUT	DÉFINITION
Schiste bitumineux	Roche sédimentaire contenant du kérogène, une matière organique solide
Sables bitumineux	Sables imprégnés de bitume d'origine naturelle qui donnent des mélanges d'hydrocarbures liquides et nécessitent un traitement supplémentaire autre qu'un mélange mécanique avant de devenir des produits pétroliers finis

Comme indiqué au point A.4.2, les produits pétroliers extraits directement des sables ou schistes bitumineux laissés in situ doivent être comptabilisés directement dans cette catégorie. Ce n'est que lorsque le sable ou le schiste bitumineux est physiquement excavé, puis traité ou utilisé directement, qu'il doit être comptabilisé dans la catégorie A.4.3. Lorsque le sable ou le schiste bitumineux est physiquement excavé, c'est l'ensemble du composant excavé qui est ensuite traité ou utilisé directement qui doit être comptabilisé, et non pas seulement le composant pétrolier extrait. Si seul le produit pétrolier extrait est enregistré dans ce cas, un facteur par défaut de 2 tonnes de sable bitumineux par baril de pétrole peut être appliqué (Eurostat 2013), mais il est préférable d'essayer de trouver des coefficients locaux. Pour le schiste bitumineux, les facteurs sont susceptibles d'être très différents et très spécifiques à l'endroit. Au moment de la rédaction du présent rapport, la production de pétrole à partir de véritables schistes bitumineux était toutefois insignifiante, la production mondiale étant dominée par la production d'un pays (l'Estonie) où la majeure partie de la production était brûlée directement pour produire de l'électricité d'origine thermique.

Remarque : le nom « schiste bitumineux » est une source de confusion possible dans cette catégorie. Les schistes bitumineux de la catégorie A.4.3 se caractérisent par le fait qu'ils ne contiennent pas vraiment de pétrole, mais plutôt des kérogènes qui doivent subir un traitement thermique supplémentaire avant de devenir du pétrole. Ces dernières années, cependant, des technologies de fracturation hydraulique ont été employées avec succès pour extraire une grande quantité de pétrole ordinaire directement à partir de réservoirs de pétrole dont la perméabilité était auparavant insuffisante pour permettre une extraction conventionnelle. Ces réservoirs « étanches » sont également souvent appelés réservoirs « de schiste », et le produit extrait est vaguement appelé « huile de schiste ». Ce processus et ce produit sont totalement distincts des schistes bitumineux et appartiennent entièrement au pétrole produit de manière conventionnelle dans la catégorie A.4.2.



# 3 Trade of Materials

## 3.1 Concepts et classification

### 3.1.1 Concepts

La méthode de comptabilisation des échanges de matières décrite dans ce guide vise à saisir la quantité maximale possible en termes de masse physique, dans des catégories étroitement alignées sur celles utilisées pour les sections relatives à l'extraction intérieure, tout en n'introduisant pas d'erreurs importantes dues à un rétrocalcul/une modélisation excessif(ve) des tonnages, ou à une mauvaise catégorisation des matières échangées.

Une différence majeure dans l'assemblage des comptes physiques du commerce par rapport aux comptes d'extraction intérieure est qu'il y a peu de risque de comptabilisation multiple d'une même matière dans les comptes du commerce. Par exemple, lors de l'établissement des comptes DE, il faut veiller à ne pas inclure le bois lorsqu'il est récolté pour la première fois, puis sous forme de bois scié, de copeaux ou de pulpe, et éventuellement une troisième fois sous forme de papier ou d'autres produits du bois. Ce n'est généralement pas un problème pour le commerce, car une fois qu'un produit est exporté sous une forme, il ne peut logiquement pas être exporté à nouveau sous une autre forme (du moins, pas à moins qu'il ne soit réimporté au préalable). Par conséquent, le champ d'application des matières et des produits pris en compte dans les comptes commerciaux des CFM-EE est beaucoup plus vaste. Lorsque la DE ne comptabilise que le bois tel qu'il est extrait de l'environnement, le compte commercial s'efforcera d'inclure le bois transformé et les produits du bois. De même, lorsque les comptes DE pour le pétrole comptabilisent principalement le pétrole brut et les liquides de gaz naturel, les comptes pétroliers échangés devraient également inclure les carburants raffinés et d'autres produits pétroliers secondaires.

Bien que le champ d'application des produits dans les comptes commerciaux des CFM-EE soit

beaucoup plus vaste que celui des comptes DE, aucune tentative n'est faite pour rendre compte de « l'incarnation » des ressources naturelles dans le commerce physique, à l'exception des matières qui font l'objet d'un commerce direct et physique. Les tonnages de matières nécessaires à la fabrication d'un produit, mais qui ne font pas partie du produit final échangé, ne sont pas comptabilisés dans le commerce physique. Par exemple, alors que la production d'une tonne d'aluminium peut avoir nécessité plusieurs tonnes de bauxite et plusieurs tonnes de charbon (pour l'électricité nécessaire), seule la tonne d'aluminium échangée est comptabilisée dans le compte des opérations commerciales. La comptabilisation des matériaux incorporés dans l'énergie fait l'objet de différentes méthodologies, notamment d'une empreinte matérielle.

Si l'éventail des produits pris en compte pour le commerce est beaucoup plus vaste que pour l'évaluation environnementale, le champ d'application des matières réelles à inclure est le même, c'est-à-dire qu'il faut veiller à ne pas inclure des matières telles que l'eau supplémentaire ou les gaz de l'atmosphère, qui ne sont pas pris en compte dans l'évaluation environnementale. Le premier peut être important pour certains produits de la biomasse, tandis que le second peut l'être pour les engrais (voir les sections 3.3.1 et 3.3.3 respectivement).

Les matières qui entrent et sortent d'un pays simplement en route vers leur destination sont appelées flux de transit et ne doivent pas être comptabilisées dans les comptes d'importation ou d'exportation.

### 3.1.2 Classification - détail

Le tableau 3.1 présente la classification utilisée pour les échanges physiques. Dans ce cas, les classifications concernent les importations, qui sont définies avec un préfixe B, mais correspon-

dent directement au système utilisé pour les exportations, qui utilise simplement un préfixe C dans le code.

Les catégories ont été choisies pour correspondre le plus possible aux catégories utilisées pour l'extraction intérieure, mais il y a quelques catégories supplémentaires. Il s'agit de permettre la prise en compte de biens supplémentaires qui ont été transformés dans une certaine mesure, et même de certains biens manufacturés lorsqu'ils sont dominés par des catégories de matériaux spécifiques. Cela se reflète principalement dans les catégories

qui ont un suffixe « composé ». À titre d'exemple, le B.4. composé permettrait au compilateur d'enregistrer des tonnages importants d'importations de pneus, qui sont généralement composés principalement de caoutchouc ou d'origine pétrochimique, mais qui contiennent également des composants significatifs de métaux, et peut-être un peu de caoutchouc issu de la biomasse.

Des informations plus détaillées sur la manière d'utiliser ce système lors de l'élaboration des comptes du commerce physique sont fournies dans les sections spécifiques aux matériaux ci-dessous.

**Tableau 3.1** Classification du commerce physique.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES
			B.1.1.1.1 Rice
			B.1.1.1.2 Wheat
		B.1.1.1 Céréales	B.1.1.1.3 Maize
			B.1.1.1.4 Cereals n.e.c.
		B.1.1.2 Racines et tubercules	
		B.1.1.3 Cultures sucrières	
		B.1.1.4 Légumineuses	
<b>B.1 BIOMASS</b>	<b>B.1.1 Cultures brutes et transformées</b>	B.1.1.5 Noix	
		B.1.1.6 Cultures oléagineuses	
		B.1.1.7 Légumes	
		B.1.1.8 Fruits	
		B.1.1.9 Fibres	
		B.1.1.10 Épices, boissons et produits pharmaceutiques	
		B.1.1.11 Tabac	
		B.1.1.12 Autres cultures n.c.a.	

**Tableau 3.1** Classification du commerce physique.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES
<b>B.1 BIOMASSE</b>	<b>B.1.2</b> 2 Résidus de culture (utilisés) et cultures fourragères	B.1.2.1 Paille	
		B.1.2.2 Autres résidus de culture (feuilles de betteraves sucrières et fourragères, autres)	
		B.1.2.3 Cultures fourragères (y compris la récolte de biomasse des prairies)	
	<b>B.1.3</b> Bois et produits du bois	B.1.3.1 Bois (bois rond industriel)	
		B.1.3.2 Bois de chauffage et autres extractions	
	<b>B.1.4</b> Poissons, animaux et plantes aquatiques sauvages	B.1.4.1 Captures de poissons sauvages	
		B.1.4.2 Tous les autres animaux aquatiques sauvages	
		B.1.4.3 Plantes aquatiques	
	<b>B.1.5</b> Animaux vivants et produits (à l'exclusion des poissons sauvages, des animaux aquatiques et des plantes)	B.1.5.1 Animaux vivants (à l'exclusion des poissons et animaux sauvages)	
		B.1.5.2 Viande et préparations à base de viande	
		B.1.5.3 Produits laitiers, œufs d'oiseaux et miel	
B.1.5.4 Autres produits d'origine animale			
	<b>B.1.composé</b> Produits mélangés / composés principalement à partir de la biomasse		
<b>B.2 MINÉRAIS MÉTALLIQUES</b>	<b>B.2.Fe</b> Minerais de fer et leurs concentrés, fer et acier, produits à teneur dominante en fer		
	<b>B.2.Al</b> Minerais et concentrés d'aluminium, métal aluminium, produits à teneur dominante en aluminium		
	<b>B.2.x</b> Minerais et concentrés de X, métal X, produits dominés par X (où X est un élément métallique spécifique autre que le fer ou l'aluminium)		
	<b>B.2.Composés</b> Produits mixtes/ composés principalement à base de métal		

**Tableau 3.1** Classification du commerce physique.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES
	<i>B.2.Fe.m Iron ores metal content (memo item)</i>		
<b>B.2.M TENEUR EN MÉ-TAL</b>	<i>B.2.Fe.m Teneur en métaux des minerais de fer (pour mémoire)</i>		
	<i>B.2.x Teneur en métal des minerais X, où X est un élément métallique spécifique autre que le fer ou l'aluminium (pour mémoire)</i>		
	<b>B.3.1</b> Pierres ornementales ou de construction		
<b>B.3 MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES</b>		B.3.2.1 Craie	
	<b>B.3.2</b> Minéraux carbonatés importants dans le ciment	B.3.2.2 Dolomie	
		B.3.2.3 Calcaire	
		B.3.2.4 Ciment et produits dérivés	
	<b>B.3.4</b> Minéraux chimiques et engrais		
	<b>B.3.5</b> Sel		
	<b>B.3.6</b> Gypse et ses produits		
<b>B.3 MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES</b>	<b>B.3.7</b> Argiles	B.3.7.1 Argiles structurales et leurs produits	
		B.3.7.2 Argiles spéciales	
	<b>B.3.8</b> Sable et gravier	B.3.8.1 Sable et gravier industriels	
		B.3.8.2 Sable et gravier pour la construction	
	<b>B.3.9</b> Autres minéraux non métalliques n.c.a.		
	<b>B.3.Composé</b> Composé Produits mélangés / composés principalement à partir de minéraux non métalliques		

**Tableau 3.1** Classification du commerce physique.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES	4 CHIFFRES	
<b>B.4</b> <b>COMBUSTIBLES</b> <b>FOSSILES</b>	<b>B.4.1</b> Charbon et tourbe	<b>B.4.1.1</b> Lignite	B.4.1.1.1 Lignite (charbon brun)	
			B.4.1.1.2 Autres charbons sub- bitumineux	
		<b>B.4.1.2</b> Houille	B.4.1.2.1 Anthracite	
			B.4.1.2.2 Charbon à coke	
			B.4.1.2.3 Autres charbons bitu- mineux	
		<b>B.4.1.3</b> Tourbe		
			<b>B.4.1.4</b> 4 Produits dérivés du charbon n.c.a.	
		<b>B.4.2</b> Conventional petroleum and gas	<b>B.4.2.1</b> Pétrole brut et produits pétroliers liquides	
				<b>B.4.2.2</b> Gaz naturel et produits pétroliers gazeux
		<b>B.4</b> <b>COMBUSTIBLES</b> <b>FOSSILES</b>	<b>B.4.3</b> Schistes bitumineux et sables asphaltiques	
<b>B.4.composé</b> Produits mixtes / composés principalement à partir de combustibles fossiles				
<b>B.5</b> PRODUITS MIXTES / COMPLEXES n.e.c.				
<b>B.6</b> DÉCHETS DESTI-NÉS AU TRAITE-MENT FINAL ET À L'ÉLIMINATION				

Remarque : Les importations d'articles sont compilées dans le tableau B du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1), tandis que les exportations doivent être compilées dans le tableau C

## 3.2 Source des données

---

Les agences statistiques d'environ 200 pays communiquent déjà des statistiques commerciales à la Comtrade des Nations unies. Cela signifie que dans la plupart des pays, une première étape pratique consiste à déterminer qui, au sein de l'ONS, est actuellement responsable de cette question, puis à demander comment ils obtiennent leurs données primaires.

La localisation de la source locale des données communiquées à Comtrade est une bonne première étape. Toutefois, pour la biomasse et les combustibles fossiles, dans de nombreux cas, le service national de statistique local ou d'autres agences gouvernementales peuvent communiquer des données commerciales distinctes à la FAO (biomasse) ou à l'AIE (combustibles fossiles) en réponse à des questionnaires. Si c'est le cas, il est bon de localiser les agents locaux qui répondent à la FAO et/ou à l'AIE, car les données commerciales détenues par ces agences pour leurs matériaux spécifiques semblent souvent supérieures à celles communiquées à Comtrade, peut-être parce que ces organisations sont davantage axées sur des domaines spécifiques. La FAO met ses données commerciales gratuitement à disposition en ligne, il est donc judicieux d'en obtenir une copie pour votre pays, mais ces données doivent ensuite être comparées aux données originales fournies par vos

agences locales. La raison en est que la FAO effectue un travail considérable de contrôle de la qualité et réalise également ses propres estimations pour les catégories. L'origine de chaque entrée dans les données de la FAO est généralement clairement indiquée. Les agences locales qui compilent les CFM-EE devraient être bien placées pour faire appel à l'expertise locale afin de déterminer l'estimation à adopter.

Lorsqu'il n'y a pas de rapport organisé par les agences locales à Comtrade, à la FAO, à l'AIE, etc., il est toujours probable qu'une autorité locale enregistre des mesures d'importation et d'exportation pour certaines matières à des fins de taxation. Cette responsabilité peut incomber aux autorités portuaires locales, aux agences de contrôle des douanes et des frontières ou aux services fiscaux.

La capacité à reconstituer les comptes du commerce physique à partir de ces données dépendra en grande partie de la manière dont les catégories de taxation peuvent être mises en correspondance avec les catégories physiques, de la question de savoir si les taxes sont prélevées sur une base physique ou financière (\$ par tonne ou pourcentage de la valeur en dollars) et de la fiabilité avec laquelle les valeurs monétaires peuvent être converties en tonnes physiques.

## 3.3 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données

---

La question pratique la plus importante à garder à l'esprit lors de la compilation des comptes commerciaux CFM-EE est qu'il s'agit de comptes physiques, mesurés en tonnages, et que la majeure

partie du tonnage échangé est représentée par un nombre relativement faible de produits de base primaires ou quasi primaires, de faible valeur unitaire (\$ par kg)<sup>17</sup>. Cette situation est presque

---

17 L'expression « matières quasi-primaires » est utilisée ici pour indiquer la proximité des matières primaires d'origine le long d'une chaîne de valeur ajoutée. Si le minerai de fer et le charbon sont des produits primaires, des produits comme la fonte brute et l'acier brut peuvent être considérés comme quasi primaires, car ils se situent aux premiers stades d'une transformation économique ultérieure et une part importante de leur valeur monétaire est imputable au coût des intrants des matières premières. Des objets tels que les smartphones, les avions et les lames de scalpel tirent la quasi-totalité de leur valeur monétaire de transformations de plus en plus élaborées le long d'une chaîne de valeur ajoutée, et sont donc loin d'être primaires.

l'inverse de celle des comptes financiers, où un grand nombre des postes de valeur les plus importants se rapportent à des activités dont la valeur unitaire est très élevée (dans certains cas, ces produits et services ont un contenu matériel direct faible ou inexistant).

Par conséquent, lors de la compilation des CFM-EE, le même effort investi pour s'assurer que quelques grands comptes de produits en vrac sont corrects permettra d'améliorer considérablement la précision des comptes que le même effort déployé pour essayer d'affiner les comptes pour les produits à valeur unitaire élevée. Alors que les systèmes de classification utilisés pour rendre compte des échanges commerciaux comptent généralement plusieurs milliers de catégories, pour la plupart des pays, moins de 1 % (et souvent moins de 0,1 %) de ces catégories représentent plus de 90 % du tonnage total des échanges commerciaux.

Une autre raison de ne pas consacrer beaucoup d'efforts à la comptabilisation des biens d'une valeur unitaire plus élevée dans les comptes du commerce physique est que bon nombre des biens transformés de manière plus élaborée ont tendance à contenir des matériaux provenant de nombreuses catégories différentes, et que les proportions de ces matériaux sont difficiles à déterminer et très variables. À titre d'exemple, un smartphone d'une valeur de 1 000 dollars contient moins de 0,5 kg de matériaux, répartis dans au moins quatre grandes catégories de matériaux (minerais ferreux, minerais non ferreux, minéraux non métalliques et combustibles fossiles). Le minerai de fer (ou le riz, ou le pétrole brut) d'une valeur de 1 000 dollars représente des milliers de fois cette quantité de matériaux, qui peuvent tous être attribués à une catégorie spécifique.

Une dernière raison de ne pas consacrer beaucoup d'efforts à la comptabilisation des biens à valeur unitaire élevée est qu'ils sont rarement enregistrés en termes de poids, mais plutôt en tant que nombre d'unités individuelles et/ou en termes de valeur monétaire. La relation entre les différents

produits, ou leur valeur, et leur masse physique est souvent très variable, de sorte que toute tentative de conversion au commerce physique est peut-être aussi susceptible d'introduire des erreurs que d'améliorer le compte<sup>18</sup>.

Les sections suivantes, qui traitent de la compilation de chacune des principales catégories de matériaux échangés, se référeront à plusieurs reprises au système de classification présenté dans le tableau 3.1. Alors que le tableau 3.1 se réfère spécifiquement aux importations, la structure du tableau des exportations est identique, à l'exception du préfixe C et du mot « Exportations » qui doivent être remplacés respectivement par B et « Importations ». Les quatre principales catégories de matières sont nommées de manière à correspondre exactement à celles utilisées dans les comptes DE. Toutefois, les noms des catégories commerciales peuvent refléter directement une matière primaire ou la matière primaire à partir de laquelle un produit a été principalement dérivé. Cela apparaît clairement dans les noms des sous-catégories de niveau 2 à 4 chiffres. Les sous-catégories à deux chiffres comprennent une sous-catégorie supplémentaire, avec le suffixe « .composé », en plus de celles présentes dans la comptabilité DE. Cette catégorie est prévue pour accumuler les tonnages de produits échangés qui sont jugés clairement dominés par l'une des principales catégories de matières, mais qui sont mélangés et qu'il n'est pas possible d'attribuer avec précision à des sous-catégories plus spécifiques.

### 3.3.1 Biomasse échangée

Pour la biomasse, les descriptions de niveau 2 à 4 chiffres doivent couvrir la majeure partie des matières primaires et quasi primaires de la biomasse. Par exemple, des produits tels que le blé, la farine de blé, le pain de seigle, les pâtes à pain pré-mélangées, les croquettes, etc. relèveraient de la rubrique B.1.1.1.2 ou B.1.1.1.4, en fonction de la mesure dans laquelle le compilateur est capable de déterminer la ou les céréales utilisées. Bien que le pain contienne d'autres composants que les céréales, dans la plupart des

18 Des tableaux convertissant les produits classés dans le système de la CN en poids ont été rassemblés dans certaines annexes d'Eurostat (2013). Toutefois, le compilateur doit se demander, avant de les utiliser, si ces facteurs reflètent fidèlement les produits locaux, si l'élargissement des comptes risque d'introduire plus d'erreurs qu'il n'en élimine et si l'effort en vaut la peine.

cas, le composant céréalier est suffisamment dominant pour qu'il soit placé sous B.1.1.12 ou B1. composé, ce qui entraînerait probablement une perte d'information inutile. Ainsi, si le compilateur dispose d'informations fiables indiquant que la grande majorité de la farine ou du pain faisant l'objet d'un commerce international dans son pays utilise en fait principalement de la farine de banane, par exemple, il ne doit pas hésiter à classer le tonnage de pain commercialisé sous la rubrique B.1.1.8. L'objectif est de refléter le plus fidèlement possible les matériaux originaux dominants.

De même, si le compilateur a facilement accès à des données indiquant qu'il commercialise d'importants volumes d'un produit principalement céréalier composé de 30 % de blé, 30 % de riz, 20 % d'autres matières premières végétales (non spécifiées) et 20 % de sous-produits de la transformation de la viande, la solution optimale consisterait à attribuer ces pourcentages du poids commercialisé de ce produit à B.1.1.1.2, B.1.1.1, B.1.1.12, et B. 1.5.2 respectivement. En l'absence d'informations détaillées sur la composition, un produit similaire pourrait être classé sous B.1. composé. Dans un troisième cas, pour un produit similaire dont le compilateur sait qu'il est composé à 50 % de blé et à 50 % d'autres produits dominés par une biomasse non spécifiée, il conviendrait de répartir le tonnage total de manière égale entre B.1.1.1.2 et B.1. composé.

Les exemples ci-dessus illustrent l'approche générale à adopter. Là encore, le compilateur doit toujours se demander si le temps passé à trouver les informations nécessaires pour effectuer des répartitions aussi détaillées ne serait pas mieux employé à vérifier et à affiner des postes à fort tonnage ailleurs dans les comptes, par exemple en s'assurant que le commerce des céréales en vrac est correct à quelques pour cent près.

Un problème qui peut affecter certains produits de la biomasse et dont le compilateur doit être conscient concerne les boissons. La majeure partie de nombreuses boissons est constituée d'eau qui a été ajoutée à des quantités relativement mineures de produits dérivés de cultures, et ne doit donc pas être comptabilisée. C'est le cas des boissons gazeuses sucrées et de la bière. En revanche, pour le vin et

les concentrés de jus de fruits, l'eau contenue est en fait dérivée de la culture au moment de la récolte et doit donc être comptabilisée pour rester cohérente avec les comptes de DE. Bien que les volumes de ces liquides puissent être raisonnablement convertis en tonnes (généralement entre 1,0 et 1,5 tonne par m<sup>3</sup>), à moins que le compilateur ne puisse exclure les principaux produits à base d'eau ajoutée (bière et boissons non alcoolisées), ou qu'il soit sûr qu'ils représentent une composante relativement mineure, il est préférable d'exclure complètement les boissons du compte des opérations commerciales. De même, alors que la plupart des produits laitiers doivent être comptabilisés sous B.1.5.3, le lait liquide doit être exclu complètement, car il contient plus de 85 % d'eau, ou son tonnage apparent doit être réduit en conséquence. En effet, la majeure partie de cette eau ne provient pas de la biomasse ingérée par la vache, mais de l'eau supplémentaire qu'elle boit.

La plupart des flux de produits de biomasse à fort tonnage seront enregistrés en tonnes ou dans d'autres unités de masse, mais un certain nombre de produits sont enregistrés en unités volumétriques, en pièces individuelles, voire en unités de surface ou de longueur. C'est un phénomène courant pour les produits en bois. Par exemple, parmi les principales catégories que la plupart des pays déclarent déjà à la FAO, les différents types de pâte à papier et de papier sont généralement enregistrés en tonnes et peuvent être comptabilisés directement. Le bois rond industriel, le bois de chauffage, le bois scié, les panneaux de particules et les autres composants sont enregistrés en m<sup>3</sup> et par type (résineux ou non résineux). Ils doivent donc être convertis en tonnes à l'aide de coefficients, tels que ceux fournis dans la section DE Bois, ou en utilisant des coefficients locaux spécifiques lorsque cela est possible.

Bien que des éléments tels que les copeaux de bois et les panneaux de particules apparaissent dans les statistiques de la FAO sous forme de tonnes ou de m<sup>3</sup>, le compilateur doit vérifier si les données originales fournies par l'agence locale étaient exprimées dans ces unités. Des éléments tels que les panneaux de particules et le bois scié sont souvent enregistrés à l'origine en m<sup>2</sup> ou en mètres linéaires. Si tel est le cas, le compilateur doit vérifier indépendamment si la

conversion en m<sup>3</sup> ou en tonnes semble raisonnable compte tenu des connaissances locales. Il convient de noter que les densités du bois, des particules de bois et des panneaux de particules par m<sup>3</sup> varient considérablement, même s'ils sont fabriqués à partir d'espèces d'arbres identiques. Cela est dû à l'introduction de vides remplis d'air pour les produits granulés et à la compression pour les produits en carton. Là encore, les coefficients locaux sont les meilleurs, mais une bonne gamme de densités pour différents copeaux de bois est disponible sur le site [https://www.simetric.co.uk/si\\_wood.htm](https://www.simetric.co.uk/si_wood.htm) (ainsi qu'une grande variété de densités pour d'autres produits en vrac, qu'ils soient issus de la biomasse ou des minéraux).

### 3.3.2 Minerais métalliques échangés

Il n'existe pas d'agence internationale équivalente qui soit parvenue à un niveau de centralisation des rapports sur les minéraux, qu'ils soient métalliques ou non métalliques, comparable à ce que la FAO ou l'AIE ont réalisé pour la biomasse et les combustibles fossiles respectivement. Une agence locale devrait répondre aux questionnaires Com-trade, qui comportent des catégories pour les minerais et concentrés métalliques, ainsi que pour une grande variété de produits métalliques. Malheureusement, les catégories utilisées par Com-trade ne font pas bien la distinction entre certains produits très différents et de grand tonnage (par exemple, les minerais et les concentrés de métaux individuels sont regroupés). En outre, la détermination de facteurs adéquats pour convertir les unités utilisées pour enregistrer de nombreux produits (par exemple, le nombre d'articles) en tonnages peut être difficile et sujette à de grandes erreurs. Par conséquent, il peut être très difficile de comptabiliser cette catégorie de manière exhaustive et le risque d'augmenter les erreurs en essayant d'inclure un trop grand nombre de produits est élevé. Le compilateur doit souvent se demander s'il a atteint le point où la comptabilisation d'un plus grand nombre de produits risque d'introduire plus d'erreurs qu'elle n'en supprime.

Le système harmonisé existant (SH) de déclaration à Comtrade utilise déjà un système de classification basé sur une désagrégation relativement détaillée des minerais et des concentrés en fonc-

tion du principal métal contenu, par ex. « 2603. Minerais de cuivre et concentrés ». Par conséquent, il est plus pratique que les catégories CFM-EE pour le commerce des minerais métalliques suivent le système utilisé pour les métaux contenus plutôt que les minerais extraits décrits dans la section 2.2.1. Les catégories résultantes sont donc construites comme B.2.x où x est le métal principal, par exemple B.2.Fe pour les minerais de fer et les concentrés.

Les efforts déployés pour enregistrer la composition détaillée des minerais métalliques échangés sont beaucoup moins importants que dans le cas de l'extraction intérieure. En effet, il est peu probable que les données enregistrées pour le commerce soient comparables aux données opérationnelles détaillées que les exploitants miniers rassemblent régulièrement. Si des données détaillées sur la teneur en métaux des minerais et des concentrés commercialisés sont disponibles ou peuvent être calculées, elles doivent être comptabilisées à l'aide du code de métaux contenus approprié. Ces codes supplémentaires concernent la teneur en métal pur qui peut être comptabilisée, et ils sont construits sous la forme B.2.x.m, où x est le métal principal, par exemple B.2.Cu.m et C.2.Cu.m pour le cuivre contenu dans les importations et les exportations respectivement. Comme pour la DE, les comptes de métaux contenus sont séparés du compte des opérations commerciales principal et ne sont pas additionnés lors de la création des totaux, car cela reviendrait à les compter deux fois.

Alors que les minerais métalliques échangés sont classés par métaux, ceux-ci sont regroupés dans le système à trois catégories B.2.Fe (pour le fer), B.2.Al (pour l'aluminium) et B.2.X (pour tous les autres), plus une catégorie supplémentaire B.2.composé (pour les produits composés constitués principalement de métaux).

Les principaux tonnages qui peuvent être comptabilisés en toute sécurité concernent les produits primaires ou quasi primaires. Par exemple, le minerai de fer et ses concentrés, la fonte brute, l'acier, la ferraille et l'acier, les produits sidérurgiques de base tels que les barres, les poutrelles, etc. (s'ils sont enregistrés en tonnes) devraient représenter la majeure partie de B.2.Fe ; la bauxite, l'alumine,

les lingots d'aluminium, les produits de base de l'aluminium sont attribués à B.2.AI ; et les autres minerais métalliques, les concentrés, les produits de base et les composés tels que le sulfate de cuivre, l'oxyde de titane, le rutile, etc. pour la majeure partie des matériaux sous B.2.X.

Dans certains cas, il peut être utile d'essayer de comptabiliser certains articles manufacturés complexes lorsqu'il est clair qu'ils contiennent des quantités significatives de matières qui peuvent raisonnablement être séparées. Par exemple, si la composition et le poids moyens exacts des voitures échangées diffèrent d'un pays à l'autre et d'une année à l'autre, plutôt que d'ignorer complètement ce flux, le compilateur pourrait tenter de l'affecter de l'une des deux manières suivantes. Le plus simple serait d'attribuer un tonnage égal au poids moyen estimé par véhicule x le nombre de véhicules à B.2.composé. Avec de meilleures données sur la composition des véhicules, une répartition plus détaillée pourrait être effectuée en divisant le tonnage total estimé des véhicules en, par exemple, 60 % d'acier (à attribuer à la fois à B.2.Fe et à B.2.Fe.m), 10 % d'aluminium (à attribuer à la fois à B.2.AI et à B.2.AI.m), 15 % de caoutchouc et de plastique (à attribuer à B.4.composé Produits mélangés/composés principalement à partir de combustibles fossiles), et en laissant 15 % non alloués. Dans un cas comme celui-ci, lorsqu'il est possible de faire une estimation raisonnable (ou prudente) de la taille moyenne de l'objet et de sa composition, l'objet mérite probablement d'être inclus.

Dans les cas où les objets ont une masse individuelle très variable (par exemple, les véhicules autres que les automobiles, les casseroles, les tuyaux, les bateaux, les réfrigérateurs, etc.), la tentative d'un tel calcul pourrait facilement introduire plus d'erreurs qu'elle n'en élimine. La décision dépendra des données brutes dont dispose le compilateur. Des tableaux de pondérations standard pour les produits ont été établis pour certains systèmes de classification des produits et présentés pour être utilisés dans les CFM-EE, notamment dans les annexes d'Eurostat (2013). Toutefois, il est fortement recommandé au compilateur de juger par lui-même si ces compilations s'appliquent à

sa situation locale et si les flux concernés sont susceptibles d'être significatifs. Souvent, les efforts requis pour appliquer ces systèmes seraient mieux employés à affiner les estimations sur les flux de produits de base à fort tonnage.

### 3.3.3 Minéraux non métalliques commercialisés

Les minéraux non métalliques sont similaires aux minerais métalliques en ce sens qu'il n'existe pas de grande agence internationale spécialisée dans l'établissement de comptes des opérations commerciales pour cette catégorie. Comtrade demande des données pour le commerce de la plupart des minéraux non métalliques, de sorte qu'un compilateur doit d'abord vérifier quelle(s) agence(s) locale(s) est (sont) responsable(s) de la communication des données commerciales à Comtrade, et quelles données sont compilées à cette fin dans cette catégorie. La répartition entre les catégories CFM-EE sera probablement meilleure si l'on utilise les données nationales détaillées originales plutôt que les agrégats déclarés à Comtrade. Le compilateur doit ensuite décider de la meilleure façon de répartir ces catégories de matériaux entre les catégories énumérées dans le tableau 3.1.

La prudence est de mise en ce qui concerne les engrais minéraux. Si certains engrais en vrac, tels que ceux contenant du phosphore et du potassium, sont en grande partie d'origine minérale, la principale catégorie d'engrais azotés est dans la plupart des cas principalement issue du procédé artificiel Haber.

La majeure partie de la masse provient donc de l'azote ou de l'oxygène atmosphérique, qui ne doivent pas être comptabilisés. À moins que le compilateur ne sache que la source est susceptible d'être des gisements minéraux de nitrates, les engrais à base de nitrates tels que le nitrate d'ammonium doivent être exclus du compte des opérations commerciales physiques. Les engrais mixtes, tels que le MAP (phosphate monoammonique) et le DAP (phosphate diammonique), compliquent encore la situation. Pour la plupart de ces engrais mixtes, les ratios des composants d'origine minérale sont plus élevés que ceux des composants d'origine atmosphérique, et ils doivent donc être comptabilisés comme des

engrais minéraux. La catégorie B.3.composé est disponible à la discrétion du compilateur.

### 3.3.4 Combustibles fossiles échangés

Comme pour l'extraction intérieure, la première étape pour un compilateur de comptes de flux de matières échangées pour les combustibles fossiles consiste à vérifier si son pays rend déjà compte à l'AIE ou répond au questionnaire annuel de la DSNU sur les statistiques de l'énergie<sup>19</sup>. Si tel est le cas, le niveau des données déjà compilées à ces fins devrait être largement suffisant pour le corps principal des comptes de flux de matières. L'élaboration des comptes de flux de matières devrait alors consister en grande partie à attribuer les catégories détaillées de combustibles fossiles échangés enregistrées pour les rapports AIE/DSNU aux catégories de combustibles fossiles énumérées dans le tableau 3.1, bien que dans certains cas il puisse être nécessaire de convertir les unités, par exemple en convertissant le gaz naturel de l'énergie contenue ou du volume en unité de masse (utiliser les facteurs de conversion fournis dans la section sur l'extraction intérieure des combustibles fossiles).

Si un pays ne fait pas actuellement de déclaration à l'une ou l'autre agence et dispose de ressources très limitées pour le faire, il est recommandé que le compilateur télécharge au minimum le questionnaire de la DSNU et les lignes directrices associées, et s'efforce de remplir au moins les champs de production, d'importation et d'exportation pour chacun des principaux produits de base figurant sur les feuilles de travail « Charbon et tourbe », « Pétrole », et « Gaz ». Les outils permettant de convertir les données compilées pour les rapports énergétiques de la DSNU en données utilisées dans les comptes de flux de matières sont fournis dans les feuilles de travail « Fossil Fuels ToolJmp » et « Fossil Fuels Tool\_Exp » du Compilateur CFM-EE du PNUE (voir l'annexe 1).

Comme pour les autres catégories de matières, les combustibles fossiles échangés doivent tenir compte à la fois des combustibles fossiles extraits

de l'environnement et de tout produit qui en est dérivé par la suite. Ainsi, par exemple, l'essence, le kérosène, le diesel, etc. échangés seront tous comptabilisés dans le pétrole dans les comptes des opérations commerciales, et pas seulement le pétrole brut et les LGN.

Le seul aspect des comptes de flux de matières pour les combustibles fossiles qui ne sera pas couvert de manière adéquate par la collecte des données requises pour remplir le questionnaire de la DSNU est la catégorie B.4.composé. Cette catégorie comprendra principalement les plastiques en vrac, les précurseurs plastiques et les résines, ainsi que les produits dominés par les plastiques (si des estimations viables des tonnages sont possibles). Pour les produits à dominante plastique, l'approche devrait être similaire à celle décrite pour les produits métalliques composés dans la section précédente. Par exemple, un pays peut avoir un important commerce de pneus. Il peut être raisonnable de supposer un poids moyen conservatoire pour les pneus importés/exportés (disons 10 kg), de l'utiliser pour calculer les tonnages totaux à partir du nombre de pneus échangés et d'attribuer le tout à B.4.composé | C.4.composé respectivement. En revanche, il est peu probable que le calcul des tonnages d'articles plus variables, tels que les jouets et les conteneurs en plastique, vaille la peine d'être effectué. Les connaissances locales sont importantes pour porter ce jugement.

19 Le questionnaire de la DSNU est disponible à l'adresse <https://unstats.un.org/unsd/energy/quest.htm>, et est accompagné de conseils pour le renseigner.



## Flux sortants de matières

---

4

# 4 Flux sortants de matières

## 4.1 Concepts et classification

Du côté sortie de l'économie, les CFM-EE considèrent la masse totale des matériaux rejetés dans l'environnement sous forme de déchets et d'émissions après avoir été utilisés dans l'économie nationale. Les flux sortants se produisent aux stades de la transformation, de la fabrication, de l'utilisation et de l'élimination finale de la chaîne de production et de consommation économiques. Dans les CFM-EE, les résultats en matière d'environnement sont résumés sous la forme de DPO.

Une première tentative de compilation d'un ensemble de données cohérentes et comparatives entre pays a été réalisée par une équipe interna-

tionale d'experts et a donné lieu à la publication « The Weight of Nations » (Matthews *et al.*). 2000), qui présente des données sur les DPO pour les États-Unis, le Japon, l'Autriche, l'Allemagne et les Pays-Bas. Depuis lors, plusieurs tentatives ont été faites pour compiler des données empiriques supplémentaires et développer des méthodes. Parmi les études de cas publiées figurent une étude pour la Finlande (Muukkonen 2000), pour l'UE-15 (Bringezu et Schütz 2001), pour la République tchèque (Ščasný, Kovanda et Hák 2003) et pour l'Italie (Barbiero *et al.* 2003). En outre, depuis 2007, l'UE encourage les États membres à déclarer les DPO dans le questionnaire des CFM-EE.

**Tableau 4.1** Résultats sélectionnés pour les DPO.

	1996	1996	1996	1996	1996	1997	1997
Émissions dans l'air	10.3	10.4	11.7	15.2	22.0	16.9	8.2
dont : CO <sub>2</sub>	10.1	10.4	11.5	15.1	20.5	16.8	7.9
Déchets mis en décharge	1.1	0.6	0.9	0.6	1.6	1.9	1.0
dont : déchets municipaux		0.10	0.15	0.5		0.4	0.4
Émissions dans l'eau	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	1.4	0.2
Utilisation dissipative des produits	1.1	0.10	0.6	2.4	0.5	4.2	2.5
dont : engrais organique	0.7	0.09	0.3	2.3	0.3	3.8	2.3
Pertes dissipatives	0.06		0.01		0.00		0.03
DPO non définies davantage					1.0	1.0	
<b>DPO</b>	<b>12.5</b>	<b>11.2</b>	<b>13.1</b>	<b>18.2</b>	<b>25.1</b>	<b>25.4</b>	<b>11.8</b>

**Tableau 4.1** Résultats sélectionnés pour les DPO. (suite)

TONNES PAR PERSONNE	AUTRICHE	JAPON	ALLEMAGNE	PAYS-BAS	USA	FINLANDE	ITALIE
---------------------	----------	-------	-----------	----------	-----	----------	--------

Sources. (Matthews et al. 2000 : Autriche, Japon, Allemagne, Pays-Bas, États-Unis) ; (Muukkonen 2000 : Finlande) ; (Barbiero et al. 2003 : Italie).

Remarque : À l'époque où ces études ont été réalisées, les DPO étaient définies comme incluant les déchets mis en décharge. Dans le présent Guide, les déchets destinés aux décharges contrôlées sont exclus des DPO.

Le compte des DPO comprend cinq grandes catégories :

- D.1. Émissions dans l'air
- D.2. Déchets mis en décharge (non contrôlés)
- D.3. Émissions dans l'eau
- D.4. Utilisation dissipative des produits
- D.5. Pertes dissipatives

Les trois premières catégories (D.1. à D.3.) se réfèrent aux trois passerelles par lesquelles les matières sont initialement rejetées dans l'environnement, c'est-à-dire l'air, le sol et l'eau, communément appelées émissions et déchets dans les statistiques officielles. Les deux autres catégories (D.4. et D.5.) sont des catégories résiduelles, qui ne sont pas entièrement attribuables à une passerelle spécifique, mais à un type de rejet, dissipatif ou délibéré, plutôt qu'à un point d'accès environnemental.

Apparemment, il peut y avoir des chevauchements entre une distinction selon les passerelles et une distinction selon les utilisations et les pertes dissipatives. Ces chevauchements potentiels concernent principalement quelques émissions dans l'air. Essentiellement, deux règles pratiques permettent d'éviter le double comptage entre les émissions dans l'air et les autres catégories de DPO:

1. Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de l'utilisation des produits et les émissions de COVNM provenant des solvants sont comptabilisées dans « l'utilisation dissipative des produits » et non dans les « émissions dans l'air ».
2. Les émissions dans l'air provenant de l'épandage d'engrais - telles que le N<sub>2</sub>O et le NH<sub>3</sub> - sont exclues de la rubrique D.1. Émissions dans l'air. La production primaire correspondante est l'engrais épandu sur les sols agricoles, qui

est déjà pris en compte au point D.4. Utilisation dissipative des produits.

### 4.1.1 Comptes ascendants et équilibrage intégral

Les comptes DPO courants - tels que décrits ci-dessus - suivent une approche « ascendante », qui tire les données DPO des statistiques sur les déchets et les émissions. Par conséquent, les catégories de DPO sont orientées par passerelle et par type d'émission. Les méthodes comptables suivent les premières approches de Matthews et al. (2000) qui ont été élaborées dans le manuel d'Eurostat (2001) et modifiées par le guide de compilation d'Eurostat (publié pour la première fois en 2009 avec plusieurs révisions ultérieures ; Eurostat 2018). Les méthodes ont fait l'objet de discussions intensives au sein de plusieurs groupes de travail d'Eurostat et des progrès ont été réalisés en matière de normalisation. Toutefois, il reste des questions ouvertes et des défis à relever, par exemple l'incohérence des limites du système entre les CFM-EE et les statistiques sur les déchets/émissions et la couverture incomplète des statistiques sur les déchets. Des études empiriques fournissant des données sur les DPO sont disponibles pour l'Italie (Barbiero et al. 2003), la République tchèque (Ščasný, Kovanda et Hák 2003), la Chine (Xu et Zhang 2008) et la Finlande (Muukkonen 2000).

Ces dernières années, les comptes de stocks biophysiques et les initiatives d'économie circulaire ont conduit à une approche différente qui met davantage l'accent sur les flux au sein du système socio-économique, y compris le recyclage et la réutilisation, et exige donc une cohérence entre les intrants et les extrants ainsi qu'entre les stocks. Ces études nécessitent une structuration claire des DPO en fonction des catégories de ma-

tériaux afin de clôturer le bilan matière de manière cohérente. Cependant, les statistiques sur les déchets ne permettent pas toujours d'obtenir les détails nécessaires et des incohérences entre les données d'entrée et les données de sortie peuvent empêcher de clôturer le bilan avec succès. Pour éviter ces problèmes, des méthodes sont développées qui relient de manière cohérente les flux d'entrée et de sortie en se concentrant sur les processus de conversion des matières correspondantes et qui prennent en compte les stocks de matières (« modélisation descendante »). Pour plus d'informations sur les méthodes et les données empiriques, voir, par exemple, Haas *et al.* (2015).

Au moment de la publication, il n'est pas possible

de fournir des procédures par défaut suffisamment détaillées pour répondre à tous les besoins. Les recommandations suivantes suivent l'approche ascendante d'Eurostat et mettent en évidence les questions en suspens avec un équilibre intégral. Les lignes directrices suivantes sont de nature générale et laisseront inévitablement des questions sans réponse. L'application de ces règles générales à la situation nationale spécifique nécessitera certainement le jugement et la créativité du professionnel. Une bonne pratique consiste à spécifier clairement les hypothèses retenues et les sources de données utilisées afin de pouvoir évaluer le degré d'exhaustivité.

## 4.2 Émissions dans l'air

---

### 4.2.1 Concepts et classifications

---

Les émissions dans l'air sont des matières gazeuses ou particulaires rejetées dans l'atmosphère par les processus de production ou de consommation dans l'économie. Dans les CFM-EE, les émissions dans l'air comprennent 15 grandes catégories de matériaux au niveau à deux chiffres, comme le montre le tableau 4.2.

**Tableau 4.2** Émissions dans la nature : émissions dans l'air.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES
	D.1.1 Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	D.1.1.1 Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) provenant de la combustion de la biomasse
		D.1.1.2 Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) hors combustion de la biomasse
	D.1.2 Méthane (CH <sub>4</sub> )	
	D.1.3 Oxyde d'azote (N <sub>2</sub> O)	
	D.1.4 Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	
	D.1.5 Hydrofluorocarbones (HFCs)	
	D.1.6 Perfluorocarbones (PFCs)	
	D.1.7 Hexafluorure de soufre (SF <sub>6</sub> )	
<b>D.1 EMISSIONS TO AIR</b>	D.1.8 Monoxyde de carbone (CO)	
	D.1.9 Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)	
	D.1.10 Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	
	D.1.11 Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	
	D.1.12 Métaux lourds	
	D.1.13 Polluants organiques persistants (POPs)	
	D.1.14 Particules (par exemple PM10, poussière)	
	D.1.15 Autres émissions dans l'air	

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau D du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

## 4.2.2 Sources de données typiques et évaluation de la disponibilité des données

Par rapport aux statistiques agricoles, minières ou commerciales, l'expertise en matière de rapports statistiques sur les émissions atmosphériques s'est développée dans un laps de temps relativement court. Par conséquent, les données provenant de différentes sources sont moins harmonisées et des lacunes dans les archives historiques sont susceptibles de se produire. En général, il convient d'utiliser les sources de données nationales pour la compilation des CFM-EE.

Comme pour d'autres catégories, il existe un certain nombre d'exigences et de normes internationales en matière de déclaration auxquelles les institutions statistiques doivent se conformer. Les données compilées dans ces contextes peuvent être utilisées pour remplir les CFM-EE ; cependant, dans certains cas, une manipulation des données sera nécessaire, car les données provenant de différentes sources sont moins harmonisées et des lacunes dans le registre historique sont susceptibles de se produire.

Trois inventaires importants d'émissions dans l'air sont décrits ci-après. Ceux-ci sont basés sur des données nationales, puis compilées dans des bases de données internationales.

### 4.2.3 Rapports existants

#### Inventaires nationaux des gaz à effet de serre dans le cadre commun du GIEC

Les pays signataires de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) sont invités à dresser leurs inventaires nationaux de gaz à effet de serre conformément aux lignes directrices du GIEC, c'est-à-dire dans le cadre du format commun de présentation des rapports (CRF).

Les inventaires nationaux couvrent les émissions dans l'air qui ont un potentiel de gaz à effet de serre, c'est-à-dire qui contribuent directement et indirectement au réchauffement de la planète. Le

dernier affinement de ces lignes directrices a été publié en 2019 (GIEC 2019) et couvre les sources et les puits des gaz à effet de serre directs suivants :

- CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone)
- CH<sub>4</sub> (méthane)
- N<sub>2</sub>O (oxyde d'azote)
- HFC (hydrofluorocarbones)
- PFC (perfluorocarbones)
- SF<sub>6</sub> (hexafluorure de soufre)

ainsi que les gaz à effet de serre indirects :

- NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote)
- COVNM (composés organiques volatils non méthaniques)
- CO (monoxyde de carbone)
- SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre)

Les données spécifiques à chaque pays sont disponibles sur le site de la CCNUCC<sup>20</sup>.

Remarque : Les données communiquées au GIEC (c'est-à-dire à la CCNUCC) sont basées sur le principe du territoire, c'est-à-dire qu'elles ne tiennent compte que des émissions produites sur un territoire spécifique. Pour utiliser ces données dans le cadre des CFM-EE, elles doivent être converties selon le principe de résidence, qui consiste à inclure les émissions des émetteurs d'une nationalité spécifique mais situés en dehors du territoire. À cette fin, Eurostat a élaboré des « tableaux de correspondance », comme décrit dans le manuel d'Eurostat pour les Comptes d'Émissions Atmosphériques (Eurostat 2015).

*Des informations générales sur le principe de résidence et ses implications pour les DPO figurent dans le manuel d'Eurostat sur les comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie (Eurostat 2018), chapitres 2.3 et 4.7.*

#### Convention de la CEE-ONU sur les polluants atmosphériques transfrontaliers à longue distance (CLRTAP)

La CLRTAP a été signée en 1979 et est entrée en vigueur en 1983. Avec 51 parties sur les 56 États membres de la CEE-ONU, la convention couvre la

<sup>20</sup> [http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3800.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3800.php)

majeure partie de la région - en Europe, en Amérique du Nord et en Asie. Cette convention se concentre sur les polluants atmosphériques classiques.

L'obligation de déclaration couvre les substances suivantes :

- SO<sub>x</sub> (oxydes de soufre)
- NO<sub>x</sub>
- CO
- COVNM
- NH<sub>3</sub>
- PM2.5
- PM10
- Pb (plomb)
- Cd (cadmium)
- Hg (mercure)
- HAP (somme des quatre hydrocarbures aromatiques polycycliques indicateurs)
- PCDD/F
- HCB (hexachlorobenzène)
- PCB (biphényles polychlorés)

Remarque : Comme les données de la CCNUCC, les données de la CEE-ONU sont basées sur le principe du territoire. Pour utiliser ces données dans les comptes CFM-EE, il faut les convertir selon le principe de résidence. À cette fin, Eurostat a élaboré des « tables de correspondance », comme décrit dans le manuel d'Eurostat pour les comptes d'émissions atmosphériques (Eurostat 2015).

*Des informations générales sur le principe de résidence et ses implications pour les DPO figurent dans le manuel d'Eurostat sur les comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie (Eurostat 2018), chapitres 2.3 et 4.7.*

### Comptes d'émissions atmosphériques (AEA)

Les AEA enregistrent les flux de matières gazeuses et particulaires (six gaz à effet de serre, dont le CO<sub>2</sub>, et sept polluants atmosphériques) émis par l'économie dans l'atmosphère.

Les AEA sont conformes au cadre de l'offre et de l'utilisation du système de comptabilité nationale, ventilées en 64 industries émettrices plus les ménages. En suivant le principe de résidence des comptes nationaux, les émissions des unités économiques résidentes sont incluses même si elles se produisent en dehors du territoire (par

exemple, les compagnies aériennes et maritimes résidentes opérant dans le reste du monde). Ces deux caractéristiques font des AEA un outil particulièrement adapté aux analyses et modélisations environnementales et économiques intégrées, par exemple les « empreintes carbone » et les scénarios de modélisation du changement climatique, ce qui est leur principale raison d'être. D'autre part, la structure des données et les conventions appliquées sont différentes de celles des inventaires d'émissions traditionnels, par exemple les statistiques de la CEE-ONU et du GIEC.

Remarque : Les données des AEA sont conformes au principe de résidence et, si elles sont disponibles, elles devraient être utilisées comme source principale de données pour les CFM-EE. Veuillez vous référer au Manuel d'Eurostat pour les comptes d'émissions atmosphériques (Eurostat 2015).

Les trois systèmes comptables ayant des objectifs différents, leur champ d'application et les conventions appliquées diffèrent les uns des autres. En pratique, une combinaison de sources de données sera nécessaire pour compléter les comptes des CFM-EE. Les questions les plus pertinentes à prendre en considération sont décrites dans la section suivante.

### Conventions

La terminologie des émissions dans l'air suit les normes internationales harmonisées du GIEC, de la CEE-ONU ou des AEA.

Pour les frontières du système, une règle générale à appliquer est que la catégorie « émissions dans l'air » indique le poids total des matières qui sont rejetées dans l'air par les unités nationales résidentes sur un territoire économique national et à l'étranger. Les exceptions suivantes sont prévues :

- Toutes les émissions dans l'air répertoriées comme des « éléments d'équilibrage de la production » ne sont pas incluses dans les DPO.
- Les émissions provenant de l'application d'engrais ne sont pas incluses dans D.1, car cela représenterait un double comptage avec « l'utilisation dissipative des produits ».
- Les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de l'utilisation des produits et des émissions de COVNM par les

solvants sont comptabilisées dans « l'utilisation dissipative des produits ».

- Les émissions dans l'air dues à l'usure des pneus et des freins des automobiles et à l'abrasion des routes sont comptabilisées dans les « pertes dissipatives ».
- Les « soutes internationales » décrivent les émissions provenant des carburants utilisés sur les navires ou les aéronefs dans le cadre du transport international. Elles sont principalement constituées de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de combustibles fossiles. Leur quantité peut être très importante pour certains pays. Ils devraient donc être inclus dans les DPO.

Remarque : Lors de l'utilisation des inventaires d'émissions, plusieurs points doivent être pris en compte, car les limites du système CFM-EE ne sont pas nécessairement identiques aux limites du système appliquées dans les inventaires d'émissions susmentionnés :

- Comme indiqué ci-dessus, les inventaires du GIEC et de la CEE-ONU sont basés sur le principe du territoire, contrairement aux AEA qui applique le principe de la résidence et comptabilise les activités économiques des résidents, qu'ils soient actifs sur le territoire économique national ou à l'étranger (c'est-à-dire en incluant les émissions de CO<sub>2</sub> des soutes internationales). Il est donc recommandé d'utiliser les AEA comme source de données primaires pour toutes les émissions pertinentes de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques. Dans les cas où les données du GIEC et/ou de la CEE-ONU sont utilisées, des ajustements sont nécessaires, par exemple en appliquant les « tableaux de correspondance » des comptes d'émissions atmosphériques dans le manuel d'Eurostat pour les comptes d'émissions atmosphériques (Eurostat 2015).
- Étant donné que le GIEC présente généralement des totaux de PRP (potentiel de réchauffement planétaire) calculés selon un ensemble complexe de règles et en équivalents CO<sub>2</sub> plutôt qu'en tonnes métriques, il est nécessaire d'utiliser les inventaires sous-jacents plutôt que les totaux pour compiler les émissions dans l'air. Une vérification croisée avec les lignes directrices méthodologiques (IPCC 2019) est conseillée. En outre, le GIEC recommande de

déclarer séparément les émissions des soutes internationales et de ne pas les inclure dans les totaux.

### Estimations

Dans un certain nombre de cas, les données sur les émissions doivent être estimées : (1) si les données ne sont pas disponibles en tonnes, (2) si aucune donnée n'est disponible et que les émissions doivent être estimées en appliquant des coefficients aux données d'entrée, (3) lorsque les données manquent pour des séries chronologiques plus longues, et (4) lorsque les données sont déclarées sans la teneur en oxygène (par exemple, sous forme de carbone au lieu de CO<sub>2</sub>).

Un bon exemple d'estimation des émissions dans l'air est fourni par le Manuel d'Eurostat pour les comptes d'émissions dans l'air (Eurostat 2015).

### Teneur en oxygène

L'oxygène est extrait de l'atmosphère lors de la combustion de combustibles fossiles et d'autres processus industriels. Globalement, l'absorption d'oxygène de l'atmosphère au cours de la production et de la consommation est importante et re-présente environ 20 % en poids des intrants matériels dans les économies industrielles (Matthews *et al.* 2000). Dans les CFM-EE, cet oxygène atmosphérique n'est pas inclus dans les totaux du côté des entrées (DE, DMC et DMI), mais il est inclus dans les totaux du côté des sorties (DPO). En effet, l'oxygène est un élément constitutif des polluants et des gaz à effet de serre, et ces émissions sont généralement déclarées et analysées en fonction de leur teneur en oxygène. Pour obtenir un bilan massique complet, l'oxygène manquant du côté de l'entrée est signalé comme un élément du bilan d'entrée.

### 4.2.4 Méthodes comptables et lignes directrices pratiques pour la compilation des données

Ci-après, les définitions des catégories sont basées sur le guide de compilation d'Eurostat (Eurostat 2013).

#### 4.2.4.1 Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) provenant de la combustion de la biomasse

Cette sous-catégorie comprend les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de la biomasse des sources suivantes :

- Les biocarburants tels que le biodiesel et le bioéthanol
- Biogaz utilisé comme biocarburant ou comme combustible pour la production d'électricité et de chaleur
- Biomasse pour l'électricité et la chaleur (principalement bois et résidus de récolte agricole)
- Biomasse utilisée dans les zones rurales des pays en développement, en particulier le bois de chauffage et les résidus ou déchets de l'agriculture et de la sylviculture (également appelée biomasse traditionnelle) (REN21 2005).

Cette sous-catégorie ne comprend pas les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de :

- l'utilisation des sols et changements d'utilisation des sols (considérés comme des flux au sein de l'environnement)
- la respiration humaine ou animale (considérée comme des éléments d'équilibrage de la production)

#### 4.2.4.2 Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) hors combustion de la biomasse

Cette sous-catégorie comprend les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de combustibles fossiles des sources suivantes :

- Sources d'énergie (par exemple, le pétrole)
- Sources non biotiques non énergétiques (industrie, agriculture, déchets)
- Sources internationales - estimation suivant (IPCC 2019) ; Il est recommandé que le comptable fournisse des informations sur la méthode d'estimation utilisée dans une note de bas de page.

#### 4.2.4.3 Méthane (CH<sub>4</sub>)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de CH<sub>4</sub> provenant des sources suivantes :

- Décomposition anaérobie (sans oxygène) des déchets dans les décharges
- Digestion animale

- Décomposition des déchets animaux
- Production et distribution de gaz naturel et de pétrole
- Production de charbon
- Combustion incomplète de combustibles fossiles

Remarque : Les émissions de CH<sub>4</sub> provenant des décharges non contrôlées ne sont pas incluses dans le total des « émissions dans l'air ». Elles peuvent faire l'objet d'un poste distinct pour mémoire.

#### 4.2.4.4 Oxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de N<sub>2</sub>O provenant des sources suivantes (GIEC 2017) :

- Combustion de combustibles fossiles
- Procédés industriels
- Combustion de biomasse
- Bovins et parcs d'engraissement

L'oxyde de diazote est un gaz incolore, ininflammable, à l'odeur légèrement sucrée. Il est utilisé en chirurgie et en dentisterie pour ses effets anesthésiques et analgésiques. Il est également utilisé comme oxydant dans les moteurs à combustion interne. Le N<sub>2</sub>O agit comme un puissant gaz à effet de serre, son potentiel de réchauffement global étant 300 fois plus élevé que celui du CO<sub>2</sub> (GIEC 2007).

Cette sous-catégorie ne comprend pas les émissions de N<sub>2</sub>O provenant de :

- L'utilisation de produits (devrait être affectée à « l'utilisation dissipative de produits »)
- L'agriculture
- Les déchets dans les décharges non contrôlées

#### 4.2.4.5 Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de NO<sub>x</sub> provenant des sources suivantes (AEE 2017a) :

- Transport routier
- Production et distribution d'énergie
- Institutions commerciales et ménages
- Consommation d'énergie dans l'industrie
- Transport non routier
- Procédés industriels
- Agriculture
- Utilisation de solvants et de produits
- Déchets

Le dioxyde d'azote est le composé chimique NO<sub>2</sub>. Ce gaz orange/brun est l'un des nombreux NOX, avec une odeur caractéristique piquante et mordante. Le NO<sub>2</sub> est l'un des principaux polluants atmosphériques et un poison respiratoire.

#### 4.2.4.6 Hydrofluorocarbones (HFC)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de HFC provenant des sources suivantes :

- Processus de fabrication et pendant toute la durée de vie des réfrigérateurs, climatiseurs, etc.
- Production de métaux et de semi-conducteurs

Les HFC sont des gaz produits commercialement et utilisés pour remplacer les chlorofluorocarbones.

#### 4.2.4.7 Perfluorocarbones (PFC)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de PFC provenant des sources suivantes :

- Fusion d'aluminium
- Enrichissement de l'uranium
- Fabrication de semi-conducteurs

#### 4.2.4.8 Hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de SF<sub>6</sub> provenant des sources suivantes :

- Isolation des équipements à haute tension
- Fabrication de systèmes de refroidissement de câbles

#### 4.2.4.9 Monoxyde de carbone (CO)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de CO provenant de la source suivante :

- Combustion incomplète de composés contenant du carbone, notamment dans les moteurs à combustion interne

Le CO a une valeur combustible importante, il brûle dans l'air avec une flamme bleue caractéristique et produit du dioxyde de carbone. Le CO est précieux dans la technologie moderne, car il est le précurseur d'un grand nombre de produits, tels que la fabrication de produits chimiques en vrac.

#### 4.2.4.10 Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de SO<sub>2</sub> provenant des sources suivantes :

- Production et distribution d'énergie

- Consommation d'énergie dans l'industrie (procédés industriels tels que l'extraction de métaux à partir de minerais)
- Procédés industriels et utilisation des produits
- Commerciaux, institutionnels, ménages
- Transport non routier (locomotives, navires et autres véhicules et équipements lourds utilisant des carburants à haute teneur en soufre)

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore à l'odeur pénétrante et suffocante. Il se dissout facilement dans l'eau pour former une solution acide (acide sulfureux) et est environ 2,5 fois plus lourd que l'air.

#### 4.2.4.11 Métaux lourds

Cette sous-catégorie comprend les émissions de métaux lourds provenant des sources suivantes :

- Transport routier
- Secteur « Procédés industriels et utilisation des produits »

Les métaux lourds sont un groupe d'éléments situés entre le cuivre et le bismuth dans le tableau périodique des éléments, dont la gravité spécifique est supérieure à 5,0 (EIONET 2017). Tous les éléments les plus connus, à l'exception du bismuth et de l'or, sont toxiques.

#### 4.2.4.12 Polluants organiques persistants (POP)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de POP provenant des sources suivantes (AEE 2017b) :

- Secteur « commercial, institutionnel et ménages »
- Secteur « Procédés industriels et utilisation des produits »

Les polluants organiques persistants (POP) sont des composés organiques qui résistent à la dégradation environnementale par des processus chimiques, biologiques et photolytiques. C'est pourquoi on a observé qu'ils persistent dans l'environnement, qu'ils peuvent être transportés sur de longues distances, qu'ils s'accumulent dans les tissus humains et animaux, qu'ils se bioamplifient dans les chaînes alimentaires et qu'ils peuvent avoir des incidences importantes sur la santé humaine et l'environnement.

En mai 1995, le conseil d'administration du PNUE a décidé de commencer à étudier les POP, en commençant par une liste restreinte de douze POP, qui a été élargie depuis. Les groupes de composés qui constituent les POP sont également qualifiés de PBT (persistants, bioaccumulables et toxiques) ou de TOMP (micro-polluants organiques toxiques).

#### 4.2.4.13 Particules (par exemple PM10, pous-sière)

Cette sous-catégorie comprend les émissions de PM10 provenant des sources suivantes (AEE 2017a) :

- Transport routier
- Agriculture
- Secteur « Production et distribution d'énergie »

### 4.3 Déchets mis en décharge

#### 4.3.1 Introduction

Par définition, les déchets sont des matières qui ne peuvent plus être utilisées par le producteur pour la production, la transformation ou la consommation. Les déchets peuvent être générés lors de l'extraction des matières premières, lors de la transformation des matières premières en produits intermédiaires et finaux, lors de la consommation des produits finaux et dans le cadre d'autres activités.

Dans les pays industrialisés, la plupart des flux de déchets sont déposés dans des décharges contrôlées, qui font l'objet d'une gestion et d'un traitement. Une décharge est définie comme un dépôt de déchets dans ou sur le sol, à la fois sous la forme d'une décharge spécialement aménagée et d'un stockage temporaire de plus d'un an sur un site d'élimination. Une décharge contrôlée est une décharge dont l'exploitation est soumise à un système d'autorisation et à des procédures de contrôle technique en vertu de la législation nationale en vigueur. Aux fins des CFM-EE, les flux de déchets dans les décharges contrôlées sont considérés comme des flux au sein du système socio-économique et ne sont pas pris en compte dans le DPO.

Les PM10 sont des particules de taille et de forme variables, d'un diamètre allant jusqu'à 10 microns, constituées d'un mélange complexe de nombreuses substances différentes, dont la suie (carbone), les particules de sulfate, les métaux et les sels inorganiques tels que le sel de mer.

#### 4.2.5 Questions spécifiques aux pays en développement

Il est recommandé de vérifier si les activités de l'économie de subsistance sont couvertes par les comptes d'émissions, au moins sous forme de valeurs imputées, et si ce n'est pas le cas, il serait souhaitable de rechercher des études de cas qui fournissent les informations manquantes.

Seuls les déchets éliminés en dehors de ces sites contrôlés doivent être comptabilisés, c'est-à-dire les dépôts terrestres non contrôlés ou les décharges « sauvages ». Ces flux de déchets doivent être déclarés sous D.2. Les quantités respectives sont considérées comme faibles dans les pays industrialisés en raison de réglementations strictes, mais peuvent être importantes dans d'autres pays.

#### 4.3.2 Conventions et limites du système

**Limites du système** : Seuls les déchets déposés dans des décharges non contrôlées (décharges sauvages) sont considérés comme une émission dans la nature et font donc partie des DPO. Par conséquent, les émissions provenant des décharges non contrôlées ne sont pas prises en compte, car cela constituerait un double comptage. En revanche, les décharges contrôlées, c'est-à-dire entretenues, doivent être considérées comme faisant partie du système socio-économique.

Par conséquent, les déchets déposés dans les décharges contrôlées doivent être comptabilisés comme un ajout au stock. Dans le même temps, les rejets dans l'environnement provenant des dépôts de déchets, c'est-à-dire les émissions dans l'eau ou dans l'air provenant des décharges contrôlées,

doivent être considérés comme des DPO. Il peut s'agir de flux non intentionnels tels que les fuites et les infiltrations d'eau (qui font conceptuellement

partie des pertes dissipatives du point D.5), ainsi que d'émissions contrôlées dans l'air ou dans l'eau.

**Tableau 4.3** Émissions dans la nature : déchets mis en décharge.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES
<b>D.2 DÉCHETS MIS EN DÉCHARGE (NON CONTRÔLÉS)</b>	D.2.1 Déchets municipaux (non contrôlés)	
	D.2.2 Déchets industriels (non contrôlés)	
<i>ÉLIMINATION DES DÉCHETS DANS DES DÉCHARGES CONTRÔLÉES (POUR MÉMOIRE)</i>		

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau D du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

Bien que cette distinction entre décharges contrôlées et non contrôlées soit acceptée pour des raisons conceptuelles, il existe des raisons de prendre en compte les **décharges contrôlées en tant que poste pour mémoire**. Premièrement, il pourrait être difficile de distinguer les décharges contrôlées des décharges non contrôlées dans les statistiques nationales. Dans ce cas, des informations sur ces deux types de déchets pourraient aider à estimer une série chronologique de déchets destinés à des décharges non contrôlées. Deuxièmement, les données sur la quantité totale de déchets produits fournissent des informations précieuses pour les estimations dans le cadre du processus de compilation des données sur les DPO (par exemple, estimations des DPO dans l'air et dans l'eau provenant des décharges, etc. Elles pourraient alimenter une analyse secondaire, par exemple sur les taux de recyclage et de réutilisation, et servir de référence pour les politiques traitant des questions environnementales liées à la production et au traitement des déchets. Il est donc recommandé que l'élimination des déchets dans les décharges contrôlées soit présentée comme un poste pour mémoire.

**Teneur en eau** : Les déchets sont généralement déclarés en poids humide (y compris la teneur en eau). Si un flux de déchets représente une quantité importante, il convient d'essayer de fournir également la valeur de la matière sèche.

### 4.3.3 Compilation des données

Dans la mesure du possible, les flux de déchets doivent être distingués **selon qu'il s'agit de déchets municipaux ou industriels**. Souvent, les statistiques sur les déchets ou d'autres sources ne rapportent directement que le total des déchets dans les décharges non contrôlées. Si tel est le cas, les chiffres relatifs aux déchets mis en décharge doivent être considérés comme des totaux pour la comptabilisation de D.2 sans autre distinction.

Les **déchets de construction et de démolition** comprennent les gravats et autres déchets provenant de la construction, de la démolition, de la rénovation ou de la reconstruction de bâtiments ou de parties de bâtiments, que ce soit en surface ou en sous-sol. Ils se composent principalement de matériaux de construction et de terre, y compris de terre excavée. Il s'agit de déchets de toutes origines et de tous secteurs économiques. Pour les besoins des CFM-EE, une attention particulière doit être accordée pour éviter les doubles comptages, mais aussi pour inclure tous les flux pertinents afin d'obtenir un ensemble de données complet. Cela s'applique, notamment, aux sols excavés : du côté des intrants, les sols excavés ou la terre représentent une extraction intérieure non utilisée, qui ne fait pas partie des intrants matériels directs de l'économie. Par conséquent, la terre excavée non utilisée doit également être exclue des émissions dans la nature et de l'économie. Seules les parties utilisées de la terre excavée doivent être incluses à la fois du côté des intrants et des sortants des CFM-EE.

## 4.4 Émissions dans l'eau

### 4.4.1 Introduction

Les émissions dans l'eau sont des matières qui franchissent la frontière entre l'économie pour retourner dans l'environnement, en utilisant l'eau comme passerelle. Elles comprennent les substances et les matières rejetées dans les eaux naturelles par les activités humaines après ou sans traitement des eaux usées. Cette catégorie comprend plus ou moins les flux sortants des stations

d'épuration municipales ou

industrielles. La seule exception est la catégorie D.3.5. « Déversement de matériaux en mer ».

Avec seulement 1 %, les émissions dans l'eau représentent la plus petite catégorie de DPO (Matthews *et al.* 2000).

Les émissions dans l'eau se répartissent en cinq grandes catégories, énumérées dans le tableau 4.4 :

**Tableau 4.4** Émissions dans la nature : émissions dans l'eau.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES
	D.3.1 Azote (N)	
	D.3.2 Phosphore (P)	
D.3 Emissions to water	D.3.3 Métaux lourds	
	D.3.4 Autres substances et matières (organiques)	
	D.3.5 Déversement de matériaux en mer	

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau D du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

### 4.4.2 Conventions et limites du système

**Unité de rapport** : Les statistiques sur la pollution de l'eau utilisent généralement une terminologie spécifique. Les statistiques sur les polluants de l'eau sont traditionnellement axées sur la concentration des polluants dans les masses d'eau, mesurée en quantité par volume. Toutefois, en termes de CFM-EE, les données doivent être incluses en tant que flux de polluants dans les masses d'eau (normalement mesurés en quantité par an).

Alors que les polluants inorganiques que sont l'azote et le phosphore, ainsi que les métaux lourds, sont généralement présentés sous forme d'éléments, les polluants organiques sont présentés sous forme de composés à l'aide de divers indicateurs agrégés indirects. En raison de l'importance quantitative mineure des émissions dans l'eau dans les comptes

globaux des flux de matières, une estimation détaillée n'est pas prioritaire.

**Sources ponctuelles et diffuses** : Les émissions dans l'eau sont généralement déclarées en tant que flux provenant de sources ponctuelles (stations d'épuration municipales et rejets industriels directs) et de sources diffuses. Pour la catégorie D.3, seules les émissions provenant de sources ponctuelles doivent être prises en compte, tandis que les émissions provenant de sources diffuses doivent être incluses dans la catégorie D.4 des DPO. « Utilisation dissipative des produits ».

**Limites du système** : Les émissions dans l'eau sont des matières qui franchissent la frontière entre l'économie et l'environnement, l'eau servant de passerelle. Par conséquent, les émissions dans l'eau doivent être comptabilisées dans l'état où elles se trouvent au moment du rejet dans l'environnement.

En cas de traitement des eaux usées, il s'agit de l'état post-traitement. Autre-ment, il s'agit des substances ou matériaux directement rejetés dans l'environnement par l'intermédiaire de l'eau.

### 4.4.3 Compilation des données

**Azote (N), Phosphore (P) et Métaux lourds** L'azote total (**N**) représente la somme de tous les composés azotés. L'azote provenant de l'agriculture n'est pas inclus dans la catégorie des émissions dans l'eau car il est déjà inclus dans la catégorie « utilisation dissipative de produits » en tant qu'engrais azotés. Les émissions d'azote dans l'eau comprennent les émissions provenant des eaux usées des ménages et de l'industrie.

Comme pour l'azote, le **phosphore total (P)** représente la somme de tous les composés du phosphore. Les émissions de P dans l'eau comprennent les émissions par les eaux usées des ménages et de l'industrie et n'incluent pas les émissions de l'agriculture, car celles-ci sont à nouveau incluses dans la catégorie « utilisation dissipative de produits » en tant qu'engrais phosphorés.

Les **métaux lourds** peuvent provenir des rejets municipaux et industriels.

Deux **approches comptables** peuvent être appliquées à ces trois types d'émissions dans l'eau :

Tout d'abord, les flux annuels de polluants (en quantité par an) peuvent être tirés de statistiques sur les émissions dans l'eau, si elles sont disponibles.

Deuxièmement, les émissions dans l'eau peuvent être estimées sur la base de la valeur limite légale maximale pour chaque polluant, multipliée par la quantité d'eau traitée par les stations d'épuration. Cette approche suppose que les usines respectent les réglementations légales et que la concentration de polluants dans l'eau émise est proche du maximum légal.

La valeur estimée à partir de la deuxième approche peut entraîner une surestimation ou une sous-estimation. Une analyse plus approfondie de la situation nationale ou locale spécifique est fortement recommandée.

### Autres substances et matières (organiques)

Les substances organiques sont généralement signalées dans les inventaires des émissions dans l'eau en tant qu'indicateurs synthétiques indirects (indicateurs composés). Les plus couramment utilisés sont les suivants :

- DBO (demande biologique en oxygène),
- DCO (demande chimique en oxygène),
- COT (carbone organique total), et
- AOX (composés organiques halogénés adsorbables).

**Veillez noter que** tous ces indicateurs mesurent les substances organiques dans l'eau à l'aide d'une méthode indirecte différente. Les valeurs rapportées pour ces indicateurs ne doivent donc pas être incluses directement dans les CFM-EE, ni être agrégées. Il est nécessaire de :

1. Prendre une décision quant aux indicateurs à utiliser. Nous recommandons d'utiliser le COT, s'il est disponible, car il s'agit de l'indicateur le plus complet et le plus sensible.
2. Convertir la quantité rapportée, qui indique indirectement les substances organiques, en quantité de la substance organique elle-même en utilisant une équation stœchiométrique simplifiée.

### Déversement de matériaux en mer

Le déversement de matériaux en mer n'est pas un format de rapport courant. La catégorie comprend un ensemble complexe de flux très différents provenant de diverses sources de données, souvent incohérentes et incomplètes. Les données peuvent également être totalement indisponibles. Il faut veiller à ne pas inclure les matériaux qui font partie de l'extraction intérieure non utilisée, comme le dragage, afin d'être cohérent avec l'apport de matériaux.

Vous trouverez ci-dessous des informations susceptibles de vous aider dans le processus de compilation des données.

Les flux de matières compris dans les « déversements en mer » peuvent être différenciés entre déchets terrestres et déchets marins :

Les **déchets marins** comprennent les déchets provenant de l'industrie de la pêche, du transport maritime (tourisme, transport), de l'exploitation minière et de l'extraction en mer, des déversements illégaux en mer et des engins de pêche abandonnés.

Les **déchets terrestres** comprennent les déchets qui

aboutissent dans les océans à partir des régions côtières et les déchets qui atteignent l'océan par les rivières. Il s'agit des rejets dans les océans et les mers provenant des décharges, des rivières et des eaux de crue, des décharges industrielles, des rejets des collecteurs d'eaux pluviales, des eaux usées municipales non traitées et de la pollution des plages et des zones côtières par les déchets (tourisme).

## 4.5 Utilisation dissipative des produits

### 4.5.1 Introduction

« Certains matériaux sont délibérément dispersés dans l'environnement parce que la dispersion est une qualité inhérente à l'utilisation ou à la qualité du

produit et qu'elle ne peut être évitée »

(Matthews *et al.* 2000, p.27). Les produits utilisés dans un rôle de dissipation sont énumérés dans le tableau 4.5 :

**Tableau 4.5** Émissions dans la nature : utilisation dissipative des produits.

1 CHIFFRE	2 CHIFFRES	3 CHIFFRES
	D.4.1 Engrais organiques (fumier)	
	D.4.2 Engrais minéraux	
	D.4.3 Boues d'épuration	
	D.4.4 Compost	
<b>D. 4 DISSIPATIVE USE OF PRODUCTS</b>	D.4.5 Pesticides	
	D.4.6 Semences	
	D.4.7 Sel et autres produits de dégel répandus sur les routes	
	D.4.8 Solvants, gaz hilarant et autres	

Remarque : Ces éléments sont compilés dans le tableau D du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1).

Matthews *et al.* (2000) ont été les premiers à tenter de prendre en compte ces flux dans le cadre de CFM-EE. Leurs résultats pour 1996 montrent, par exemple, que les engrais minéraux appliqués allaient de 17 kilogrammes par habitant (kg/cap) et par an au Japon à environ 110 kg/cap en Autriche et en Allemagne, le fumier épandu de 105 kg/cap au Japon à 2 282 kg/cap aux Pays-Bas, les boues

d'épuration de 4 kg/cap aux Pays-Bas à 13 kg/ap en Allemagne, les pesticides de 0,4 kg/cap en Allemagne à 3 Kg/cap en Autriche, et les matériaux de dessablage de 26 kg/cap en Allemagne à 134 kg/cap en Autriche.

## 4.5.2 Conventions et limites du système

Teneur en eau : Les engrais organiques (fumier) épandus sur les terres agricoles doivent être déclarés en poids sec. Par conséquent, les données relatives à la teneur en eau doivent être converties en matière sèche. Il en va de même pour les boues d'épuration et le compost.

## 4.5.3 Compilation des données

### Engrais organique

Le fumier est une matière organique excrétée par les animaux, qui est utilisée comme amendement du sol et comme engrais.

L'épandage de fumier sur les terres agricoles n'est généralement pas rapporté ou insuffisamment rapporté dans les statistiques agricoles et doit être estimé (voir par exemple Matthews *et al.* 2000). Une estimation pourrait être basée sur le nombre de têtes de bétail par type multiplié par la production de fumier par animal et par an et un coefficient de correction pour la matière sèche. Des exemples de coefficients requis sont donnés dans le tableau 4.6.

**Tableau 4.6** Coefficients de production journalière de fumier.

	PRODUCTION DE FUMIER PAR ANIMAL ET PAR JOUR EN kg	MATIÈRE SÈCHE DU FUMIER (1=POIDS HUMIDE)
Vaches laitières	70	0.085
Veaux	17	0.05
Autres bovins	28	0.085
Porcs d'abattage	7	0.071
Porcs d'élevage	26	0.028
Autres porcs	8	0.071
Moutons	7	0.07
Chevaux	7	0.07
Volaille	0.2	0.15

Source : Meissner (1994)

Lors du stockage du fumier, d'autres pertes se produisent sous forme d'émissions dans l'air, qui devraient être incluses dans le point D.1. Cependant, il n'existe pas encore d'estimations réalistes de ces pertes. En outre, les engrais organiques contiennent non seulement le fumier des animaux, mais aussi d'autres substances, par exemple la paille utilisée comme litière dans l'élevage. Cette matière supplémentaire (qui est également considérée comme de l'extraction intérieure du côté des intrants) doit être soigneusement estimée, en particulier pour être cohérente avec les flux d'intrants.

### Engrais minéraux

L'industrie des engrais se préoccupe essentiellement de fournir trois éléments nutritifs majeurs pour

les plantes - l'azote, le phosphore et le potassium - sous des formes assimilables par les plantes. L'azote est exprimé sous sa forme élémentaire, N, mais le phosphore et le potassium peuvent être exprimés soit sous forme d'oxyde (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O), soit sous forme d'élément (P, K).

Le soufre est également fourni en grandes quantités, en partie par le biais des sulfates présents dans des produits tels que le superphosphate et le sulfate d'ammonium.

En conséquence, les statistiques agricoles font généralement état de la consommation intérieure d'engrais azotés, d'engrais phosphatés, d'engrais potassiques et d'engrais multi-nutriments (NP/NPK/NK/PK). La FAOSTAT, par exemple, fait état d'engrais azotés, d'engrais phosphatés et d'engrais potassiques pour l'UE. Les données se réfèrent

principalement à la teneur en éléments nutritifs des engrais. Un engrais souvent non signalé est la chaux (par exemple dans la sylviculture), pour laquelle il convient de vérifier les sources spécifiques.

En principe, la comptabilisation des engrais et des pesticides doit porter sur les masses totales. Toutefois, les statistiques indiquent généralement les engrais en termes de teneur en éléments nutritifs (par exemple N, P, K) et les pesticides en termes de teneur en ingrédients actifs. Des multiplicateurs doivent être appliqués pour obtenir les pondérations totales.

### Boues d'épuration

Les boues d'épuration désignent tout résidu solide, semi-solide ou liquide éliminé lors du traitement des eaux usées municipales ou domestiques. Bien qu'elles soient utiles en tant qu'engrais et conditionneur de sol, les boues d'épuration, si elles sont appliquées de manière inappropriée, peuvent également être potentiellement nocives pour l'eau et le sol, ainsi que pour la santé humaine et animale. L'épandage de boues sur les terres agricoles est donc soumis à des réglementations strictes dans de nombreux pays.

Par convention, la catégorie D.4.3. ne devrait inclure que les boues d'épuration épandues sur les terres agricoles et utilisées pour la gestion du paysage. Les autres applications des boues d'épuration sont couvertes par d'autres catégories de DPO ou ne constituent pas une production selon les limites du système CFM-EE. Par exemple, le compostage des boues d'épuration devrait être inclus dans le point D.4.4. (Compost), la mise en décharge en D.2., le déversement en mer en D.3.5. et l'incinération en D.1.

Les boues d'épuration doivent être déclarées en poids sec. Si elles sont rapportées en poids humide, une teneur en eau de 85 % peut être supposée pour la conversion en poids sec.

### Compost

Le compostage est une technique de gestion des déchets solides qui utilise des processus naturels pour convertir les matières organiques en humus grâce à l'action de micro-organismes. Le compost

est un mélange composé en grande partie de matières organiques décomposées et il est utilisé pour fertiliser et conditionner les terres.

Le compost peut être mentionné dans les statistiques agricoles, dans les statistiques environnementales ou dans des études spécifiques telles que les inventaires de la CCNUCC dans le cadre des données sectorielles de base sur les déchets. Il faut veiller à éviter les doubles comptages ; par exemple, si les émissions provenant de l'incinération du biogaz sont incluses dans le point D.1, le compost incinéré pour la récupération d'énergie doit être exclu du point D.4.4. « Compost ».

Le compost doit être indiqué en poids sec. S'il est indiqué en poids humide, une teneur en eau de 50 % peut être supposée pour la conversion en poids sec.

Remarque : les ménages privés peuvent composter des matières organiques achetées précédemment (c'est-à-dire la biomasse qui a été enregistrée du côté des intrants). Ce type de compostage n'est généralement pas enregistré dans les statistiques. Si elle est pertinente pour cette catégorie de DPO, une estimation devra être ajoutée du côté des résultats.

### Pesticides

Un pesticide est communément défini comme « toute substance ou mélange de substances destiné à prévenir, détruire, repousser ou atténuer les effets d'un organisme nuisible ». Un pesticide peut être une substance chimique ou un agent biologique (tel qu'un virus ou une bactérie) utilisé contre les nuisibles, notamment les insectes, les agents pathogènes des plantes, les mauvaises herbes, les mollusques, les oiseaux, les mammifères, les poissons, les nématodes (vers ronds) et les microbes. Les pesticides sont généralement, mais pas toujours, toxiques pour l'homme. Une liste exhaustive et des données sur les pesticides sont fournies par le Pesticide Action Network (PAN) (<https://www.pesticideinfo.org/>) ou la base de données de l'UE sur les pesticides.

Les statistiques agricoles font généralement état des quantités de pesticides utilisées (ou vendues) dans l'industrie agricole. Les chiffres sont généralement exprimés en principes actifs. Des multiplica-

teurs doivent être appliqués pour convertir ces chiffres en masse totale.

### Semences

Les graines sont les embryons encapsulés des plantes en fleurs. Les semences destinées à la production agricole sont couramment enregistrées dans les statistiques agricoles (par exemple dans les bilans des produits alimentaires de la FAO).

### Sel et autres produits de dégel répandus sur les routes (y compris les gravillons)

Le sel est un matériau important dans cette catégorie ; les autres matériaux destinés au dégel comprennent les gravillons ou les déchets de l'industrie sidérurgique. Les premières estimations de ces flux ont été réalisées pour l'Autriche et les États-Unis (Matthews *et al.* 2000). Dans les pays où les hivers sont rigoureux, D.4.7. peut représenter des quantités importantes. En Suisse, D.4.7. représente environ 10 % de D.4.

Jusqu'à présent, seules quelques tentatives ont été faites pour estimer les matériaux de dégel répandus sur les routes (par exemple Matthews *et al.* 2000).

Une méthode d'estimation pourrait être développée

sur la base de la longueur des routes dans chaque pays européen,  $\delta$  par type de rue (en tenant compte de l'altitude et de la pente), du nombre moyen de jours de gel par an et des matériaux moyens utilisés.

### Solvants, gaz hilarant et autres

Cette catégorie comprend les émissions provenant de diverses utilisations dissipatives de produits, par exemple l'utilisation de solvants, de gaz hilarant, de revêtements routiers, de N<sub>2</sub>O pour l'anesthésie. Les données relatives aux émissions de solvants NMVOC peuvent, par exemple, être tirées des rapports d'inventaire nationaux présentés à la CCNUCC dans les catégories de notification du CRF :

- 3.A Application de peinture
- 3.B Dégraissage et nettoyage à sec
- 3.C Fabrication et transformation de produits chimiques
- 3.D Autres

Le N<sub>2</sub>O (gaz hilarant) pour l'anesthésie est inclus dans le point 3. D et ses valeurs spécifiques peuvent être extraites des bases de données détaillées sur les émissions atmosphériques des pays.

## 4.6 Pertes dissipatives

### 4.6.1 Introduction

Les pertes dissipatives sont des rejets non intentionnels de matériaux dans l'environnement, résultant de l'abrasion, de la corrosion et de l'érosion à des sources mobiles et fixes, ainsi que de fuites ou d'accidents. Il s'agit notamment de l'abrasion causée par les pneus, les produits de friction, les bâtiments et les infrastructures, les fuites (par exemple de gazoducs) ou les accidents survenus pendant le transport de marchandises.

Il n'y a que très peu de données disponibles au niveau international. Matthews *et al.* (2000) présentent des données estimées sur l'abrasion des pneus pour l'Autriche, l'Allemagne et les États-Unis.

### 4.6.2 Compilation des données

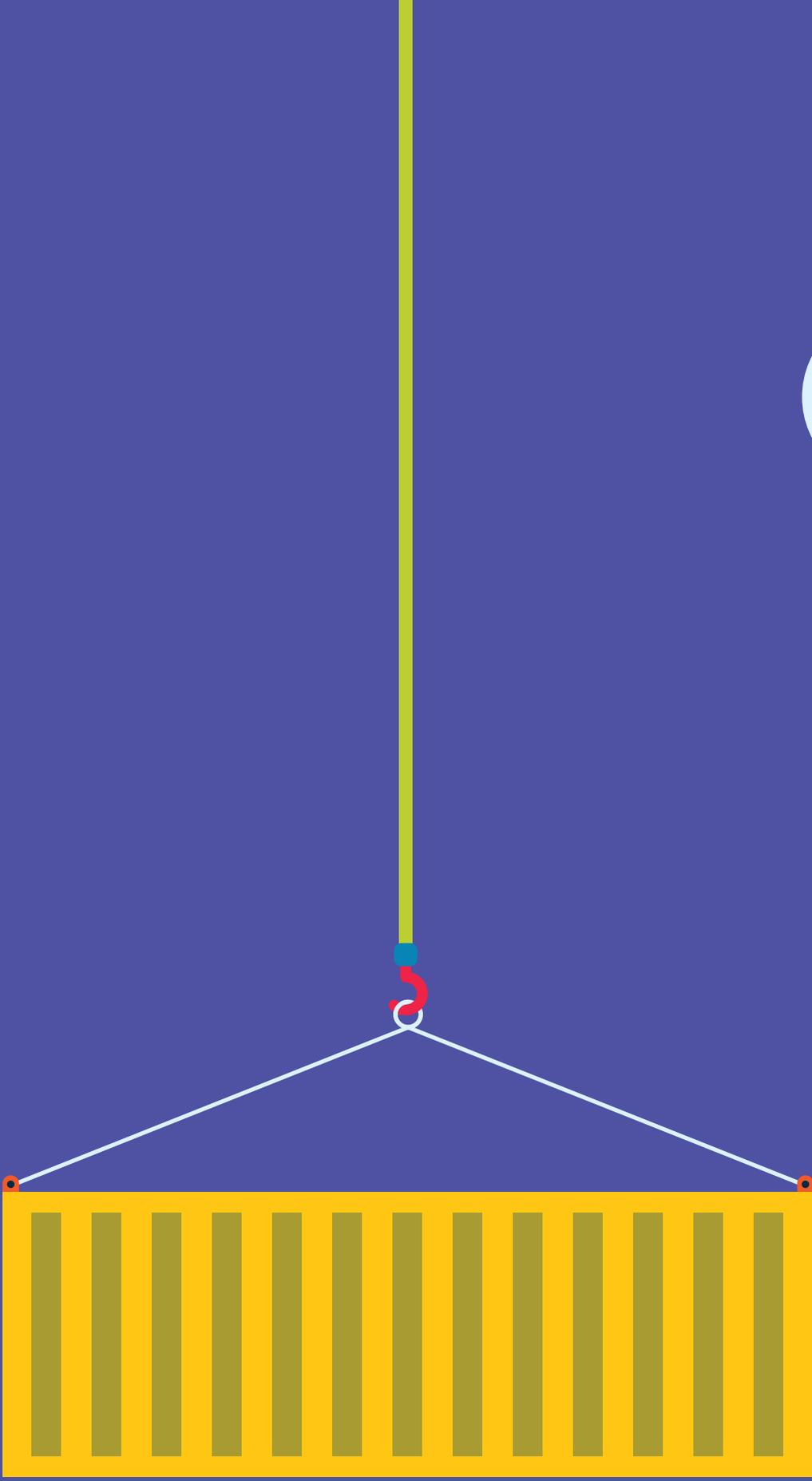
Cette catégorie comprend divers types de flux dissipatifs. Les pertes de matériaux dues à la corrosion, à l'abrasion et à l'érosion des bâtiments et des infrastructures sont supposées être importantes et avoir une incidence sur l'environnement. Un autre flux inconnu important est la perte de lubrifiants, qui est estimée à environ 50 % de l'utilisation totale de lubrifiants.

Nombre de ces flux n'ont jamais été quantifiés. Il est recommandé de ne compléter que les données qui peuvent être fournies avec un effort justifié. Les déclarations d'émissions atmosphériques à la Convention de la CEE-ONU sur les polluants atmosphériques transfrontaliers à longue distance

(CLRTAP) constituent la source de données la plus importante pour ce point. La base de données comprend des informations sur les émissions dans le transport routier dues à l'usure des pneus et des freins des automobiles (code NFR) : 1A3bvi) et de l'abrasion des routes automobiles (code NFR : 1A3bvii).

Il convient d'essayer d'élaborer une approche globale pour tenir compte de ces flux.

- L'abrasion des pneus est l'usure du caoutchouc des pneus d'une voiture. La procédure appliquée dans l'étude de cas autrichienne de Matthews *et al.* (2000) a utilisé des données provenant de statistiques de transport ainsi qu'un coefficient de 0,03 g/km pour l'abrasion moyenne par pneu, tiré d'une étude spéciale sur l'écologie et le trafic routier en Autriche.
- Les particules usées par les produits de friction, tels que les freins et les embrayages, n'ont encore jamais été abordées dans les CFM-EE.
- Les pertes de matériaux dues à la corrosion, à l'abrasion et à l'érosion des bâtiments et des infrastructures sont probablement importantes d'un point de vue quantitatif et semblent l'être également dans le cadre des aspects environnementaux. Jusqu'à présent, il n'existe pas d'approche globale pour tenir compte de ces flux. Des aspects particuliers, tels que les pertes dues à la lixiviation du cuivre des toitures ou des peintures dans la construction, ont toutefois été étudiés. Ces études peuvent servir de point de départ à des comptes rendus plus complets des pertes matérielles de ce type.
- Les pertes dissipatives peuvent également résulter du transport de marchandises. Les statistiques allemandes, par exemple, font état de produits chimiques irréversiblement perdus à la suite d'accidents de transport.
- Les fuites lors du transport par gazoduc (naturel) peuvent également constituer un flux pertinent (si elles ne sont pas déclarées en tant qu'émissions dans l'air). Des données peuvent être rapportées dans des études spécifiques.



Bilan matière

---

5

## 5 Bilan matière

L'un des principaux avantages de l'organisation des statistiques environnementales à l'aide d'une approche de comptabilité des flux de matières est la possibilité de vérifier la cohérence des ensembles de données individuels en établissant un bilan des entrées et des sorties. Le bilan matière est établi en ajoutant l'extraction intérieure,

les importations et les éléments d'équilibrage qui sont égaux aux exportations, à la production intérieure transformée, aux additions nettes en stock (NAS) et aux éléments d'équilibrage, où les NAS comprennent la consommation intermédiaire, la consommation finale et l'accumulation (ou le stock).

---


$$\text{DE} + \text{Importations} + \text{Éléments d'équilibrage (côté entrées)} = \text{Exportations} + \text{DPO} + \text{NAS} + \text{Éléments d'équilibrage (côté sorties)}$$


---

Les éléments d'équilibrage sont définis comme les entrées et sorties supplémentaires nécessaires pour établir un bilan matière. Côté entrée, il peut s'agir de :

- l'oxygène pour les processus de combustion ;
- l'oxygène pour la respiration des humains et du bétail ; la respiration bactérienne à partir des déchets solides et des eaux usées ;
- l'azote pour le procédé Haber-Bosch ;
- Les besoins en eau pour la production intérieure de boissons exportées.

Côté sortie, les éléments d'équilibrage sont constitués de :

- Vapeur d'eau provenant de la combustion ;
- Gaz issus de la respiration des humains et du bétail (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O), et de la respiration bactérienne des déchets solides et des eaux usées (H<sub>2</sub>O) ;
- Eau excorporée de la biomasse et des produits.

Les éléments d'équilibrage sont compilés dans le tableau E du compilateur CFM-EE du PNUE (voir annexe 1). Une explication détaillée et complète des postes d'équilibrage est fournie dans la section 4.8 du manuel d'Eurostat sur les comptes de flux de matières dans l'ensemble de l'économie (Eurostat 2018).

Dans la pratique, les NAS sont calculées comme le résidu de l'identité du bilan matière. Par conséquent, les ENS contiendraient toutes les erreurs de calcul. Il est possible de calculer le stock de matières et les variations du stock de matières directement en utilisant une combinaison de principes comptables ascendants et descendants, ce qui permettrait d'effectuer des contrôles de qualité sur le bilan matière.

Le bilan matière révèle également d'importantes relations entre les différents indicateurs et permet de savoir si une économie investit dans la constitution de stocks physiques ou si elle est alimentée par un important flux de matières.



## 6 Indicateurs principaux

---

### 6.1 Contexte

---

Au cours des dernières années, l'utilisation efficace des ressources est devenue un thème central du débat politique international. Un certain nombre de pays ont souligné le besoin urgent d'une plus grande productivité des ressources et d'une réduction de l'utilisation des matériaux dans le cadre de leurs stratégies de développement économique et de leurs plans de politique environnementale. Le Japon, l'Union européenne et la Chine ont notamment mis en œuvre des programmes politiques de haut niveau visant à réduire l'utilisation des matériaux et à accroître l'efficacité des ressources (PNUE 2016). Par ailleurs, l'Agenda 2030 des Nations unies

pour le développement durable et ses 17 Objectifs de développement durable (ODD) (ONU 2015) indiquent que l'utilisation et la gestion durables des ressources naturelles sont une condition nécessaire pour parvenir à un avenir meilleur pour les générations actuelles et futures. Dans deux ODD - l'objectif 8 « Croissance économique durable, emploi et travail décent pour tous » et l'objectif 12 « Modes de consommation et de production durables » - des sous-objectifs nécessitant spécifiquement des indicateurs basés sur les flux de matières pour le suivi ont été définis, par exemple les cibles 8.4 et 12.2 (voir l'encadré).

---

Cible 8.4 des ODD : Améliorer progressivement, d'ici à 2030, l'efficacité des ressources mondiales dans la consommation et la production et s'efforcer de dissocier la croissance économique de la dégradation de l'environnement, conformément au cadre décennal de programmation sur la consommation et la production durables, les pays développés jouant un rôle de chef de file.

---

Cible 12.2 des ODD : D'ici à 2030, parvenir à une gestion durable et à une utilisation efficace des ressources naturelles.

---

Un grand nombre d'indicateurs peuvent être établis à partir des comptes de flux de matières à l'échelle de l'économie. Ces indicateurs correspondent généralement aux principales variables des CFM-EE et décrivent l'utilisation des matières à différents stades des activités économiques, de l'extraction des matières à la production de déchets et d'émissions, en passant par le commerce international et la consommation de matières. Conformément au schéma de bilan matière, les principaux types d'indicateurs peuvent être définis comme suit : les indicateurs d'intrants, les indicateurs de consommation, les indicateurs de commerce et d'équilibre, et les indicateurs de sortie.

Ces différents types d'indicateurs fournissent des informations complémentaires sur divers aspects liés à l'utilisation des matériaux au niveau national. Ils peuvent également être combinés les uns avec les autres pour fournir une description plus complète des questions connexes. En outre, ils peuvent être combinés avec des indicateurs économiques, tels que le produit intérieur brut (PIB), pour construire des indicateurs de productivité matérielle.

En fonction de l'étendue des flux de matières considérés, les indicateurs peuvent être regroupés en plusieurs catégories :

- A. Indicateurs basés sur les comptes des flux de matières directs, c'est-à-dire l'extraction intérieure et les importations et exportations physiques.
- B. Indicateurs qui incluent également les flux de matières indirects associés aux importations et exportations directes - Ces flux sont également appelés équivalents de matières premières (EMP).

C. Indicateurs qui prennent également en compte l'extraction de matériaux inutilisés, d'origine nationale ou étrangère.

Étant donné que ce manuel se concentre sur l'établissement de comptes pour les flux directs de matières, le groupe d'indicateurs (A) fera l'objet de la plus grande attention dans ce chapitre. Toutefois, des informations sommaires sont également fournies pour les groupes d'indicateurs (B) et (C).

## 6.2 Indicateurs sur les flux directs de matières

### 6.2.1 Description technique

Le tableau 6.1 décrit les différents indicateurs qui peuvent être calculés sur la base des CFM-EE des flux de matières directs. Les descriptions des indicateurs sont adaptées du guide de l'OCDE pour la mesure des flux de matières et de la productivité

des ressources (OCDE 2008).

Il convient de noter que les indicateurs respectifs peuvent être présentés soit comme une somme totale pour toutes les catégories de matériaux, soit désagregés par groupe de matériaux principal, afin d'identifier les principaux éléments qui sous-tendent le chiffre agrégé.

**Tableau 6.1** Indicateurs basés sur les données de CFM-EE telles que couvertes dans ce manuel.

INDICATEUR	ABRÉVIATION	CALCUL	DESCRIPTION
Extraction intérieure	DE	-	L'extraction intérieure mesure les flux de matières qui proviennent de l'environnement et qui entrent physiquement dans le système économique en vue d'une transformation ultérieure ou d'une consommation directe. Ils sont transformés ou incorporés dans des produits et ont généralement une valeur économique, c'est-à-dire qu'ils sont « utilisés » par l'économie (c'est pourquoi ils sont parfois également décrits comme DEU, afin de séparer ces flux de l'extraction intérieure non utilisée).
Apport direct de matériaux	DMI	DE+IMP	Le DMI mesure l'apport direct de matières utilisées dans l'économie, c'est-à-dire toutes les matières qui ont une valeur économique et sont utilisées dans les activités de production et de consommation ; le DMI est égal à l'extraction intérieure utilisée plus les importations.
Domestic Material Consumption	DMC	DMI-EXP	La DMC mesure la quantité totale de matières directement utilisées dans une économie (c'est-à-dire à l'exclusion des flux indirects). La DMC est définie de la même manière que d'autres indicateurs physiques clés tels que la consommation intérieure brute d'énergie. La DMC est égale au DMI moins les exportations.
Équilibre Commercial Physique	PTB	IMP-EXP	Le PTB reflète l'excédent ou le déficit commercial physique d'une économie. Il est défini comme les importations moins les exportations.

**Tableau 6.1** Indicateurs basés sur les données de CFM-EE telles que couvertes dans ce manuel.

INDICATEUR	ABRÉVIATION	CALCUL	DESCRIPTION
Émissions dans la nature	DPO		Les DPO mesurent le poids total des matières extraites de l'environnement national ou importées qui, après avoir été utilisées dans l'économie, retournent dans l'environnement. Ces flux interviennent aux stades de la transformation, de la fabrication, de l'utilisation et de l'élimination finale de la chaîne de production et de consommation. Il s'agit des émissions dans l'air, des déchets industriels et ménagers déposés dans des décharges non contrôlées, des charges de matériaux dans les eaux usées et des matériaux dispersés dans l'environnement à la suite de l'utilisation d'un produit (flux dissipatifs).
Productivité des matériaux		GDP/DMC	La productivité matérielle est définie comme le rapport entre le PIB et la DMC. Elle indique la valeur économique générée par unité de consommation de matériaux. Au fil du temps, l'indicateur montre si le découplage entre l'utilisation des matières et la croissance économique est réalisé. Cet indicateur est également appelé « efficacité des ressources », par exemple dans le contexte de la politique européenne.
Intensité de matériau		DMC/GDP	L'intensité matérielle est l'indicateur réciproque de la productivité matérielle. Il est calculé comme DMC/PIB, illustrant la consommation matérielle nécessaire pour produire une unité de PIB.

### 6.2.2 Questions politiques

Les indicateurs agrégés basés sur les flux de matières sont particulièrement utiles pour le suivi des objectifs politiques généraux et globaux, tels que ceux définis dans le contexte des ODD. Les indicateurs agrégés permettent notamment de mesurer la taille physique globale d'une économie et d'identifier ses principales composantes dans des groupes de matériaux. En outre, des indicateurs agrégés peuvent être définis en relation avec des indicateurs économiques, ce qui permet d'évaluer la productivité matérielle globale et les performances de découplage d'une économie.

Un autre point fort des mesures agrégées des flux de matières est leur capacité à simplifier le processus de communication avec le public et à atteindre des publics qui reçoivent généralement peu d'informations sur les interactions complexes entre l'économie et l'environnement. Ceci est utile pour les décideurs politiques et le grand public qui ont besoin d'informations synthétisées sans être trop détaillées (OCDE 2008).

Les divers indicateurs énumérés dans le tableau 6.1 ci-dessus permettent d'aborder différentes questions politiques. Ceux-ci sont résumés dans le tableau 6.2.

**Tableau 6.2** Principales questions politiques abordées par les indicateurs de flux directs de matières

INDICATEUR	PRINCIPALES QUESTIONS POLITIQUES
DE	<p>Quelles sont les quantités de matières premières extraites sur le territoire national pour soutenir les activités économiques ?</p> <p>Quelle est la composition des matières premières extraites au niveau national et comment cette composition a-t-elle évolué au fil du temps ?</p>
DMI	<p>Quelles sont les matières premières qui constituent la base matérielle du système économique national, c'est-à-dire la production destinée à la demande intérieure et aux exportations ?</p> <p>Quel est le rapport entre les matières extraites localement et les matières importées, c'est-à-dire dans quelle mesure une économie est-elle dépendante des importations de matières premières ?</p>
DMC (en tant que DMC/cap pertinent pour ODD 12.2)	<p>Quelles sont les matières premières qui servent à la consommation apparente d'un pays, c'est-à-dire à l'exclusion des matières et produits exportés à l'étranger ?</p> <p>Quelles sont les pressions environnementales qui s'exercent sur le territoire en raison des matériaux utilisés dans un système économique (qui aboutissent soit à une augmentation des stocks physiques, soit à des déchets et à des émissions dans l'environnement) ?</p> <p>Quels sont les points chauds (politiques) pour les mesures de gestion des ressources liées à la consommation intérieure de matériaux ?</p>
PTB	<p>Le pays est-il un importateur ou un exportateur physique net de matières premières ?</p> <p>Quels sont les groupes de matières premières dont les importations nettes sont élevées, ce qui indique un point chaud potentiel de dépendance à l'égard des importations ?</p>
DPO	<p>Quelles sont les sorties de matières liées aux activités de production et de consommation d'un pays donné ?</p> <p>Quelles sont les quantités d'émissions atmosphériques émises sur le territoire national ?</p> <p>Comment les émissions liées au climat ont-elles évolué dans le temps ?</p> <p>Les flux de déchets retournant dans l'environnement diminuent-ils ou augmentent-ils ?</p>
GDP/DMC (pertinent pour l'ODD 8.4)	<p>Quelle est la valeur économique générée par une unité de matière consommée par l'économie nationale ?</p> <p>L'économie a-t-elle réussi à découpler la croissance économique et l'utilisation directe des ressources ?</p>

### 6.3 Indicateurs incluant les flux de matières indirects et non utilisés

Outre les indicateurs basés sur les comptes de flux de matières directs, d'autres indicateurs peuvent être dérivés du cadre plus large des CFM-EE. Ces indicateurs se réfèrent aux groupes (B) et (C) présentés ci-dessus.

La première étape de l'élargissement du champ des indicateurs (groupe B) consiste à inclure les flux de matières indirects associés aux importations et exportations directes. Par exemple, une voiture importée ne sera pas mesurée en fonction de son poids réel, mais en fonction du poids de tous les matériaux qui ont été nécessaires tout au long de

la chaîne de production internationale (comme la majeure partie du charbon et du minerai de fer nécessaires pour produire de l'acier dans les pays tiers, qui a ensuite été importé sous forme d'acier dans le pays constructeur de la voiture, pour être transformé en carrosserie). Pour ce faire, les poids des flux directs d'importation et d'exportation sont transformés en RME.

Les deux indicateurs qui incluent les EMR sont les suivants :

- L'apport de matières premières (RMI), qui ajoute la partie indirecte des équivalents en matières premières des importations (IMPRME) au DMI.
- La consommation de matières premières (RMC), également appelée « empreinte matérielle » (voir le chapitre suivant), qui déduit les RME des exportations (EXPRME) du RMI.

Une autre extension des frontières du système prises en compte par les indicateurs basés sur les flux de matières concerne l'inclusion de ce que l'on appelle « l'extraction intérieure non utilisée (UDE) » (groupe C). Cette catégorie de flux de matières comprend trois éléments principaux (Eu-rostat 2001) : (1) l'extraction non utilisée dans les mines et les carrières (déchets d'extraction mi-nière/de carrière tels que les morts-terrains ou les matériaux de séparation) ; (2) l'extraction non utilisée dans la récolte de biomasse (prises accessoires rejetées, pertes de récolte de bois et autres déchets de récolte) ; (3) l'excavation du sol (et de la roche) et les matériaux de dragage (matériaux extraits pendant les activités de construction et de dragage).

Les deux indicateurs qui incluent l'extraction de matériaux non utilisés sont les suivants :

- Le besoin total en matières (TMR) comprend, outre le RMI, l'extraction intérieure non utilisée (UDE) et l'extraction non utilisée liée aux RME des importations (IMPRME\_UDE).
- La consommation totale de matières (TMC), qui, outre la RMC, tient également compte de l'extraction non utilisée liée aux RMC des importations et des exportations. La TMC est égale au TMR moins les exportations, leurs RME et les UDE correspondantes.

La figure 6.1 donne une vue d'ensemble de tous les indicateurs d'entrée et de consommation disponibles, applicables au système statistique européen. La figure illustre l'état européen de la mise en œuvre statistique des CFM-EE (Eurostat 2013) : les flux de matières directs (en orange) sont couverts par une réglementation légale, les équivalents en matières premières sont estimés par l'Office statistique européen (Eurostat) et les indicateurs incluant les flux de matières non utilisées ne sont actuellement pas disponibles dans le système statistique européen.

## 6.4 Points forts et limites des indicateurs de portée différente

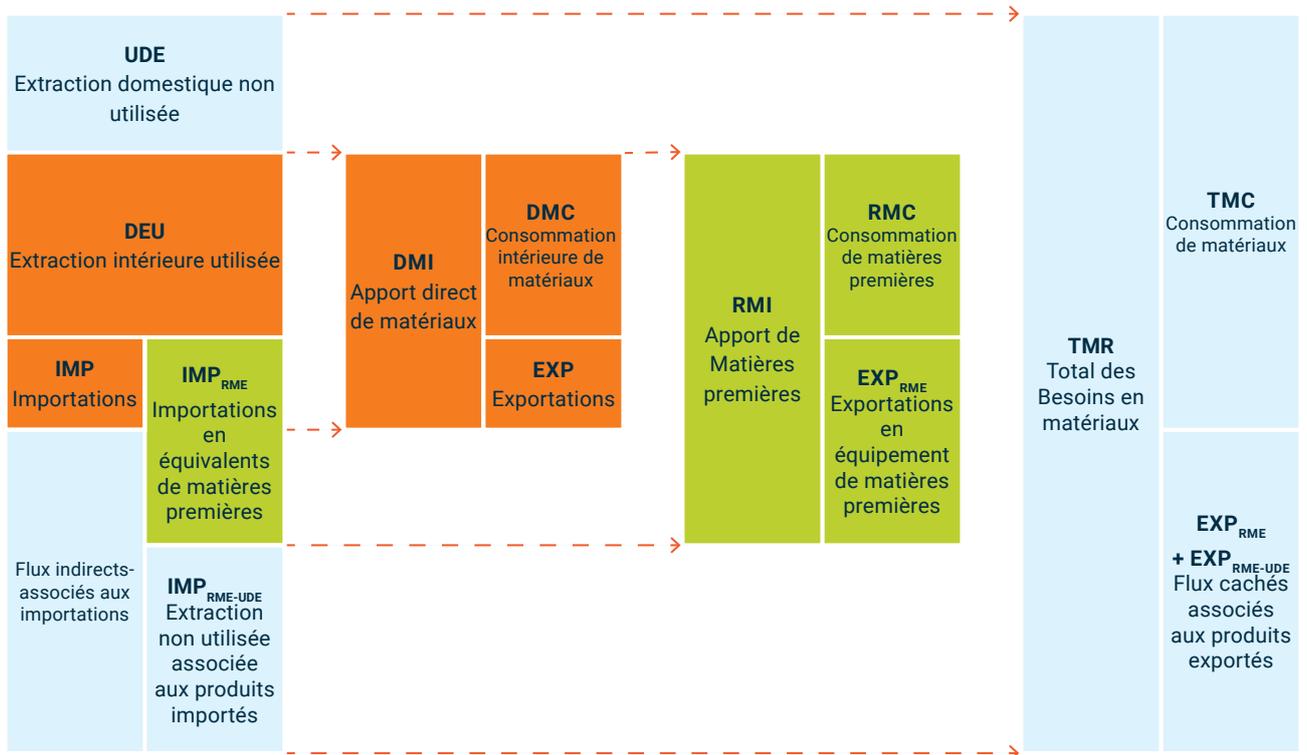
Les indicateurs basés sur les flux directs de matières, notamment l'indicateur DMC, sont actuellement les indicateurs basés sur les CFM les plus largement utilisés dans les processus politiques, par exemple dans le contexte de la mise en œuvre de la « Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources » (CE 2011), où le PIB sur DMC a été choisi comme indicateur principal.

Le DMC est un indicateur des CFM-EE largement accepté, en particulier dans les institutions statistiques, car il peut être calculé dans une large mesure sur la base des statistiques officielles de la production et du commerce nationaux, comme l'illustre ce manuel. Les données DMC ont donc été compilées pour un nombre beaucoup plus important de pays et à partir d'une grande variété d'institutions statistiques et universitaires par rapport à d'autres indicateurs plus complexes, qui prennent en compte

les flux de matières en amont des importations et des exportations et s'appuient souvent sur des données modélisées, tels que le RMC.

Le DMC a une grande importance environnementale en tant qu'indicateur de la pression environnementale potentielle sur un territoire national. Le DMC couvre toutes les matières utilisées du côté des intrants, qui circulent effectivement dans l'économie nationale et qui sont rejetées dans l'environnement sous forme de déchets et d'émissions ou qui contribuent à l'augmentation du stock physique national avec des flux potentiels de déchets et d'émissions à l'avenir (Marra Campanale et Femia 2013). En outre, lors de l'élaboration de stratégies nationales de gestion des ressources, il est plus facile pour les gouvernements de prendre en compte le DMC et ses composantes que les indicateurs qui incluent les flux de matières indirects dans d'autres

Figure 6.1 Vue d'ensemble de la « famille » des indicateurs basés sur les flux de matières



**Légende**

- Couvert par une base légale (règlement n° 691/2011 sur les comptes économiques environnementaux européens)
- Estimation d'Eurostat (agrégation UE27)
- Non disponible dans le système statistique européen

pays le long des chaînes d'approvisionnement des produits importés et qui requièrent donc une coopération internationale en matière de politique.

Toutefois, il convient de préciser que les indicateurs de flux de matières directs, tels que l'indicateur DMC, ne rendent pas compte de tous les flux de matières globaux liés à la consommation finale dans un pays ou une région, étant donné que les matières indirectes (ou incorporées) des produits importés et exportés ne sont pas prises en compte. Dans une économie mondialisée, les chaînes d'approvisionnement deviennent de plus en

plus internationales, impliquant souvent un grand nombre de pays tout au long du cycle de vie d'un produit, de l'extraction des matières premières à la livraison du produit au consommateur final, en passant par la transformation et la fabrication. Par conséquent, les indicateurs de flux directs de matières ne peuvent pas rendre compte des conséquences environnementales réelles générées par la consommation de certains produits, car les flux de matières peuvent être localisés dans d'autres régions du monde.

Les pays peuvent donc apparemment réduire leur

consommation de matières, telle que mesurée par l'indicateur DMC, en externalisant à l'étranger l'extraction et la transformation à forte intensité de matières. L'évaluation de l'utilisation globale de matières liées à la consommation finale nécessite d'autres indicateurs basés sur les CFM, tels que le RMC (voir également le chapitre suivant sur les « empreintes matérielles »). Ces aspects doivent être pris en compte lors de l'évaluation des résultats des DMC dans les différents pays, par exemple en ce qui concerne les résultats obtenus en matière de découplage entre la consommation de matières et la croissance économique.

En outre, il convient de souligner que les indicateurs de flux directs de matières ne tiennent pas compte de l'extraction de matières non utilisées, telles que les morts-terrains provenant de l'extraction de métaux ou de charbon ou les résidus de récolte dans l'agriculture. Toutefois, ces flux de matières inutilisées sont à l'origine de diverses pressions environnementales, telles que la pollution de l'eau et la modification des paysages. Pour prendre en compte ces flux, des indicateurs tels que le TMR ou le TMC doivent être appliqués.



7

**Empreinte matérielle de la consommation**

---

# 7 Material footprint of consumption

## 7.1 Introduction

Les évaluations environnementales appliquent généralement une perspective territoriale - ou basée sur la production - pour analyser les pressions et les impacts environnementaux qui se produisent à l'intérieur des frontières d'un pays ou d'une région. Par conséquent, le suivi des politiques environnementales actuelles repose principalement sur des indicateurs appliquant cette perspective. Parmi les exemples, on peut citer l'indicateur d'efficacité des ressources PIB/DMC appliqué par la Commission européenne (chapitre 6), la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre des traités climatiques de la CCNUCC, les évaluations des prélèvements d'eau par rapport à l'eau disponible ou les modifications de l'occupation des sols, ainsi que les incidences connexes sur les écosystèmes et la biodiversité.

Toutefois, à l'ère de la mondialisation, les chaînes d'approvisionnement sont de plus en plus organisées au niveau international, déconnectant ainsi le lieu de production de la consommation finale. Diverses incidences environnementales et sociales locales dans les pays qui extraient et transforment des matières premières ou des produits manufacturés sont donc souvent liées à la demande finale dans d'autres pays. Les indicateurs axés sur la production ne peuvent pas rendre compte de la totalité des conséquences environnementales réelles induites par la consommation de certains produits, car ils n'incluent pas les impacts qui se situent dans d'autres régions du monde.

L'indicateur RMC ou « empreinte matérielle » (voir également le chapitre précédent) répond à ce besoin de mieux comprendre ces « téléconnexions » entre des lieux de production et de consommation éloignés. L'indicateur RMC est calculé en transformant les pondérations des flux d'importation et d'exportation directs en leurs RME respectifs. Les RME désignent les extractions de matières pre-

mières à l'échelle de la chaîne d'approvisionnement nécessaires à la fabrication d'un produit importé ou exporté donné. Par exemple, si un pays importe une certaine quantité de viande bovine, les RME respectifs font référence, entre autres, aux plantes fourragères nécessaires pour nourrir le bétail. Si un pays importe des voitures, les RME comprennent toutes les extractions de matières premières primaires nécessaires à la production de la voiture (par exemple, le fer brut ou le minerai de cuivre pour produire de l'acier ou des fils de cuivre ; le pétrole brut pour produire des pièces en plastique).

L'indicateur RMC ou « empreinte matérielle » corrige donc le bilan matériel national en fonction du commerce international, en tenant compte de l'extraction de matériaux à l'intérieur et à l'extérieur du pays avec les mêmes limites de système. En utilisant le DMC, la délocalisation de la production à forte intensité matérielle du territoire national vers d'autres régions du monde, tout en maintenant constante la demande finale de produits et de services, se traduira par une meilleure performance apparente. En revanche, avec le RMC, les importateurs nets ne peuvent pas améliorer leurs performances simplement en externalisant. Dans le même temps, pour les pays exportateurs nets dont la demande finale intérieure est faible, les chiffres des RMC seront inférieurs aux résultats des DMC.

Ces dernières années, l'indicateur RMC a fait l'objet d'une attention considérable dans les publications des institutions universitaires et statistiques. Dans les débats politiques également, l'indicateur est suggéré pour surveiller l'utilisation des matériaux et la productivité d'un pays dans un contexte mondial. On peut citer comme exemples les discussions sur l'établissement d'objectifs de productivité des ressources dans le contexte de la « Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources » (CE 2011 ; CE 2014) ou la fourniture

d'indicateurs de flux de matières basés sur la demande dans le contexte des indicateurs de croissance verte de l'OCDE (OCDE 2014). Dans ce dernier cas en particulier, les efforts se sont

intensifiés ces dernières années pour développer des indicateurs de type RMC afin d'améliorer l'élaboration des politiques.

## 7.2 Résumé des méthodes disponibles

On distingue généralement trois types de méthodes pour le calcul des indicateurs d'empreinte matérielle (voir Lutter, Giljum et Bruckner 2016) : (1) des approches descendantes partant du niveau macroéconomique des structures économiques et de l'extraction de matières, (2) des approches ascendantes utilisant des coefficients sur l'apport de matières par unité de produit, et (3) des approches hybrides combinant les deux approches précédentes.

### 7.2.1 Approche descendante : analyse entrées-sorties

Les approches descendantes s'appuient sur l'analyse des entrées-sorties (AES) qui se concentre sur la structure économique d'un pays sous la forme de matrices décrivant les flux inter-industriels, c'est-à-dire les tableaux des entrées-sorties. Chaque colonne d'un tableau du modèle entrées-sorties (IO) peut être interprétée comme un inventaire des intrants de production. Les données environnementales sur l'utilisation des matières, liées à un tableau IO, peuvent être considérées comme un inventaire des intrants environnementaux tels que les matières premières.

En général, on distingue deux types principaux : les modèles à région unique et les modèles MRIO. Les modèles IO à région unique supposent que les produits importés sont fabriqués avec la même technologie que les produits nationaux. Dans les modèles MRIO, les tableaux IO des pays sont reliés entre eux par des données commerciales bilatérales, en tenant compte des différentes technologies appliquées dans chaque pays. L'analyse MRIO permet de suivre les chaînes de valeur des produits et l'utilisation des matériaux correspondants tout au long des différentes étapes du cycle de vie de tous les produits et services, depuis l'extraction

des matériaux jusqu'à la demande finale, en tenant compte des intensités de matériaux spécifiques dans les différents pays.

L'AES, en particulier sous sa forme multirégionale, présente un certain nombre d'avantages clés. Son principal avantage est qu'elle permet de calculer l'empreinte matérielle de tous les produits et de toutes les industries, y compris ceux dont les chaînes d'approvisionnement mondiales sont très complexes. En suivant une approche descendante, l'analyse des entrées-sorties permet également d'éviter les doubles comptages. Un intrant matériel spécifique ne peut être attribué qu'une seule fois à la demande finale, car les chaînes d'approvisionnement et d'utilisation sont entièrement représentées. Par conséquent, le système global est toujours cohérent, c'est-à-dire que la somme de toutes les empreintes matérielles est égale à la somme de l'extraction globale de matières.

L'un des principaux inconvénients de l'AES est le nombre limité de produits et de régions distingués, qui est déterminé par la désagrégation sectorielle, industrielle et régionale d'un modèle IO. En outre, l'hypothèse de caractéristiques environnementales homogènes pour tous les produits d'un groupe de produits donne des résultats inexacts. Un autre inconvénient est que la plupart des approches basées sur les MRIO utilisent les structures d'utilisation monétaire des industries et des produits pour allouer l'extraction de matières à la demande finale, en supposant une proportionnalité entre les flux monétaires et physiques, ce qui ne devrait pas être le cas, par exemple en raison des différences de prix entre les différentes industries.

Aujourd'hui, il existe plusieurs bases de données mondiales MRIO qui peuvent être complétées par des données sur l'extraction de matériaux au niveau mondial, afin de suivre le flux de matériaux

incorporés le long des chaînes d'approvisionnement internationales jusqu'à la demande finale (Lutter, Giljum et Bruckner 2016). Pour des études sur les empreintes matérielles basées sur les données MRIO, y compris des descriptions techniques détaillées, voir Arto *et al.* 2013 ; Eisenmenger *et al.* 2016 ; Giljum *et al.* 2016 ; Giljum *et al.* 2017 ; Giljum, Bruckner et Martinez 2015 ; Wiedmann *et al.* 2015.

### 7.2.2 Approche ascendante : coefficients d'intensité matérielle

Les approches ascendantes comprennent des données détaillées sur le commerce bilatéral et la production nationale exprimée en quantités (par exemple en tonnes ou en unités), et la « consommation apparente » d'un pays est obtenue en calculant la production plus les importations moins les exportations. Les quantités de chaque produit consommé dans un pays sont multipliées par des coefficients reflétant l'utilisation des ressources en amont. Ces coefficients, principalement obtenus à partir d'Analyses du Cycle de Vie, quantifient les matériaux nécessaires tout au long de la chaîne d'approvisionnement d'un produit (voir Wiesen et Wirges 2017).

L'avantage le plus important des méthodes ascendantes basées sur les coefficients par rapport aux approches descendantes est le niveau de détail élevé qui peut être appliqué. L'approche par coefficient ne connaît pas de restrictions quant à la définition des secteurs, des industries ou des groupes de produits et permet donc d'effectuer des comparaisons très spécifiques des empreintes matérielles, jusqu'au niveau des produits ou des matériaux individuels.

L'un des principaux inconvénients des approches fondées sur les coefficients est le niveau d'effort élevé nécessaire pour construire des coefficients solides pour un grand nombre de produits, en particulier ceux qui sont hautement transformés. La disponibilité des coefficients pour les produits finis est donc limitée. En outre, un double comptage est possible, en particulier dans les cas où les produits passent plus d'une frontière le long des étapes de transformation, car ces produits sont comptabilisés à chaque fois qu'ils passent une frontière. Par conséquent, si elle est appliquée au niveau mondial,

la somme de toutes les empreintes issues des calculs ascendants sera inévitablement différente de la somme de l'extraction mondiale de matières.

En ce qui concerne la disponibilité des données pour les coefficients de matériaux, l'Institut Wuppertal en Allemagne gère une base de données pour plus de 200 produits, la plupart des coefficients étant fournis pour un pays spécifique (principalement européen) ou pour la moyenne mondiale (Institut Wuppertal 2014). L'Office statistique européen fournit également des informations sur les coefficients RME pour les importations et les exportations par 182 groupes de produits et 51 catégories de matières premières, adaptés au cas européen (Eurostat 2016a).

### 7.2.3 Approches hybrides : compléter l'analyse entrée-sortie par des coefficients

Les approches hybrides visent à exploiter les avantages de l'AES en combinaison avec les comptes commerciaux physiques et les coefficients basés sur les processus. En fonction de l'étape de traitement, ainsi que de la qualité et de la disponibilité des données, une approche différenciée est appliquée pour le calcul des indicateurs d'empreinte pour différents produits. En général, les coefficients de matière sont utilisés pour les matières premières et les produits peu transformés. Les produits transformés et les produits finis dont les chaînes de production sont plus complexes sont mesurés à l'aide de l'AES, qui permet de prendre en compte tous les effets indirects et donc tous les besoins en matériaux en amont.

Les modèles hybrides sont de plus en plus utilisés dans tous les domaines de la comptabilité des flux de ressources, reconnaissant leurs forces et capacités respectives. La combinaison des méthodes descendantes et ascendantes est réalisée de différentes manières. Les approches hybrides pour le calcul des indicateurs de flux de matières basés sur la consommation intègrent des statistiques détaillées en unités de masse dans des tableaux d'entrées-sorties monétaires, créant ainsi des tableaux d'entrées-sorties à unités mixtes.

Des modèles de calcul hybrides ont été mis en place pour une série de pays européens (voir, par exemple, Kovanda et Weinzettel 2013 ; Schaffart-zik *et al.* 2014a). L'Office statistique européen a également

développé une méthode de calcul hy-bride pour évaluer l'empreinte matérielle de l'UE-28 (Eurostat 2016b).

### 7.3 Perspectives

---

Sur la base des développements politiques internationaux actuels, par exemple dans le contexte des objectifs de développement durable des Nations unies (ODD ; UN 2016), on s'attend à ce que la demande de comptabilité de l'empreinte matérielle et d'autres comptes basés sur la demande augmente bientôt, étant donné que les ODD exigent des pays qu'ils améliorent la productivité des ressources à la fois de la production et de la consommation, appelant à l'application à la fois du DMC et du RMC.

Cependant, il n'existe pas encore de méthode de référence mondiale pour le calcul de l'empreinte matérielle. En raison des caractéristiques mondiales des chaînes d'approvisionnement et des différences de structure industrielle entre les pays, aucun office statistique national ne peut gérer de manière fiable ses propres comptes basés sur la demande. Les exigences en matière de rapports pour les ODD nécessiteront donc probablement un système mondial de calcul des MRIO géré par une organisation internationale de confiance afin de permettre aux bureaux nationaux de statistiques d'utiliser cette capacité.

Une fois ce système mis en place, les tableaux mondiaux et multirégionaux des entrées-sorties pourraient être mis à la disposition des offices statistiques nationaux, des agences gouvernementales et des instituts de recherche. L'utilité d'un tel cadre harmonisé à l'échelle mondiale irait au-delà de la comptabilisation de l'empreinte matérielle et pourrait inclure des comptes satellites sur l'énergie, les émissions, les déchets, l'eau et la biodiversité, ainsi que des données économiques et sociales (par exemple, les heures de travail, l'emploi et les effets multiplicateurs) afin d'évaluer les différentes empreintes de la consommation.



## Comptabilisation des stocks

---

08

# 8 Comptabilisation des stocks

---

## 8.1 Introduction

---

Depuis l'étude fondamentale sur les flux de matières réalisée par le World Resources Institute (Adriaanse *et al.* 1997 ; Matthews *et al.* 2000), la recherche sur le métabolisme social et les CFM-EE s'est principalement concentrée sur les flux, quantifiant l'extraction de matériaux, les flux commerciaux et la consommation domestique de matériaux. Dans une bien moindre mesure, la recherche a également porté sur les flux sortants de déchets et d'émissions. Ces recherches ont permis de mieux comprendre les modèles et les tendances des flux de matières à l'échelle mondiale, ainsi que les facteurs socio-économiques et bio-géographiques sous-jacents. Le concept de métabolisme social implique que la taille et la composition des flux de matières sont étroitement liées aux stocks de matières en cours d'utilisation : Les flux de matières sont nécessaires pour constituer et entretenir les stocks d'objets, pour fournir des services à partir de ces objets et pour nourrir les hommes et le bétail.

En particulier, les informations sur l'évolution historique des stocks d'objets en usage et leur relation avec les flux d'entrée et de fin de vie sont d'une importance capitale pour comprendre les schémas de flux de matières et leur évolution dans le temps. Les stocks d'objets ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années et ont donc un impact

à long terme. Ils constituent des héritages pour les flux matériels futurs (Brunner et Rechberger 2002 ; Kapur et Graedel 2006) et peuvent contribuer à créer des situations de « verrouillage ». L'augmentation continue des stocks limite les possibilités de fermer la boucle des matériaux par le recyclage (économie circulaire) et la répartition par âge des stocks détermine le moment où les matériaux peuvent devenir disponibles en tant que ressources secondaires potentielles ainsi que leur composition probable (Haas *et al.* 2015 ; Krook et Baas 2013). L'importance des stocks pour l'atténuation des gaz à effet de serre a également été reconnue, car la constitution et l'utilisation des stocks de bâtiments et d'infrastructures sont responsables d'une grande partie de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre de l'humanité (Müller *et al.* 2013 ; Pauliuk et Müller 2014). Bien que l'intérêt pour les stocks de matériaux utilisés se soit accru ces dernières années, les méthodes d'estimation de la taille des stocks en sont encore à leurs balbutiements et la connaissance des stocks socio-économiques agrégés et de leur évolution dans le temps est, au mieux, fragmentaire. Il n'existe pas d'estimations complètes des différents types de stocks, de leur composition matérielle et de leur relation avec les flux à l'échelle mondiale.

## 8.2 Méthodes de quantification des stocks

---

### 8.2.1 Vue d'ensemble

---

Comme indiqué dans la section 1.3.3 de ce manuel, les CFM-EE distingue trois types de stocks matériels socio-économiques : les artefacts, le bétail et les êtres humains. Les artefacts sont principalement des actifs fixes fabriqués par l'homme, tels que définis dans les comptes nationaux, comme les infrastructures, les bâtiments, les véhi-

cules et les machines, ainsi que les stocks de produits durables. Les biens durables achetés par les ménages pour la consommation finale ne sont pas considérés comme des actifs fixes dans les comptes nationaux, mais sont également considérés comme des stocks de matières dans les CFM-EE. Les stocks d'objets en cours d'utilisation représentent généralement plus de 99 % des stocks totaux ; les stocks d'êtres humains et de bétail sont

relativement peu importants. Le stock de bétail et d'êtres humains peut être estimé en utilisant des données sur la population et le nombre de têtes de bétail et des hypothèses sur le poids vif moyen par classe d'âge, mais en termes pratiques, il est souvent ignoré dans les évaluations de stock.

Il existe une multitude d'approches pour quantifier la taille des stocks d'artefacts en cours d'utilisation et les flux de matériaux associés (Augiseau et Barles 2017 ; Tanikawa *et al.* 2015). D'une manière très générale, on peut distinguer deux types d'approches : Approches comptables (ascendantes) « basées sur les stocks » et modélisation dynamique « basée sur les flux » (descendantes). Les approches fondées sur la comptabilité permettent d'estimer la masse de matériaux dans les stocks à partir d'informations quantitatives sur les différents types de stocks, tels que les bâtiments, les infrastructures ou les machines, et sur leur composition matérielle. Les modèles axés sur les flux utilisent des séries chronologiques d'informations sur les apports de matières aux stocks en service, en combinaison avec des hypothèses sur les durées de vie, pour déduire la taille des stocks dans le temps et modéliser ensuite les flux de déchets en fin de vie provenant des stocks à chaque point spécifique dans le temps. Dans la pratique, on utilise souvent des approches hybrides qui combinent différentes approches, en fonction des données disponibles et des objectifs de la recherche.

### 8.2.2 Comptabilité de stock

Les approches basées sur la comptabilité pour quantifier les stocks sont principalement des approches statiques ascendantes. Elles utilisent des inventaires ou des données d'enquête sur les artefacts en usage pour estimer la masse et la composition matérielle de ces types de stocks spécifiques. Cette approche nécessite des informations sur les différents types de stocks utilisés (par exemple, la longueur des routes par type de route, les statistiques de construction ou le nombre de véhicules) ainsi que sur la masse et la composition des stocks (par exemple, la masse des différents matériaux contenus dans un kilomètre de différents types de routes ou de différents types de bâtiments, ou par véhicule). Il s'agit d'une méthode qui nécessite beaucoup de données et qui n'est généralement

appliquée qu'à des types de stocks spécifiques. Miatto *et al.* (2017) ont par exemple quantifié l'évolution à long terme des stocks de matériaux sur le réseau routier des États-Unis. Seules quelques tentatives ont été faites pour utiliser cette approche à l'échelle nationale afin d'obtenir des estimations plus complètes des stocks. Parmi les exemples, on peut citer l'étude de Rubli *et al.* (2005) qui ont estimé les stocks de bâtiments et d'infrastructures dans leur analyse de l'économie suisse en utilisant une telle approche ; Wiedenhofer *et al.* (2015) ont quantifié les stocks de bâtiments résidentiels, de routes et de chemins de fer pour l'Union européenne, tandis que Tanikawa *et al.* (2015) ont estimé l'évolution du stock de matériaux de construction au Japon pour l'ensemble des bâtiments et des infrastructures. Ortlepp, Gruhler et Schiller (2015) ont ventilé la somme des surfaces de plancher de l'Allemagne en fonction des différents types de construction. Ces approches comptables axées sur les stocks peuvent produire des estimations de stocks à haute résolution pour des années spécifiques, mais elles sont moins utiles pour des estimations globales à l'échelle du système de tous les stocks de matières en cours d'utilisation, car cela nécessiterait des données pour une grande variété de types de stocks différents, et pour l'évolution de la composition des matières au fil du temps. Toutefois, les données statistiques n'existent généralement que pour quelques stocks (par exemple, la longueur des routes et des voies ferrées, le nombre de bâtiments et la surface au sol, le nombre de voitures) et sont souvent de mauvaise qualité. La conversion des variables de stock en unités de masse est sujette à une incertitude considérable et la ventilation en matériaux spécifiques, qui est la clé pour relier les informations de stock aux données de flux de matériaux des CFM-EE, nécessite des informations détaillées sur la composition matérielle des différents stocks. En raison de ces problèmes, les résultats de la comptabilité pilotée par les stocks ne sont souvent pas entièrement compatibles avec les CFM-EE (Schiller, Müller et Ortlepp 2017) et se limitent souvent aux années récentes (Augiseau et Barles 2017).

### 8.2.3 Modélisation dynamique des stocks

Les modèles de stocks dynamiques axés sur les flux, qui utilisent les durées de vie moyennes des matériaux entrant dans la constitution des stocks pour quantifier la taille de ces derniers, sont plus faciles à relier de manière cohérente aux CFM-EE. Les flux physiques de constitution de stocks peuvent être dérivés des comptes de flux de matières en combinaison avec des informations supplémentaires sur la fraction de matières utilisée pour constituer les stocks, provenant par exemple des statistiques de production. Cette modélisation traite alors l'entrée chaque année d'un stock spécifique de matériaux de construction comme un millésime distinct avec une certaine distribution sur la durée de vie, similaire à une approche démographique de la population. Dans cette méthode, le stock est un résultat du modèle calculé de manière endogène ; il s'agit de la somme de tous les matériaux restant en usage dans les millésimes des flux entrants passés. La méthode est très souple en ce qui concerne les types de flux et de stocks de matériaux qui peuvent être modélisés, à partir de produits manufacturés dans diverses utilisations finales et échelles ; les données d'entrée peuvent être des matériaux ou des substances (par exemple, l'acier, le bois, le ciment), mais aussi des unités de stock telles que les ventes de voitures, qui sont converties en masse de matériaux. La modélisation dynamique des stocks peut être associée de manière cohérente aux comptes de flux de matières, non seulement pour quantifier la taille des stocks, mais aussi pour modéliser les flux de déchets de fin de vie provenant des stocks mis au rebut et estimer les flux potentiels de recyclage et de « downcycling » des matières. Cette approche permet en outre d'élaborer un scénario de simulation, dans lequel la taille et la dynamique des stocks en usage sont les conséquences des hypothèses de scénario concernant les entrées de matériaux pour la constitution des stocks, les durées de vie et les taux de recyclage. Des modèles dynamiques pilotés par les flux ont été largement utilisés pour estimer l'évolution à long terme des stocks de substances spécifiques telles que les métaux (Gloser, Soulier et Tercero Espinoza 2013 ; Liu et Müller 2013 ; Pauliuk, Wang et Müller 2013) et le ciment (Cao et al.). 2017a ; Cao et al. 2017b) pour

les économies nationales et à l'échelle mondiale, et plus récemment aussi pour des estimations complètes des stocks basées sur les CFM-EE. Fishman et al. (2014) ont utilisé cette approche pour estimer l'évolution de la masse des matériaux dans le stock d'artefacts au Japon et aux États-Unis sur la base de données chronologiques provenant des comptes de flux de matériaux. Krausmann et al. (2017) ont développé un modèle qui utilise des données sur la consommation intérieure de matières (DMC) provenant d'une base de données mondiale sur les flux de matières, diverses statistiques de production et des informations sur les taux de stockage (la fraction de DMC de ces matières qui est stockée) pour déterminer la quantité de matières utilisées pour constituer ou maintenir des stocks à l'échelle mondiale pour l'ensemble du 20<sup>e</sup> siècle. Les entrées de différents matériaux sont ensuite affectées à différents types de stocks ayant des durées de vie différentes. Le modèle quantifie tous les stocks d'artefacts en cours d'utilisation, en distinguant 15 grands types de stocks (papier, bois, briques, béton, verre, métaux). La modélisation produit également des estimations des flux mondiaux de déchets solides provenant des stocks mis au rebut et des flux de ressources recyclées secondaires, ce qui constitue une information utile pour compléter l'indicateur de la production intérieure transformée (DPO) dans les CFM-EE et pour informer les évaluations de l'économie circulaire. Bien que les modèles de stocks dynamiques axés sur les flux puissent être reliés de manière cohérente aux CFM-EE, leur résolution en ce qui concerne les différents types de stocks est actuellement limitée par les données disponibles. Il est également difficile de fournir des estimations sur les différents types fonctionnels de stocks (par exemple, les bâtiments commerciaux ou résidentiels, les voitures et les avions), en raison du manque d'informations sur l'affectation des flux entrants à des types de stocks spécifiques, sur la durée de vie des différents stocks et sur leur évolution dans le temps.



## 9 Références

---

Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. et al. (1997). *Resource Flows. The Material Basis of Industrial Economies*. Washington, DC : World Resources Institute.

Arto, I., Genty, A., Rueda-Cantuche, J.M., Villanueva, A. and Andreoni, V. (2013). *Global Resources Use and Pollution: Vol. I, Production, Consumption and Trade (1995-2008)*. Luxembourg : Centre commun de recherche de la Commission européenne.

Augiseau, V. et Barles, S. (2017). Studying construction materials flows and stock: A review. *Resources, Conservation and Recycling* 123, 153-164.

Ayres, R.U. et Simonis, U.E. (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo, New York, Paris : Presses universitaires des Nations unies.

Barbiero, G., Camponeschi, S., Femia, A., Greca, G., Macri, A., Tudini, A. et al. (2003). *1980-1998 Material-Input-Based Indicators Time Series and 1997 Material Balance of the Italian Economy. National Accounts. Income distribution, sector and satellite accounts*. Rome : ISTAT.

BMVEL (2001). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland*. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.

Bringezu, S. and Schütz, H. (2001). *Material use indicators for the European Union, 1980-1997. Economy-wide material flow accounts and balances and derived indicators of resource use*. Luxembourg : Eurostat.

Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C. and Wiebe, K.S. (2012). Materials embodied in international trade: Global material extraction and consumption between 1995 and 2005. *Global Environmental Change* 22(3), 568–576.

Brunner, P.H. and Rechberger, H. (2002). Anthropogenic Metabolism and Environmental Legacies. *Encyclopedia of Global Environmental Change* 3, 54-72.

Cao, Z., Shen, L., Liu, L., Zhao, J., Zhong, S., Kong, H. and Sun, Y. (2017a). Estimating the in-use cement stock in China: 1920-2013. *Resources, Conservation and Recycling* 122, 21-31.

Cao, Z., Shen, L., Løvik, A.N., Müller, D.B. and Liu., G. (2017b). Elaborating the history of our cementing societies: an in-use stock perspective. *Environmental Science & Technology* 51(19), 11468-11475.

EC (2011). *Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011) 571 final*. Bruxelles : Commission européenne.

EC (2014). *Analysis of an EU target for Resource Productivity SWD(2014) 211 final*. Bruxelles : Commission européenne.

EC (2014). *Analysis of an EU target for Resource Productivity SWD(2014) 211 final*. Bruxelles : Commission européenne.

EEA (2017a). Emissions of the main air pollutants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-3>. Consulté le 25 août 2017.

EEA (2017b). Persistent organic pollutant emissions. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea32-persistent-organic-pollutant-pop-emissions-1/assessment-6>. Consulté le 25 août 2017.

EIONET (2017). Heavy metal. <https://www.eionet.europa.eu/gemet/en/concept/3915>. Consulté le 25 août 2017.

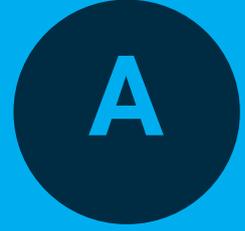
- Eisenmenger, N., Fischer-Kowalski, M. and Weisz, H. (2007). Indicators of Natural Resource Use and Consumption. In *Sustainability Indicators: A Scientific Assessment, SCOPE vol. 67*. Hak, T., Moldan, B. and Lyon Dahl, A. (eds.). Washington, D.C.: Island Press. 193–210. [http://books.google.at/books?id=W4o-qunret-MC&dq=indicators+of+resource+use+and+consumption&lr=&hl=de&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.at/books?id=W4o-qunret-MC&dq=indicators+of+resource+use+and+consumption&lr=&hl=de&source=gbs_navlinks_s). Consulté le 20 novembre 2014.
- Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D., Schaffartzik, A., Giljum, S., Bruckner, M., Schandl, H. et al. (2016). Consumption-based material flow indicators: Comparing six ways of calculating the Austrian raw material consumption providing six results. *Ecological Economics* 128, 177-186.
- Eurostat (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators - A methodological guide*. Luxembourg : Commission européenne. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-34-00-536>. Consulté le 12 novembre 2014.
- Eurostat (2013). *Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2013*. Luxembourg : Commission européenne. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.%20pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4c>. Consulté le 12 novembre 2014.
- Eurostat (2015). *Environmental accounts - establishing the links between the environment and the economy*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental\\_accounts\\_-\\_establishing\\_the\\_links\\_between\\_the\\_environment\\_and\\_the\\_economy](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_accounts_-_establishing_the_links_between_the_environment_and_the_economy). Consulté le 23 octobre 2015.
- Eurostat (2016a). *Handbook for estimating raw material equivalents of imports and exports and RME-based indicators for countries – based on Eurostat's EU RME model*. Luxembourg : Office statistique des Communautés européennes.
- Eurostat (2016b). *Documentation of the EU RME model*. Luxembourg : Office statistique des Communautés européennes.
- Eurostat (2017). *Bases de données d'Eurostat : Material flows and resource productivity*. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/material-flows-and-resource-productivity/database>. Consulté le 22 septembre 2017.
- Eurostat (2018). *Economy-wide material flow accounts handbook 2018 edition*. Luxembourg : Commission européenne. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/9117556/KS-GQ-18-006-EN-N.pdf/b621b8ce-2792-47ff-9d10-067d2b8aac4b>. Consulté le 23 octobre 2018.
- Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860– 1970. *Journal of Industrial Ecology* 2(1), 61–78.
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S. et al. (2011). Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting State of the Art and Reliability across Sources. *Journal of Industrial Ecology* 15(6), 855–876.
- Fischer-Kowalski, M. and Weisz, H. (2005). Society as Hybrid between Material and Symbolic Realms: Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation. In *New Developments in Environmental Sociology*. Redclift, M.R. et Woodgate, G. (eds.). Cheltenham et Northampton: Edward Elgar. 113–149.
- Fishman, T., Schandl, H., Tanikawa, H., Walker, P. and Krausmann, F. (2014). Accounting for the Material Stock of Nations. *Journal of Industrial Ecology* 18(3), 407-420.
- Giljum, S., Bruckner, M. and Martinez, A. (2015). Material Footprint Assessment in a Global Input-Output Framework. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 792-804.

- Giljum, S., Dittrich, M., Lieber, M., and Lutter, S. (2014). Global Patterns of Material Flows and their Socio-Economic and Environmental Implications: An MFA Study on All Countries World-Wide from 1980 to 2009. *Resources* 3(1), 319-339.
- Giljum, S., Lutter, S., Bruckner, M., Wieland, H., Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D. and Schandl, H. (2017). *Empirical assessment of the OECD Inter-Country Input-Output database to calculate demand-based material flows*. Paris : OCDE
- Giljum, S., Wieland, H., Lutter, S., Bruckner, M., Wood, R., Tukker, A. and Stadler, K. (2016). Identifying priority areas for European resource policies: a MRIO-based material footprint assessment. *Journal of Economic Structures* 5(1), 1-24.
- Glöser, S., Soulier, M. and Tercero Espinoza, L.A. (2013). Dynamic analysis of global copper flows. Global stocks, postconsumer material flows, recycling indicators, and uncertainty evaluation. *Environmental Science & Technology* 47(12), 6564-6572.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D. and Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 765–777.
- Hohenecker, J. (1981). Entwicklungstendenzen bei der Futtermittellieferung Österreichs, dargestellt am Beispiel ausgewählter Jahre: Die Bodenkultur. *Austrian Journal of Agricultural Research* 32, 163-187.
- IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R. et al. (eds.). Japon : IGES.
- GIEC (2007a) : *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Suisse : IPCC.
- IPCC (2007b): *Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Table 2.14, p. 212. In: Fourth Assessment Report (AR4)*. Suisse : IPCC.
- IPCC (2019): 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Suisse: IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>.
- Japon, Ministère de l'environnement (1992). *Quality of the Environment in Japan 1992*. <http://www.env.go.jp/en/wpaper/1992/index.html>.
- Kapur, A. and Graedel, T.E. (2006). Copper Mines Above and Below the Ground. *Environmental Science and Technology* 40(10), 3135-3141.
- Kovanda, J. and Weinzettel, J. (2013). The importance of raw material equivalents in economy-wide material flow accounting and its policy dimension. *Environmental Science & Policy* 29, 71-80.
- Krausmann, F., Erb, K.H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V. et al. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 10324–10329.
- Krausmann, F., Erb, K.H., Gingrich, S., Lauk, C. and Haberl, H. (2008). Global patterns of socio-economic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecol. Econ.* 65, 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.012>.
- Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. et Jackson, T. (2017). Material Flow Accounting: Measuring Global Material Use for Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources*. 42, 647-675. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060726>.

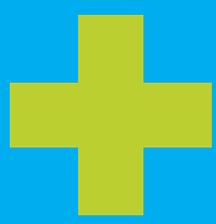
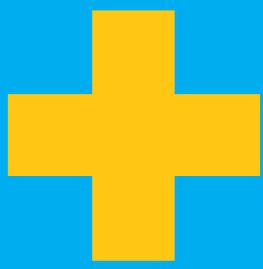
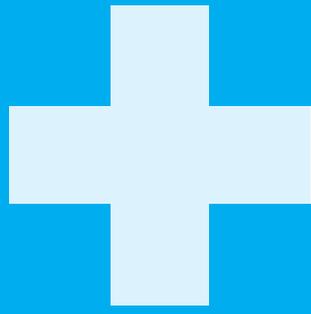
- Krook, J. and Baas, L. (2013). Getting serious about mining the technosphere: A review of recent landfill mining and urban mining research. *Journal of Cleaner Production* 55, 1-9.
- Liu, G. et Müller, D.B. (2013). Mapping the Global Journey of Anthropogenic Aluminum: A Trade-Linked Multi-level Material Flow Analysis. *Environmental Science & Technology* 47(20), 11873-11881.
- Lutter, S., Giljum, S. and Bruckner, M. (2016). A review and comparative assessment of existing approaches to calculate material footprints. *Ecological Economics* 127, 1-10.
- Marra Campanale, R. and Femia, A. (2013). An Environmentally Ineffective Way to Increase Resource Productivity: Evidence from the Italian Case on Transferring the Burden Abroad. *Resources* 2(4), 608-627.
- Matthews, E., Amann, C., Fischer-Kowalski, M., Bringezu, S., Hüttler, W., Kleijn, R. et al. (2000). The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies. Washington, DC : World Resources Institute.
- Meissner, H.H. (1994). *Animal-related information required and a more comprehensive approach to improve estimates of carrying capacity. In: Proceedings of a Symposium on the Science of Free Ranging Ruminants.* Fort Hare.
- Miatto, A., Schandl, H., Fishman, T. and Tanikawa, H. (2016). Global Patterns and Trends for Non-Metallic Minerals used for Construction. *J. Ind. Ecol.* n/a–n/a. <https://doi.org/10.1111/jiec.12471>.
- Miatto, A., Schandl, H., Wiedenhofer, D., Krausmann, F. and Tanikawa, H. (2017). Modeling material flows and stocks of the road network in the United States 1905-2015. *Resources, Conservation and Re-cycling* 127, 168-178.
- Müller, D.B., Liu, G., Løvik, A.N., Modaresi, R., Pauliuk, S., Steinhoff, F.S. and Brattebø, H. (2013). Carbon emissions of infrastructure development. *Environmental Science & Technology* 47(20), 11739-11746.
- Muñoz, P., Giljum, S. and Roca, J. (2009). The Raw Material Equivalents of International Trade: Empirical Evidence for Latin America. *Journal of Industrial Ecology* 13(6), 881–897.
- Muukkonen, J. (2000). *TMR, DMI and material balances, Finland 1980-1997.* Luxembourg : Eurostat, Office des publications officielles des Communautés européennes.
- OCDE (2001). *Measuring Capital: OECD Manual.* Paris : OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264193260-en>.
- OCDE *Measuring Material Flows And Resource Productivity: Volume I. The OECD Guide.* Paris : OECD. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>.
- OCDE (2014). *Green Growth Indicators 2014.* Paris : OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264202030-en>.
- Ortlepp, R., Gruhler, K. and Schiller, G. (2015). Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method. *Building Research & Information* 44(8), 840-862.
- Pauliuk, S. and Müller, D.B. (2014). The role of in-use stocks in the social metabolism and in climate change mitigation. *Global Environmental Change* 24, 132-142.
- Pauliuk, S., Wang, T. and Müller, D.B. (2013). Steel all over the world: Estimating in-use stocks of iron for 200 countries. *Resources, Conservation and Recycling* 71, 22-30.
- REN21 (2005). *Renewables 2005 Global Status Report.* Washington, DC : Worldwatch Institute. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2005\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2005_Full-Report_English.pdf).
- Rubli, S., Werkstoff-Börse GmbH, Jungbluth, N. and ESU-services (2005). *Materialflussrechnung für die Schweiz. Machbarkeitsstudie.* Neuchâtel, Suisse : Bundesamt für Statistik (BFS).

- Ščasný, M., Kovanda, J. and Hák, T. (2003). Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvements. *Ecological Economics* 45(1), 41-57.
- Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F. and Weisz, H. (2014a). Consumption-based Material Flow Accounting: Austrian Trade and Consumption in Raw Material Equivalents 1995-2007. *Journal of Industrial Ecology* 18(1), 102-112.
- Schaffartzik, A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C. and Krausmann, F. (2014b). The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change* 26, 87–97.
- Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N. et al. (2017). Global Material Flows and Resource Productivity: Forty Years of Evidence. *J. Ind. Ecol.* n/a-n/a. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12626>.
- Schandl, H. and West, J. (2010). Resource use and resource efficiency in the Asia–Pacific region. *Global Environmental Change* 20(4), 636–647.
- Schiller, G., Müller, F. and Ortlepp, R. (2017). Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling* 123, 93-107.
- Schoer, K., Weinzettel, J., Kovanda, J., Giegrich, J. and Lauwigi, C. (2012). Raw Material Consumption of the European Union: Concept, Calculation Method, and Results. *Environmental Science & Technology* 46(16), 8903–8909.
- Schütz, H. and Bringezu, S. (1993). Major Material Flows in Germany. *Fresenius Environmental Bulletin* (2), 443–448.
- Steurer, A. (1992). Stoffstrombilanz Österreich 1988. *Social Ecology Working Papers*. Wien: IFF Social Ecology. Consulté le 18 décembre 1998.
- Tanikawa, H., Fishman, T., Okuoka, K. And Sugimoto, K. (2015). The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945-2010: The Construction Material Stock of Japan. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 778-791.
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M. et al. (2014). *The Global Resource Footprint of Nations: Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1*. Leiden/Delft/Vienne/Trondheim.
- UN (1987). *Energy Statistics: Definitions, Units of Measure and Conversion Factors*. New York : United Nations. [https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF\\_44E.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_44E.pdf).
- UN (2014). *System of Environmental Economic Accounting: Central Framework*. New York : Nations Unies.
- UN (2015). *Sustainable Development Goals (SDGs)*. New York : Nations Unies.
- UN (2017). *System of Environmental Economic Accounting (SEEA)*. <https://seea.un.org/>. Consulté le 23 octobre 2015.
- PNUE (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. Paris : UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>.

- PNUE (2015). *International Trade in Resources: A Biophysical Assessment*. Paris : UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7427>.
- PNUE (2016). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Paris : UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/21557>.
- UNEP (2017) Environment live: Science and data for people. <https://www.uneplive.org/downloader/>.
- USGS (2017). Mineral commodity summaries 2017. Reston: USGS. <https://doi.org/10.3133/70180197>.
- DSNU (2016). *Energy Statistics Compilers Manual. Final draft subject to official editing*. New York : United Nations. [https://unstats.un.org/unsd/energy/ESCM\\_Whitecover\\_170323.pdf](https://unstats.un.org/unsd/energy/ESCM_Whitecover_170323.pdf).
- DSNU (2018). *International Recommendations for Energy Statistics (IRES)*. New York : United Nations. <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-web.pdf>.
- Wiedenhofer, D., Steinberger, J.K., Eisenmenger, N. And Haas, W. (2015). Maintenance and Expansion: Modeling Material Stocks and Flows for Residential Buildings and Transportation Networks in the EU25. *Journal of Industrial Ecology* 19(4), 538-551.
- Weinzettel, J. and Kovanda, J. (2009). Assessing Socioeconomic Metabolism through Hybrid Life Cycle Assessment: The Case of the Czech Republic. *Journal of Industrial Ecology* 13(4), 607–621.
- Wheeler, R.O., Cramer, G.L., Young, K.B. and Ospina, E. (1981). *The World Livestock Product, Feedstuff, and Food Grain System: An Analysis and Evaluation of System Interactions Throughout the World, With Projections to 1985*. Morrilton: Winrock International Livestock Research and Training Center.
- Wiebe, K.S., Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C. and Polzin, C. (2012). Carbon and Materials Embodied in the International Trade of Emerging Economies: A Multiregional Input-Output Assessment of Trends between 1995 and 2005. *Journal of Industrial Ecology* 16(4), 636–646.
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. et al. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6271–6276.
- Wiesen, K. and Wirges, M. (2017). From cumulated energy demand to cumulated raw material demand: the material footprint as a sum parameter in life cycle assessment. *Energy, Sustainability and Society* 7(1), 13.
- Wirsenius, S. (2000). *Human use of land and organic materials: modeling the turnover of biomass in the global food system*. Université de technologie de Chalmers.
- Wirsenius, S. (2003). Efficiencies and biomass appropriation of food commodities on global and regional levels. *Agric. Syst.* 77, 219–255. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00188-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00188-9).
- Institut de Wuppertal (2014). *Material intensity of materials, fuels, transport services, food*. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Xu, M. and Zhang, T. (2008). Material Flows and Economic Growth in Developing China. *Journal of Industrial Ecology* 11(1), 121–140.



Annexe 1



# Annex 1

L'annexe 1 est une annexe en ligne qui contient le compilateur CFM-EE du PNUE, qui aide les pays à élaborer les CFM-EE. En plus de fournir la structure de base requise pour ces comptes, un certain nombre d'outils simples sont également inclus pour

le calcul de certaines catégories matérielles, lorsqu'elles ne sont pas le résultat d'une simple addition. La table des matières du compilateur CFM-EE est présentée ci-dessous :

**Tableau 6.3** Table des matières Compilateur CFM-EE.

FICHE	TITRE	STATUT
Table des matières	Table des matières	<i>pour information</i>
Intro	Introduction et méthodologie	<i>pour information</i>
Description et définitions	Description des tableaux et définitions	<i>pour information</i>
<b>Tableau_A</b>	<b>Extraction intérieure</b>	<b>à remplir</b>
<b>Tableau_B</b>	<b>Importations de matériaux</b>	<b>à remplir</b>
<b>Tableau_C</b>	<b>Exportations de matériaux</b>	<b>à remplir</b>
<b>Tableau_D</b>	<b>Flux sortants de matières</b>	<b>à remplir</b>
<b>Tableau_E</b>	<b>Points d'équilibre</b>	<b>à remplir</b>
<b>Tableau_F</b>	<b>Indicateurs principaux</b>	<b>à remplir automatiquement</b>
Codes SDMX corresp.	Correspondance entre les codes CFM-EE et les codes SDMX	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Code Cultures_DE FAO Corresp	Correspondance entre les codes des cultures de la FAO et les CFM-EE Codes_Extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil sur les résidus de culture_DE	Totaux calculés pour Résidus de culture - Extraction Intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil Biomasse pâturée_DE	Totaux calculés pour Biomasse pâturée - extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Bois_DE	Facteurs de conversion Bois - extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil sur les minerais métalliques 1_DE	Totaux calculés pour Minerais métalliques - Minerais extraits	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil sur les minerais métalliques 2_DE	Totaux calculés pour Minerais métalliques - Minerais traités/expédiés	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>

**Tableau 6.3** Table des matières Compilateur CFM-EE. (suite)

FICHE	TITRE	STATUT
Outil sur les minerais métalliques 3_DE	Totaux calculés pour Minerais métalliques - SMS Rétrocalcul	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Minéraux Non-Mét	Facteurs de conversion Minéraux non métalliques	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil de craie, de dolomie et de calcaire_DE	Totaux calculés pour Craie, Dolomie et Calcaire_ extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Argiles_DE	Facteurs de conversion Argiles - extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Outil pour le sable et le gravier_DE	Totaux calculés pour Sable et gravier pour la construction_extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Combustibles fossiles Outil_DE	Totaux calculés pour Combustibles fossiles - extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Combustibles fossiles Outil_Imp	Totaux calculés pour Combustibles fossiles - Importations	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Combustibles fossiles Outil_Exp	Totaux calculés pour Combustibles fossiles - Exportations	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Tourbe	Facteur de conversion Tourbe	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Pétrole brut et LGN	Facteurs de conversion Pétrole brut et liquides de gaz naturel_extraction intérieure	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
ConvFact Gaz naturel	Facteurs de conversion Gaz naturel	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Corresp HS2017_Trade	Tableau de correspondance entre les codes HS 2017 et les codes CFM-EE	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>
Corresp SITC Rev.4_Trade	Tableau de correspondance entre les codes SITC Rev. 4 et les codes CFM-EE	<i>peut être utilisé pour l'estimation des éléments sélectionnés</i>

Le compilateur CFM-EE complet est disponible à l'adresse suivante :

<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41948>



Programme des Nations Unies pour l'Environnement

P.O. Box 30552-00100, Nairobi, KENYA

E-mail: [unenvironment-publications@un.org](mailto:unenvironment-publications@un.org)