

Étude de Planification et Programmation Matières Territoriale (E2PM)

NOTE MÉTHODOLOGIQUE
PHASE 1

MAI 2022

DESTINATAIRE

Société	Syndicat Mixte du SCOT Grand Douaisis
Adresse	36 rue Pilâtre de Rozier, 59500 Douai
Interlocuteur	Gwenaëlle Bourdeau, Chargée de mission Transition Energétique et Climat

LIVRABLE

Etude	Etude de planification et de programmation matières territoriale (E2PM)
Mission	Etude des flux et ressources
Livrable	Note méthodologique sur l'étude des flux du territoire du SCOT en 2017

PRESTATAIRE

Société	CitéSource
Statut	Mandataire
Expertise	Etude du métabolisme territorial
Rédacteur	Etude des flux et ressources

Version	Date	Emetteur	Commentaire
1	20/05/2022	Vincent Augiseau - CitéSource	

Sommaire

1. PRINCIPE DE L'ETUDE DU METABOLISME	4
1.1. Etudier le métabolisme d'un territoire	4
1.2. Deux approches méthodologiques d'étude des flux : bilan et modélisation	5
2. BILAN DE FLUX DE MATIERES.....	7
2.1. Présentation générale de la méthode.....	7
2.2. Définition des catégories de flux	8
2.3. Périmètre du bilan de flux de matières	9
2.4. Catégories de flux distinguées	10
2.5. Sources de données	11
2.6. Indicateurs de consommation	13
2.7. Incertitude associée aux données utilisées dans le bilan de flux.....	13
3. MODELISATION DES STOCKS ET FLUX DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DECHETS DE CHANTIERS.....	15
3.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des stocks	15
3.2. Périmètre de la modélisation des stocks	15
3.3. Présentation générale de la méthode de modélisation des flux.....	16
3.4. Périmètre de la modélisation des flux.....	17
4. MODELISATION DES FLUX DE BIOMASSE ALIMENTAIRE, DECHETS ORGANIQUES ET LEURS CONTENUS EN AZOTE ET PHOSPHORE	18
4.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des flux.....	18
4.2. Périmètre de l'estimation ascendante des flux.....	19
5. MODELISATION DES STOCKS ET FLUX DE PLASTIQUES ET METAUX ISSUS DE BIENS D'EQUIPEMENT ET DE VEHICULES.....	20
5.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des stocks et flux.....	20
5.2. Périmètre de l'estimation ascendante des stocks et flux.....	21
BIBLIOGRAPHIE	22

1. Principe de l'étude du métabolisme

1.1. Etudier le métabolisme d'un territoire

L'étude du métabolisme d'un territoire vise à caractériser les activités humaines du point de vue de leur utilisation de matière et dans une moindre mesure d'énergie. Le terme métabolisme repose sur une **analogie** entre le regard porté sur le fonctionnement d'un organisme vivant ou d'un écosystème et celui d'un territoire. En effet, de même que l'on peut étudier un organisme du point de vue de ses interactions matérielles avec son environnement, on peut analyser les prélèvements, échanges, consommations et rejets de matière d'un territoire.

Des méthodes issues des champs scientifiques de l'**écologie industrielle et territoriale** sont utilisées pour cette analyse qui s'intéresse également aux acteurs économiques à l'origine des flux. Ce diagnostic permet de définir des **stratégies d'économie circulaire** afin de réduire les impacts environnementaux (dont la contribution au réchauffement climatique), de contribuer au développement économique local et d'atteindre plus largement des objectifs de développement durable.

Par exemple, la stratégie pour la filière construction à Amsterdam proposée par Circle Economy *et al.* (2018) consiste à :

1. **Réduire la demande de ressources** (par l'aménagement de l'espace par exemple) ;
2. **Identifier et exploiter les synergies locales** (réemploi, réutilisation et recyclage des déchets/ressources secondaires) ;
3. **Couvrir les demandes restantes par des ressources à moindre impact environnemental** dont renouvelables, recyclées et locales ;
4. **Suivre les résultats** (production et partage de données).

La figure 1.1 montre trois grandes catégories de flux de matières qui composent le métabolisme d'un territoire et que l'étude du métabolisme peut permettre de quantifier, qualifier et localiser :

- **Les ressources naturelles extraites des champs, forêts et du sous-sol** du territoire, puis transformées en produits semi-finis ou finis par des sites industriels ou artisanaux, et ensuite utilisés par la population ou certaines activités (matériaux mis en œuvre sur des chantiers par exemple) ;
- **Les matières premières, produits finis et semi-finis importés, exportés ou transitant** par des sites logistiques ;
- **Les déchets solides** gérés par des installations dédiées (plateformes de réemploi par exemple) puis valorisés ou enfouis, ainsi que d'**autres émissions vers l'environnement** (dans l'air, l'eau, matières dissipées).

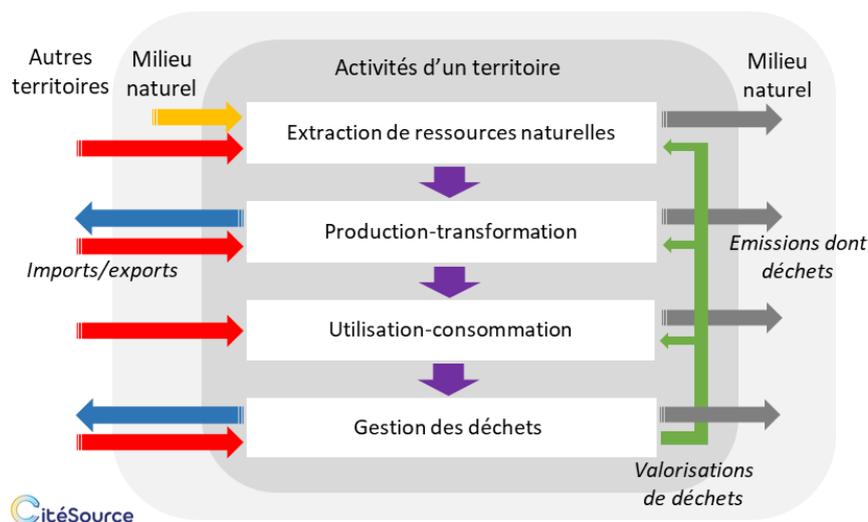


Figure 1.1. Principaux flux formant le métabolisme d'un territoire (source : cette étude - CitéSource)

Selon les objectifs et les moyens définis, le périmètre de l'étude du métabolisme varie. Le territoire concerné peut aller du quartier jusqu'à un ou plusieurs pays. L'étude peut se concentrer sur une filière économique ou englober l'ensemble des activités humaines. Une seule catégorie de matières, comme les matériaux de construction ou bien l'ensemble des matières peuvent être étudiés. Les flux d'eau et d'énergie sont généralement exclus du périmètre, mais peuvent parfois faire l'objet d'une analyse complémentaire. Il en est de même des stocks anthropiques, matières accumulées au sein des espaces urbanisés. Les flux de matières utilisées ou déplacées en amont des importations et en aval des exportations peuvent également être estimés afin de se donner une vision plus large de la consommation du territoire (flux indirects)¹.

Les données produites sont ensuite analysées, en s'appuyant notamment sur une analyse des acteurs générant les flux. Les flux peuvent également être projetés selon différents scénarios prospectifs.

1.2. Deux approches méthodologiques d'étude des flux : bilan et modélisation

L'étude du métabolisme territorial s'appuie sur des méthodes dites d'Analyse de Flux de Matières (AFM). Ainsi que le montre le tableau 1.1, deux grandes approches méthodologiques peuvent être distinguées : bilan et modélisation. Chaque approche présente des avantages et limites.

¹ Par exemple, produire une voiture d'une tonne nécessite sept à dix tonnes de matières premières (CGDD, 2014), un kilogramme de blé environ une tonne d'eau (FAO, 2004).

Tableau 1.1. Approches méthodologiques pour l'étude des flux de matières

Approche	Principe	Avantages	Limites
Bilan ou comptabilité de flux selon les guides de l'Eurostat (2001 puis mises à jour) pour des pays et du CGDD en 2014 pour des départements et régions de France (approche dite descendante)	Etudier les entrées et sorties de matières des activités du territoire dans leur ensemble, à partir des statistiques disponibles sur les imports/exports, l'extraction et la gestion des déchets	Périmètre large d'activités et matières étudiés Limite haute des flux	Faible précision en termes d'activités, matières et espaces liés aux flux (données par grandes catégories de matières) une échelle souvent supra-municipale) Peu adapté pour projeter les flux (approche statique)
Modélisation des flux selon l'exemple de Baccini et Brunner (1991) (approche dite ascendante)	Etudier les flux de matières entrant et sortant de processus au sein d'un territoire, processus par processus (par exemple les chantiers de construction de bâtiments, puis les chantiers de réhabilitation, etc.)	Plus grande précision en termes d'activités, matières et espaces liés aux flux Permet de projeter les flux (approche dynamique)	Périmètre restreint d'activités et de matières étudiés du fait des données disponibles Incertitude liée au modèle

Source : Augiseau et Kim (2021)

Les résultats issus des deux approches sont cohérents mais les périmètres étant différents, ils ne peuvent être comparés précisément. Par exemple la consommation intérieure de matériaux estimée selon le bilan inclut toutes les matières premières utilisées lors de la production de matériaux (fabrication de plâtre par exemple). De plus, selon cette approche, les déchets valorisés localement ne sont pas comptés dans la consommation intérieure. Par ailleurs, tous les déblais (terres excavées lors de chantiers du BTP) entrent dans la catégorie extraction dite inutilisée, dans la mesure où ils n'ont généralement pas de valeur monétaire. Ils ne sont donc pas comptés dans la consommation intérieure, ni dans les déchets. Dans la modélisation, seuls les matériaux mis en œuvre dans les chantiers sont généralement comptés, et non les flux spécifiques aux activités de production. De plus, de même que dans les statistiques usuelles sur les déchets, les déblais sont comptés comme déchets de chantiers.

Par ailleurs, afin de pouvoir comparer le métabolisme de différents territoires, certains flux sont rapportés à la population et exprimés en tonne par habitant. Néanmoins ces flux ne résultent pas uniquement de la population du territoire. Les personnes qui y viennent pour travailler, étudier ou lors de leurs loisirs y contribuent également, de même que les chantiers de construction qui peuvent être destinés à accueillir de futurs habitants ou emplois. De plus, la consommation intérieure dépend de l'ampleur des activités agricoles et industrielles et des flux spécifiques que ces dernières génèrent.

2. Bilan de flux de matières

2.1. Présentation générale de la méthode

La quantification des flux de matières fait l'objet de travaux de recherche qui ont donné lieu au développement de méthodes généralement dénommées en anglais *Material Flow Accounting* (MFA), c'est-à-dire **comptabilité ou bilan de flux de matières**. Le guide édité par l'Office Statistique de l'Union Européenne (Eurostat) en 2001 fait référence en termes de comptabilité à une échelle nationale. Ce guide, qui a fait l'objet de mises à jour régulières depuis, vise à accompagner chaque état membre de l'Union dans sa mise en œuvre d'une telle comptabilité. Cette méthode a ensuite été adaptée pour étudier des départements ou régions en France et a fait l'objet du guide *Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements* publié en 2014 par le ministère de l'Écologie (CGDD - SOeS).

La méthode du bilan de flux Eurostat – CGDD mobilise des sources statistiques existantes. Elle consiste en une mesure de différentes catégories de flux de matières entrant ou sortant du système socio-économique étudié pour une année ou période donnée. Au sein du territoire étudié (ici le territoire du SCOT), on distingue d'une part le système socio-économique, c'est-à-dire les activités de la population dont les entreprises, et d'autre part le milieu dit naturel présent au sein du territoire, tel que les champs, forêts ou carrières d'où sont extraites des ressources naturelles (extraction dite intérieure utilisée) ou encore l'atmosphère ou le sol où sont rejetés respectivement des émissions atmosphériques et déchets (émissions dites vers la nature). La figure 2.1 présente les différents éléments pris en compte dans la méthode Eurostat - CGDD.

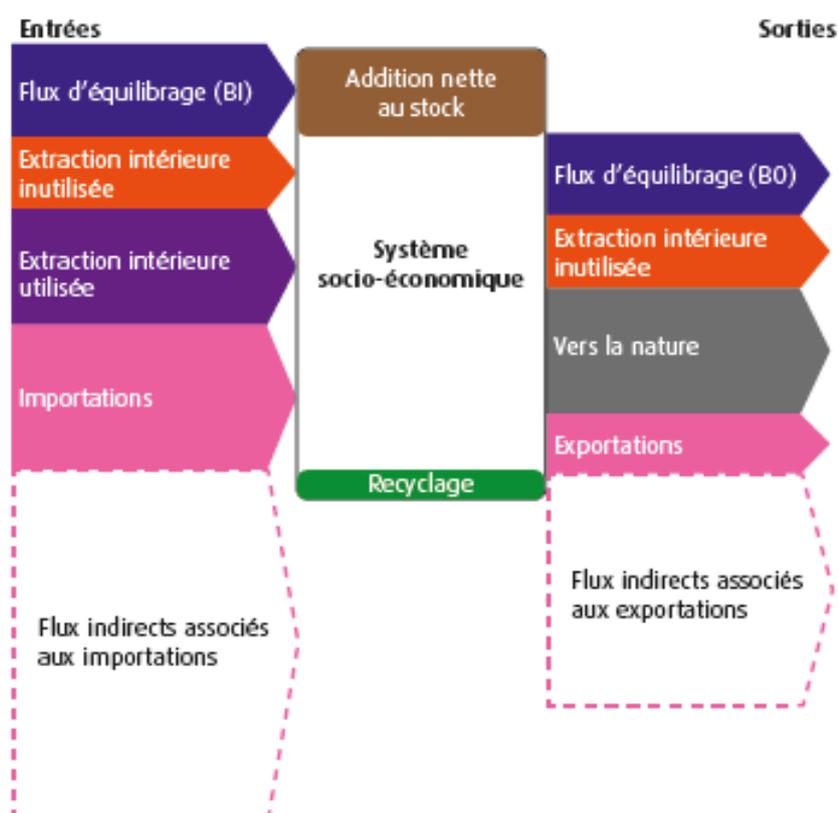


Figure 2.1 Schéma de principe de la comptabilité des flux de matières selon la méthode Eurostat – CGDD (source : Alterre Bourgogne in CGDD – SoeS, 2014)

2.2. Définition des catégories de flux

L'**extraction intérieure utilisée** inclut généralement la biomasse agricole ou sylvicole récoltée ou issue de la chasse, ainsi que les ressources minérales énergétiques et non énergétiques extraites du sous-sol.

L'**extraction intérieure inutilisée** regroupe les « matériaux extraits ou déplacés [...] qui ne sont pas adaptés ou destinés à être utilisés » (Eurostat, 2001). Les matériaux excavés issus de chantiers (déblais) de même que l'extraction en carrières inutilisée (morts-terrains) sont inclus dans l'extraction intérieure inutilisée. La méthode Eurostat – CGDD compte séparément ces flux et considère qu'ils n'entrent ni ne sortent du système socio-économique. Aussi, les flux entrants sont égaux aux flux sortants. Cette approche est différente de la réglementation et des statistiques sur les déchets qui considèrent les matériaux excavés comme des déchets de chantiers.

Les **flux d'importations et d'exportations** comprennent les matières brutes, les produits semi-finis et les produits finis en provenance ou à destination du reste de la France ou d'autres pays.

Les **flux indirects associés aux importations et aux exportations** correspondent aux matières utilisées (dont les combustibles) pour produire et transporter les matières brutes et les produits respectivement importés et exportés par un territoire. Il s'agit de flux de matières n'entrant ni ne sortant pas physiquement du territoire mais engendrés en amont ou en aval des flux physiques observés. Ces flux sont estimés par l'intermédiaire de coefficients définis à l'échelle de la France par grande catégorie de matières et appliqués aux importations ou exportations².

Les **émissions vers la nature** comprennent les rejets de stations d'épuration et les polluants industriels émis vers le milieu aquatique (émissions dans l'eau) ; la mise en installation de stockage locale de déchets ménagers et assimilés (DMA) ou de déchets d'activités économiques (DAE) dont les déchets de chantiers (émissions dans le sol) ; des flux dissipatifs notamment liés à l'utilisation d'engrais ; les émissions atmosphériques.

Le **terme recyclage** désigne l'ensemble des valorisations en tant que matières. Les matières valorisées font l'objet d'une comptabilité séparée dans la mesure où il est considéré qu'elles ne constituent ni des entrées ni des sorties du système étudié. Aussi ces matières ne sont pas incluses dans les indicateurs de consommations habituellement définis lors d'un bilan de flux.

Les **éléments d'équilibrage** comprennent les flux de dioxygène (entrée), de dioxyde de carbone et vapeur d'eau (sortie) associés à la respiration humaine et animale, de dioxygène (entrée) et vapeur d'eau (sortie) liés à la consommation de combustibles fossiles.

L'**addition nette au stock** peut être calculée par soustraction de l'ensemble des flux sortants à l'ensemble des flux entrants, flux d'équilibrage compris et hors flux indirects. On considère en effet, selon le principe de conservation de la masse, que tout ce qui est entré durant une année dans le territoire en est ressorti ou s'est ajouté au stock que constituent les ouvrages bâtis, équipements et produits dont la durée d'utilisation est supérieure à un an.

² Une nouvelle méthode pour estimer les flux indirects à l'échelle nationale a été définie en 2020 par l'Eurostat, méthode dont l'application par le CGDD-SDES (2021) engendre des estimations pour la France inférieures aux précédentes (CGDD-SOES, 2013) mais qu'il a été impossible d'employer ici du fait de données manquantes.

2.3. Périmètre du bilan de flux de matières

Le bilan de flux porte sur l'année 2017. Il s'appuie notamment sur une moyenne des données sur les importations et exportations en 2016, 2017 et 2018³. Il porte sur l'ensemble du territoire du SCOT, sans distinction entre les communes du SCOT.

Le bilan prend en compte l'ensemble des importations et exportations depuis/vers la France de matières premières, produits finis et semi-finis identifiables selon les données de l'enquête sur le transport routier de marchandises (TRM, enquête annuelle auprès d'un échantillon de transporteurs français et pour les véhicules de plus de 3,5 t) ainsi que des importations et exportations internationales de matières premières, produits finis et semi-finis identifiables selon les enregistrements des Douanes. Les importations nettes de pétrole, gaz et combustibles minéraux solides (houille, lignite, produits de récupération, coke et agglomérés) selon les données de l'Observatoire Climat Hauts-de-France 2018 par EPCI sont prises en compte.

Les importations et exportations de matières pouvant être identifiées comme des déchets selon ces sources de données ont été exclues du bilan, les flux de déchets étant renseignés par d'autres sources.

Des données sur les importations et exportations nationales et internationales de matières premières, produits finis et semi-finis identifiables selon les enregistrements sur le transport fluvial de marchandises de Voies Navigables de France (VNF) ont été obtenues très tardivement et n'ont pas pu être prises en compte. Cependant, l'analyse de ces données montrent que les importations et exportations par voie fluviale représentent respectivement moins de 0,5 % des importations et exportations par voie routière.

Les importations et exportations nationales par voie ferrée, qui ne font plus l'objet de statistiques par département depuis 2001 et par région depuis 2006 ne sont pas pris en compte. En effet, ces flux représentent généralement une faible part des flux totaux et leur estimation à une échelle locale est source d'incertitude.

³ Certaines données portant sur 2018, année qu'il était prévu d'étudier initialement, sont utilisées. En effet, les données sur le transport routier de marchandises, obtenues tardivement lors de l'étude, portent sur 2016, 2017 et 2018. Il n'a donc pas été possible d'étudier l'année 2018 en faisant une moyenne sur 3 ans des données de 2017, 2018 et 2019. Nous avons fait le choix de conserver certaines données qui avaient déjà été traitées en faisant l'hypothèse que les variations sur ces flux sont faibles entre 2017 et 2018 et n'impactent pas significativement le bilan. Ces données sont indiquées dans le tableau 2.3.

2.4. Catégories de flux distinguées

Les catégories et sous-catégories de flux présentées dans le tableau ci-après ont été établies. Cette nomenclature s'appuie sur les préconisations du guide du CGDD (2014). Elle se réfère à celle du bilan de flux de la Métropole du Grand Paris en 2017 réalisé par CitéSource afin de permettre des comparaisons, et est également similaire à celle de Paris en 2015 (CitéSource, 2019).

Tableau 2.2. Catégories et sous-catégories de flux définies pour cette étude

Catégorie principale	Catégorie intermédiaire	Catégorie détaillée
Biomasse agricole et sylvicole hors bois d'œuvre	Produits alimentaires	Produits alimentaires
	Autres matières premières végétales et animales	Fibres, fils et tissus naturels
		Papier et cartons
Combustibles fossiles	Produits pétroliers	Produits pétroliers
	Gaz	Gaz
	Charbon (et autres combustibles minéraux solides)	Charbon (et autres combustibles minéraux solides)
Matériaux de construction	Matériaux de construction	Granulats
		Autres minéraux et produits non métalliques pour la construction
		Produits métalliques pour la construction
		Bois d'œuvre
		Bitumes et plastiques
Autres minéraux et produits à dominante minérale	Autres minéraux et produits à dominante métallique	Autres minéraux et produits à dominante minérale métallique
	Autres produits manufacturés - divers	Autres minéraux et produits à dominante minérale non métallique
Boissons et tabac		
Produits de l'industrie textile et habillement		
Autres produits manufacturés		
Engrais et produits chimiques		Engrais et produits chimiques
Divers		Divers

Source : cette étude (CitéSource)

2.5. Sources de données

Tableau 2.3. Sources de données utilisées pour cette étude

Elément du bilan de flux	Sources de données
Entrées	
Importations	<p>Importations et exportations depuis/vers la France pour toutes matières hors combustibles fossiles et déchets : moyennes des données sur les importations depuis les départements de France vers le territoire du SCOT et les exportations depuis ce dernier vers les départements de France en 2016, 2017 et 2018 selon l'enquête transport routier national du CGDD (TRM)</p> <p>Importations et exportations depuis/vers d'autres pays pour toutes matières hors combustibles fossiles et déchets : moyennes des données sur les importations internationales vers le département du Nord et les exportations internationales depuis ce dernier en 2016, 2017 et 2018 selon les données sur les importations et exportations des Douanes rapportées au territoire du SCOT au prorata de la population pour toutes les marchandises à l'exception des matériaux de construction rapportées au prorata des surfaces de bâtiments construites (données Sit@del2 sur les surfaces commencées en date réelle)</p> <p>Produits pétroliers, gaz naturel et combustibles minéraux solides : consommations en GWh par intercommunalité en 2018 selon les données de l'Observatoire Climat Hauts-de-France converties en masse selon les données de la Calculette de conversion des unités énergétiques de l'ATEE</p>
Extraction intérieure utilisée	<p>Biomasse agricole végétale : surfaces par culture et commune en 2017 selon les données du registre parcellaire graphique de l'IGN converties en masse selon les rendements moyens du département du Nord issus du <i>Panorama du monde agricole, forestier et agroalimentaire</i> de l'Agreste Hauts-de-France – DRAAF ; surface par culture et commune labellisés ou en cours de labellisation agriculture biologique selon données de l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique pour 2019 (pas de données sur 2017 ou 2018 en ligne)</p> <p>Lait : cheptel de vaches laitières par commune en 2010 selon les données des Cheptels et unités gros bétail par commune de l'Agreste converties en masse de lait selon la production moyenne par vache du département du Nord issue du <i>Panorama du monde agricole, forestier et agroalimentaire</i> de l'Agreste Hauts-de-France - DRAAF ; cheptel bovin par commune labellisé ou en cours de labellisation agriculture biologique selon données de l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique pour 2019</p> <p>Biomasse sylvicole : récolte théorique en volume par intercommunalité selon l'outil ALDO de l'ADEME (à partir de données de l'Inventaire Forestier National – IGN) convertie en masse selon des densités moyennes issues de Barles (2007)</p> <p>Minéraux : extraction de sable et limon maximale autorisée annuellement pour la carrière de Loffre selon l'arrêté d'autorisation de la carrière de la Préfecture du Nord</p>
Extraction intérieure inutilisée	<p>Extraction inutilisée liée à extraction utilisée de biomasse agricole et sylvicole : estimation selon extraction utilisée et coefficients idem Augiseau et Barles (2018)</p> <p>Extraction inutilisée en carrière : estimation selon extraction utilisée et coefficient idem Augiseau (2017)</p> <p>Matériaux excavés issus du bâtiment et des travaux publics : sources indiquées dans Génération et traitement des déchets solides</p>
Flux d'équilibrage en entrée	<p>Dioxygène pour la respiration humaine : estimation selon population recensement INSEE et coefficients issus de CGDD (2014)</p> <p>Dioxygène pour la consommation de combustibles fossiles : rapports entre émissions de CO₂ et entrée d'O₂ selon coefficients issus du <i>Guide des facteurs d'émissions</i> de l'ADEME (2007) cités dans Georgeault (2015)</p>
Flux indirects associés aux importations	Estimés selon importations par grandes catégorie et coefficients issus de données sur France : CGDD-SOES (2015) (idem Augiseau et Barles, 2018 et CitéSource, 2019)
Sorties	

Exportations	
Emissions vers la nature exportées	Sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides
Exportations hors déchets	Toutes matières hors combustibles fossiles et déchets : idem importations
Emissions vers la nature locales	
Génération et traitement des déchets solides	<p>DMA hors gravats : données par intercommunalité en 2017 sur les déchets ménagers et assimilés hors gravats (pour éviter doubles comptes avec déchets de chantiers) selon les rapports annuels sur le prix et qualité du service public de prévention et de gestion des déchets ménagers et assimilés</p> <p>Déchets de chantiers (du BTP) : données de la région Hauts-de-France en 2019 selon une étude de la CERC Hauts-de-France de 2021 (<i>Analyse de la filière déchets et recyclage du BTP en Hauts-de-France dans le cadre de l'élaboration du Schéma Régional des Carrières</i>) rapportées au territoire du SCOT au prorata des surfaces de bâtiments commencées (données Sit@del2 sur les surfaces commencées en date réelle entre 2015 à 2017)</p> <p>Autres DAE : données de la région Hauts-de-France en 2015 selon le diagnostic du PRPGD rapportées au territoire du SCOT au prorata du nombre d'emplois par secteurs à la commune en 2017 selon l'INSEE</p> <p>Déchets d'assainissement : données sur les boues déshydratées produites dans les stations d'épuration et modes de traitement par intercommunalité en 2017 issues du <i>rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'assainissement public</i> pour la Communauté d'Agglomération du Douaisis et du <i>rapport annuel du délégataire</i> pour la Communauté de Communes Cœur d'Ostrevent</p>
Emissions dans l'air	Emissions directes totales de GES par intercommunalité en 2018 selon les données de l'Observatoire Climat Hauts-de-France
Flux d'équilibre en sortie	<p>Vapeur d'eau et dioxyde de carbone issus de la respiration humaine et animale : idem dioxygène pour la respiration humaine et pour la respiration animale</p> <p>Vapeur d'eau issue de la consommation de combustibles fossiles : idem dioxygène pour la consommation de combustibles fossiles</p>
Rejets dans l'eau	/
Flux dissipatifs	<p>Flux dissipatifs liés à l'utilisation d'engrais : données par département en 2018 sur les livraisons d'engrais de l'UNIFA pour la campagne 2018/2019 rapportées au territoire du SCOT au prorata des surfaces agricoles</p> <p>Flux dissipatifs liés au compostage des déchets (hors boues de stations d'épuration) : données sur le compostage d'après sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides</p> <p>Flux dissipatifs liés à l'épandage et au compostage de boues de stations d'épuration : données sur le compostage d'après sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides</p>
Flux indirects associés aux exportations	Sources citées dans la partie Flux indirects associés aux importations
Recyclage	
Recyclage local et autres valorisations matière	Sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides

Source : cette étude (CitéSource)

2.6. Indicateurs de consommation

Trois indicateurs de consommation de matières sont calculés à partir des catégories de flux comptabilisées.

La consommation intérieure (ou apparente corrigée) de matières représente les matières consommées par le système socio-économique et correspond à la consommation nette intérieure du territoire. Elle est égale à la somme de l'extraction intérieure utilisée et des importations directes dont sont déduites les exportations directes. Sont exclus du calcul les déchets importés et exportés, ces derniers étant considérés comme étant en dehors du système socio-économique étudié (consommation dite corrigée). Les flux de terres (remblais) sont exclus du calcul de la consommation intérieure selon la méthode Eurostat-CGDD.

La somme de la consommation intérieure de matières et de la valorisation matière locale permet de mieux prendre en compte l'utilisation de matières issues d'une valorisation de déchets au sein du territoire (dont l'utilisation de granulats issus du recyclage dans les chantiers). Cet indicateur permet de mieux comparer les résultats du bilan de flux de matières avec ceux des estimations ascendantes où l'on ne distingue pas la provenance depuis ou non une valorisation de déchets locale des matières consommées.

La consommation en équivalent matières premières permet d'étendre la notion de consommation en incluant l'ensemble des flux indirects, matières liées à la consommation ou engendrées par les activités économiques du territoire. A la consommation intérieure sont ajoutés les flux indirects liés aux importations et soustraits les flux indirects liés aux exportations. Cet indicateur est calculé à partir de données moyennes nationales par grandes catégories de matières, ce qui engendre une forte incertitude. Il a surtout pour rôle de pointer les impacts engendrés par la consommation du territoire étudié sur d'autres territoires.

2.7. Incertitude associée aux données utilisées dans le bilan de flux

L'incertitude associée aux données utilisées résulte principalement de trois ensembles de sources : l'enquête sur le transport routier de marchandises (TRM), les données des Douanes sur les importations et exportations internationales (hors voie fluviale ici) et les différentes sources sur les déchets (génération et traitement).

Ainsi que dans CitéSource (2019), l'incertitude associée aux données est estimée selon la méthode proposée dans Courtonne *et al.* (2018) à partir du nombre d'observations indiquées pour chaque position (marchandise dans la nomenclature NST 2007) dans les données. Le taux d'incertitude correspond ici à un intervalle de confiance à 95 %.

Pour les importations, au niveau des sous-catégories, l'incertitude varie entre 43 et 140 %. Pour les exportations ces valeurs sont comprises entre 39 et 105 %. Ainsi que le montre le tableau 2.4, au niveau des catégories intermédiaires cependant, l'incertitude est moindre, avec une variation entre 40 et 79 % pour les importations et 39 et 60 % pour les exportations. L'utilisation des données TRM à l'échelle intercommunale engendre donc une incertitude non négligeable qui invite à une grande prudence dans l'analyse des résultats.

Tableau 2.4. Taux d'incertitude moyens estimés pour les données sur le transport routier de marchandises depuis/vers la France

Catégorie intermédiaire	Taux d'incertitude moyen estimé pour les données TRM sur les importations depuis la France	Taux d'incertitude moyen estimé pour les données TRM sur les exportations vers la France
Produits alimentaires	47	40
Autres matières premières végétales et animales	79	42
Matériaux de construction	51	60
Autres minéraux et produits à dominante métallique	43	45
Autres produits manufacturés - divers	40	39

Source : cette étude (CitéSource)

Outre les limites liées au nombre d'observations, le périmètre de l'enquête TRM est source d'incertitude. En effet, le seuil statistique de l'enquête est limité aux poids lourds de plus de 3,5 tonnes de PTAC immatriculés en France. L'enquête ne prend pas en compte les transports de marchandises réalisés par les véhicules de moins de 3,5 t de PTAC et les trafics réalisés en France par les véhicules immatriculés à l'étranger. Le recours à des transporteurs non immatriculés en France se développe selon le CGDD.

Un autre facteur est source d'incertitude : le classement par catégorie de matières (dites positions) réalisé par le CGDD lors du traitement des résultats de l'enquête transport. En effet, la documentation disponible ne permet pas de distinguer certaines matières premières, de produits semi-finis, ou de produits finis et ou de déchets. Certains déchets peuvent être identifiés au vu de l'intitulé de la position, d'autres ont été identifiés suite à des échanges avec le CGDD. Les difficultés liées à l'utilisation de données SitraM à une échelle infrarégionale ont fait l'objet d'une analyse détaillée dans CitéSource (2019).

L'incertitude associée aux données des Douanes ne peut pas être analysée selon le nombre d'observations. Cependant, l'observation de ces données montre différentes limites pour leur utilisation à une échelle intercommunale. La principale limite est liée à l'échelle de diffusion des données par les Douanes : le département. Identifier les flux entrant ou sortant de l'ensemble du département et concernant spécifiquement le territoire du SCOT est impossible à partir de ces données. Les importations et exportations internationales peuvent par conséquent être surestimées, si l'on considère notamment que les flux internationaux ont pour origine ou destination de grandes zones logistiques situées hors du territoire du SCOT. De plus la prise en compte des données des Douanes peut engendrer des doubles comptes avec les données sur le transport routier national (DRIEF, 2004). Enfin une forte limite est liée au classement par catégorie de matières.

Enfin les données sur les déchets d'activités économiques ne sont pas disponibles à l'échelle du territoire du SCOT mais à celle de la région. De plus, ces données sont souvent incomplètes ou imprécises concernant le traitement effectivement réalisé des déchets. Un traitement des données disponibles est nécessaire et engendre une incertitude. C'est notamment le cas sur la localisation du traitement.

3. Modélisation des stocks et flux de matériaux de construction et déchets de chantiers

3.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des stocks

L'estimation des stocks de matériaux de construction au sein du territoire du SCOT s'appuie sur les travaux de recherche réalisés par Vincent Augiseau (2017) et poursuivis par CitéSource depuis 2018. La méthode d'estimation du stock contenu dans les bâtiments consiste tout d'abord à définir des types de bâtiments considérés comme étant de compositions en matériaux homogènes, puis à définir le mode d'estimation des surfaces hors sol et en sous-sol.

Pour cette étude, un traitement simplifié de données a été réalisé. Les dimensions et les caractéristiques des bâtiments selon les fichiers fonciers uniquement (base également dénommée MAJIC ou FILOCOM) sont utilisées. Les données sont traitées par local puis parcelle afin de répartir les surfaces bâties par groupe. Des densités surfaciques de matériaux spécifiques à chaque groupe sont ensuite appliquées à ces surfaces (voir Augiseau, 2017)⁴.

Les fichiers fonciers indiquent les surfaces des locaux selon un mode de mesure dit « surface réelle ». Les surfaces de bâtiments en sous-sol sont sous-estimées dans les fichiers fonciers (Augiseau, 2017). Aussi, elles sont estimées à partir d'hypothèses sur la part des bâtiments de chaque groupe comprenant un ou plusieurs niveaux de sous-sol. Des coefficients spécifiques à chaque groupe de bâtiments sont définis. Les coefficients utilisés pour l'étude de l'Île-de-France ont été adaptés afin de prendre en compte une part plus grande de la construction en brique⁵. Ces coefficients sont appliqués aux surfaces réelles selon les fichiers fonciers.

Le stock contenu dans le réseau routier est estimé selon la même approche : différents groupes de voiries sont identifiés puis les surfaces de chaque groupe sont converties en masses de matériaux à l'aide de densités surfaciques (voir Augiseau, 2017). Les données des couches SIG *Route* (voies routières) et *Surface route* (surfaces de stationnement) de la BD Topo de l'IGN sont utilisées.

3.2. Périmètre de la modélisation des stocks

Le périmètre de l'étude des stocks de matériaux du territoire du SCOT inclut les principaux ouvrages bâtis générant des stocks (de même que des flux) : les bâtiments et le réseau routier (par exemple pour l'Île-de-France 95 % des stocks estimés pour l'ensemble des bâtiments et réseaux de transport, d'énergie et d'eaux dans Augiseau, 2017).

Le stock de matériaux présents dans les bâtiments est estimé pour l'année 2017, à partir des données des fichiers fonciers 2017. Les données disponibles sont incomplètes pour 8 % des surfaces réelles selon les fichiers fonciers (année de construction ou activité inconnue). Aussi, ces surfaces de bâtiments ne sont pas prises en compte ici.

⁴ D'autres études menées par CitéSource sont réalisées selon un traitement plus fin en croisant les données issues de la BD Topo (ou base locale équivalente), des fichiers fonciers, de photographies et d'observations de terrain. Ce traitement n'a pas été réalisé ici afin de proposer un temps d'étude adapté tout en répondant aux objectifs définis dans le cahier des charges formulé par le Syndicat.

⁵ A défaut de données complètes sur la construction en brique entre 1948 et 2000, les stocks et flux de brique liés à cette période sont probablement sous-estimés. Les données utilisées font en effet l'hypothèse d'une construction majoritairement en structure béton durant cette période.

Les stocks de matériaux présents dans le réseau routier sont estimés pour l'année 2018. L'ensemble des routes et surfaces de routes enregistrées dans la BD Topo sont prises en compte, à l'exception des voies de nature route empierrée, chemin, escalier et sentier représentant de faibles linéaires ou surfaces et dont la composition est très variable.

3.3. Présentation générale de la méthode de modélisation des flux

L'estimation des flux de matériaux de construction au sein du territoire du SCOT s'appuie sur la modélisation développée lors des travaux de recherche s'appuie sur les travaux de recherche réalisés par Vincent Augiseau (2017) et poursuivis par CitéSource depuis 2018.

Les flux générés par la construction et la démolition de bâtiments sont estimés selon une moyenne annuelle de la période allant de janvier 2017 à décembre 2019 (trois ans). Les surfaces construites ou démolies entre le 01/01/2017 et le 31/12/2019 sont identifiées par comparaison des surfaces réelles totales par parcelle entre les fichiers fonciers de 2017 et 2020. De même que dans Augiseau (2017), un seuil minimal de 50 m² ou 10 % des surfaces présentes en 2017 est appliqué pour les surfaces construites ou démolies. Ce seuil permet d'éviter de surestimer ces dernières, certains changements pouvant résulter d'une modification dans la déclaration ou l'estimation des surfaces présentes en 2020 et non d'une transformation des bâtiments. Pour la construction, la comparaison des surfaces estimées avec les statistiques disponibles dans la base Sit@del2 (chantiers commencés en date réelle) pour 2016, 2017 et 2018 (hypothèse d'une durée moyenne de chantier d'un an) montre une différence de 26 % seulement, ce qui est cohérent car les surfaces réelles des fichiers fonciers prennent en compte plus d'espaces bâtis que les surfaces habitables enregistrées dans Sit@del2.

Les surfaces hors sol exprimées en surface dite réelle dans les fichiers fonciers sont converties en surface hors œuvre brute par l'intermédiaire de coefficients spécifiques à chaque groupe de bâtiment. Les surfaces hors œuvre brutes en sous-sol sont estimées à partir de la surface réelle hors sol par l'intermédiaire de coefficients spécifiques à chaque groupe de bâtiment. Les surfaces hors œuvre brutes sont ensuite converties en masse par l'intermédiaire de densités surfaciques.

Des taux annuels de réhabilitation sont définis à partir du diagnostic sur la réhabilitation énergétique des logements et locaux d'activité tertiaire avant 2012 définis dans le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France. Les taux sont de 0,7 % pour l'habitat collectif, 1,5 % pour l'habitat individuel et 1,5 % pour les locaux d'activité tertiaire. Ces valeurs sont cohérentes avec les informations issues du PCAET du SCOT Grand Douaisis qui considère un taux moyen annuel pour l'habitat de 1 %. Ces taux annuels de réhabilitation sont appliqués aux surfaces de bâtiments constituant le stock.

Le développement (ou extension) du réseau routier local est estimé en moyenne annuelle entre le 1/01/2016 et le 31/12/2018 par le calcul d'un taux moyen annuel d'extension du département du Nord pendant cette période selon les *Comptes du Transport* du CGDD. Ce taux est appliqué aux surfaces de routes locales présentes en 2018. Le renouvellement des réseaux est estimé à partir de taux moyens annuels de renouvellement appliqués aux surfaces et linéaires. Les taux, issus de Augiseau (2017), sont 1/15 pour le réseau local et 1/30 pour les autres voies et surfaces.

Les flux totaux de matériaux excavés (terres – déblais)⁶ générés par la construction de bâtiments sont estimés de façon simplifiée et approximative à partir des surfaces construites estimées et de coefficients issus d'une étude réalisée par le BRGM pour la Ville de Paris (Balon *et al.*, 2017). L'ensemble des matières déplacées est estimé ici. Les coefficients ne tiennent pas compte du taux d'humidité des terres. De plus, chaque chantier est unique, et selon la configuration du terrain, la composition du sol, et l'architecture du bâtiment, les flux de matériaux excavés générés varient très fortement. Les flux de matériaux excavés retirés lors de l'aménagement des chaussées routières locales sont estimés à partir des volumes nécessaires pour la chaussée⁷.

3.4. Périmètre de la modélisation des flux

Les catégories de chantiers et flux suivants pris en compte sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 3.1. Catégories de chantiers et flux pris en compte dans cette étude

Bâtiments ou réseaux	Catégorie de chantier	de	Consommation prise en compte	Génération de déchets prise en compte
Bâtiments	Construction	de	Matériaux mis en œuvre dans les bâtiments – entrées dans le stock	Matériaux excavés (déblais) générés lors de la construction de bâtiments y compris après démolition (tous déblais générés par les bâtiments selon estimations PRPGD – sorties uniquement)
	Réhabilitation	de	Matériaux mis en œuvre lors de la réhabilitation de bâtiments *	Matériaux retirés lors de la réhabilitation de bâtiments
	Démolition	de		Matériaux retirés lors de la démolition de bâtiments – sorties du stock
Réseau routier	Extension (ou développement)	du	Matériaux mis en œuvre dans les chaussées – entrées dans le stock *	Matériaux excavés (déblais) générés lors du développement du réseau routier (tous déblais générés par les travaux routiers)
	Réfection (ou renouvellement)	du	Matériaux de la couche de roulement mis en œuvre lors de la réfection du réseau routier *	Matériaux de la couche de roulement retirés lors de la réfection du réseau routier

* excédents de chantiers non pris en compte

Source : cette étude (CitéSource)

⁶ Les matériaux excavés (ou déblais) désignent ici les terres et pierres qui sont déplacés lors de la construction d'un bâtiment afin de mettre en œuvre les fondations et les surfaces en sous-sol. Ces matières peuvent rester sur la parcelle même ou en sortir afin d'être réemployées dans la construction (en remblais) ou d'être gérées comme des déchets et souvent employées pour le réaménagement de carrières.

⁷ Surface multipliée par une profondeur moyenne de 0,85 m pour les chaussées de type route locale. Par simplification, aucun coefficient de foisonnement (volume comprenant les espaces « de vide » générés lors des travaux) ni taux d'humidité n'est appliqué.

4. Modélisation des flux de biomasse alimentaire, déchets organiques et leurs contenus en azote et phosphore

4.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des flux

Les principaux flux générés par la consommation humaine de biomasse alimentaire des habitants du territoire du SCOT sont estimés pour l'année 2017. Ces estimations sont réalisées selon la méthode développée en 2021-2022 par CitéSource pour l'étude du métabolisme de la Métropole du Grand Paris.

La modélisation s'appuie sur les données sur la consommation moyenne d'une personne Française par classe d'âge issues de l'étude INCA3 publiée en 2017. Ces consommations moyennes sont appliquées à la population par classe d'âge de chaque commune du territoire du SCOT. L'ensemble des consommations journalière et annuelle d'un habitant du territoire du SCOT est attribué à la commune au sein de laquelle cette personne réside, même si en réalité cette dernière travaille et se restaure durant ses horaires de travail hors de sa commune de résidence et même si elle a résidé durant plusieurs jours ou semaines hors de sa commune de résidence durant l'année.

Ce calcul permet d'estimer les flux d'aliments ingérés par les habitants du territoire du SCOT. Afin de prendre en compte les flux d'aliments générés en amont de cette ingestion tout le long de la chaîne de circulation des matières, les résultats d'une étude réalisée pour l'ADEME en 2016 par INCOME consulting et AK2C sont utilisés. Cette étude indique des taux moyens de perte nette pour l'alimentation humaine à chaque étape de circulation des matières depuis la récolte. Ces taux correspondent au rapport entre les pertes nettes pour l'alimentation humaine générées durant l'étape étudiée rapportées aux flux totaux issus de l'étape. Par exemple pour la production de pain : les pertes en pain et farine rapportées à la production totale de pain. Les pertes pour l'alimentation humaine uniquement sont comptées : par exemple pour le blé, seules les pertes en grain sont prises en compte et non l'ensemble de la plante (dont la tige)⁸. Notons que ces flux générés en amont de la consommation humaine sont localisés en partie hors du territoire du SCOT, en particulier pour les étapes d'extraction, transformation et distribution. Les données utilisées pour cette étude ne permettent pas de situer les flux.

Les flux de consommation humaine et les flux en amont de cette consommation sont estimés pour l'ensemble des aliments et également pour l'azote et le phosphore que les aliments contiennent. Des flux d'azote et de phosphore en aval de la consommation humaine sont estimés selon des coefficients calculés à partir d'Esculier (2018). Ces coefficients correspondent au rapport entre le contenu en azote ou phosphore des aliments ingérés d'une part, et d'autre part les flux stockés dans le corps, les pertes tégumentaires (issus de la peau, des cheveux, poils et ongles), les rejets vers les réseaux d'eaux usées et les rejets vers les fosses septiques.

⁸ Seules les pertes de biomasse alimentaire sont donc comptabilisées ici, à la différence des flux indirects comptabilisés dans la méthode du bilan de flux de matières où sont inclus l'ensemble des pertes de biomasse (dont la tige pour le blé par exemple) et les flux de combustibles consommés en amont de la consommation apparente (rapport de 6,9 dans Augiseau et Barles, 2018 entre importations et flux indirects associés).

4.2. Périmètre de l'estimation ascendante des flux

Les flux estimés portent sur l'année 2017 (disponibilité des données INSEE) et sont liés aux habitants des communes du territoire du SCOT uniquement. La consommation alimentaire des employés, visiteurs et touristes habitant en dehors du territoire du SCOT n'est pas prise en compte dans cette étude. L'ensemble des matières organiques contenues dans les aliments consommés selon l'étude INCA3 est pris en compte. Sont par conséquent exclues les consommations d'eau du robinet et d'eaux conditionnées. Néanmoins toutes les autres boissons sont prises en compte, bien que leur contenu en matière organique puisse être faible.

5. Modélisation des stocks et flux de plastiques et métaux issus de biens d'équipement et de véhicules

5.1. Présentation générale de la méthode de modélisation des stocks et flux

Les stocks et flux de matières associés à des biens d'équipements électriques et électroniques et véhicules sont estimés selon la méthode développée en 2021-2022 par CitéSource pour l'étude du métabolisme de la Métropole du Grand Paris. Il s'agit d'estimer le nombre d'équipements ou véhicules présents au sein de chaque commune du territoire du SCOT, puis de multiplier ce nombre par une composition massique moyenne (kg/unité d'équipement ou véhicule).

De même que pour les matériaux, cette approche méthodologique est fondée sur l'hypothèse d'une homogénéité de la composition matérielle de types d'équipements et véhicules. Cette hypothèse, bien que simplificatrice, permet d'obtenir des résultats cohérents à l'échelle d'intercommunalités et est par exemple utilisée dans des études réalisées par les structures gérant les filières à Responsabilité élargie des producteurs (REP) des déchets issus d'équipements électriques et électroniques (DEEE) et de véhicules (VHU).

Le nombre d'équipements et véhicules est estimé à partir de données en valeur absolue ou de taux moyens d'équipement de catégories de population appliqués à la taille de la population par catégorie dans la commune. Notons que ces données ne permettent pas de différencier stocks d'équipements et véhicules utilisés et stocks non utilisés (dits « en hibernation » dans la littérature scientifique).

Les flux entrant dans les stocks, équipements neufs ou usagers acquis par les habitants du territoire du SCOT durant l'année étudiée, de même que les flux sortant des stocks, équipements et véhicules dont se sont défaits les habitants, sont estimés à partir de données sur les stocks. Pour les flux sortant des stocks, il s'agit par exemple de considérer une durée d'utilisation moyenne d'un équipement, afin de calculer un taux moyen annuel de sortie du stock, taux qui est appliqué au stock. Les séries temporelles de données disponibles sur l'équipement des ménages ou le parc de véhicules montrent une stabilité de ces valeurs depuis quelques années, ce qui implique que les flux entrant dans les stocks ne font que compenser les flux sortants. Il est ainsi possible d'estimer les flux entrants à partir de l'estimation des flux sortants, et réciproquement, selon que les données disponibles permettent d'estimer en premier lieu soit les entrées soit les sorties.

Notons que les flux entrant dans les stocks d'équipements et véhicules d'une commune du territoire du SCOT incluent des biens d'occasion issus du réemploi ou de la réutilisation importés depuis une autre commune ou un autre territoire que le territoire du SCOT (par exemple une voiture achetée à un particulier habitant dans une autre commune ou hors du territoire du SCOT). De même, certains flux sortant des stocks d'une commune ne deviennent pas des déchets car ils peuvent donner lieu à une nouvelle utilisation (réemploi ou réutilisation) au sein d'une autre commune du territoire du SCOT ou d'un autre territoire.

5.2. Périmètre de l'estimation ascendante des stocks et flux

Le tableau ci-après présente les catégories d'équipements et véhicules prises en compte, ainsi que pour chacune de ces catégories l'année étudiée et l'échelle spatiale. L'ensemble des matières constituant les stocks et flux est pris en compte, et notamment les plastiques et métaux ferreux et non ferreux (dont des matières critiques ou stratégiques).

Tableau 5.1. Périmètre de l'estimation des stocks et flux de matières issues des équipements et véhicules

Catégorie d'équipements et véhicules	Echelle spatiale	Année étudiée
Équipements électriques et électroniques des ménages : ordinateur, tablette, téléphone mobile, téléphone fixe, téléviseur, lecteur DVD, réfrigérateur, four, four à micro-ondes, lave-linge, lave-vaisselle	Commune, ensemble du territoire du SCOT	2017
Véhicules particuliers propriété des ménages et voitures de fonction	Commune, ensemble du territoire du SCOT	2017

Source : cette étude (CitéSource)

Bibliographie

- ADEME, 2020. *Déchets. Chiffres clés. Edition 2020*. 78 p.
- ADEME, 2021. *Car Labelling. Chiffres-clés. Evolution des caractéristiques techniques. Évolution de la masse moyenne*. n.p.
- Agreste Hauts-de-France, DRAAF, 2020. *Panorama du monde agricole, forestier et agroalimentaire. Edition 2019*. Format Excel.
- Augiseau, V., 2017. *La dimension matérielle de l'urbanisation. Flux et stocks de matériaux de construction en Ile-de-France*. Thèse de doctorat. Université Panthéon-Sorbonne-Paris I. 554 p.
- Augiseau, V., Barles, S., 2018. *Bilan de flux de matières de la région Ile-de-France en 2015. Laboratoire Géographie-Cités*. Rapport pour le Conseil Régional Ile-de-France. 37 p.
- Augiseau, V., Kim, E., 2021. Inflows and Outflows from Material Stocks of Buildings and Networks and their Space-Differentiated Drivers: The Case Study of the Paris Region. *Sustainability*, 13(3), 1376.
- Baccini, P., Brunner, P. H., 1991. *Metabolism of the Anthroposphere*. Heidelberg, Springer-Verlag. 157 p.
- Balon, P., Coussy, S., Michel, P., De Oliveira, H. 2017. *Etude de faisabilité et définition opérationnelle de valorisation des terres excavées – phase 1*. 82 p.
- Barles, S., 2007. *Mesurer la performance écologique des villes et des territoires : le métabolisme de Paris et de l'Île-de-France. Rapport de recherche final pour le compte de la ville de Paris*. 98 p.
- Barles, S., 2010. « Ecologie territoriale » in: MERLIN, P., CHOAY, C. (éds.). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. 3e éd. [1ère éd. 1988] Paris, PUF. 843 p.
- CERC Hauts-de-France, 2021. *Analyse de la filière déchets et recyclage du BTP en Hauts-de-France dans le cadre de l'élaboration du Schéma Régional des Carrières*. 59 p.
- CGDD-SOES, 2009. « Matières mobilisées par l'économie française. Comptes de flux pour une gestion durable des ressources », *Études & documents* n°6. 44 p.
- CGDD-SOES, 2013. « Le cycle des matières dans l'économie française », *Repères*. 56 p.
- CGDD-SOES, 2014. « Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements. Guide méthodologique », *Références*. 111 p.
- CGDD-SDES, 2021. *Indicateurs clés pour le suivi de l'économie circulaire. Édition 2021*. 43 p.
- CGDD-SOES, 2014. « Comptabilité des flux de matières dans les régions et les départements. Guide méthodologique », *Références*. 111 p.
- CGDD, 2018. *Comptes des transports 2018*. Format Excel.

- CGDD-SDES, 2021. *Indicateurs clés pour le suivi de l'économie circulaire. Édition 2021*. 43 p.
- CitéSource, 2019. *Étude du métabolisme urbain parisien : notes méthodologiques sur les estimations des flux et stocks de matières et résultats*. 126 p.
- CitéSource, 2022. *Etude du métabolisme de la Métropole du Grand Paris* (en cours de publication).
- Communauté d'Agglomération du Douaisis, 2017. *Rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'assainissement public 2017*. 39 p.
- Communauté d'Agglomération du Douaisis, 2017. *Rapport annuel sur le prix et qualité du service public de prévention et de gestion des déchets 2017*. 21 p.
- Communauté de Communes Cœur d'Ostrevent, 2017. *Rapport annuel sur le prix et la qualité du service public de prévention et de gestion des déchets ménagers et assimilés 2017*. 26 p.
- Courtonne, J. Y., Longaretti, P. Y., & Dupré, D., 2018. Uncertainties of domestic road freight statistics: insights for regional material flow studies. *Journal of Industrial Ecology*, 22(5), 1189-1201.
- Esculier, F, 2018. *Le système alimentation/excrétion des territoires urbains: régimes et transitions socio-écologiques*. 2018. Thèse de doctorat. Université Paris Est. 484 p.
- EUROSTAT, 2001. *Economy wide material flow accounts and balances with derived resource use indicators. A methodological guide*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 85 p.
- EUROSTAT, 2018. *Economy-wide material flow accounts. Handbook. 2018 edition*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 138 p.
- FAO, 2004. *L'eau, l'agriculture et l'alimentation. Une contribution au Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau*. En ligne (consulté le 20 janvier 2022) : <https://www.fao.org/3/y4683f/y4683f00.htm#Contents>
- Georgeault, L. 2015. *Le potentiel d'écologie industrielle en France : approche territoriale et éléments de réalisation*. Thèse de doctorat. Université Panthéon-Sorbonne-Paris I. 403 p.
- Groupe de travail INCA3, 2017. *Troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires* (Etude INCA3). 535 p.
- INCOME CONSULTING et AK2C, 2016. *Pertes et gaspillages alimentaires : l'état des lieux et leur gestion par étapes de la chaîne alimentaire*. Rapport d'étude pour l'ADEME. 164 p.
- Région Hauts-de-France, 2019. *Plan régional de prévention et gestion des déchets*. 298 p.
- UNIFA, 2019. *Les livraisons d'engrais minéraux en France métropolitaine. Campagne 2018-2019*. 110 p.
- Veolia, 2017. *Rapport annuel 2017 du délégataire. Communauté de Communes Cœur d'Ostrevent. Assainissement*. 178 p.



36 rue Pilâtre de Rozier
59500 DOUAI
03.27.98.21.00
contact@grand-douaisis.org
www.grand-douaisis.com

