Le métabolisme de la région Ile-de-France en 2021

Mise à jour du bilan de flux de matières francilien et modélisations de flux ciblés

Rapport pour L'Institut Paris Region

2024

CitéSource

DESTINATAIRE	
Organisme	L'Institut Paris Region
Adresse	15, rue Falguière, 75740 Paris Cedex 15
Interlocuteur	Léo Mariasine et Martial Vialleix
LIVRABLE	
Etude	Mise à jour du bilan de flux de matières francilien et modélisations de flux ciblés
Mission	/
Livrable	Note méthodologique et résultats
PRESTATAIRE	
Société	CitéSource
Statut	Mandataire
Expertise	Etude du métabolisme territorial
Rédacteur	Vincent Augiseau

Version	Date	Emetteur	Commentaire
1	01/02/2024	Vincent Augiseau - CitéSource	Première version pour relecture
2	01/10/2024	Vincent Augiseau - CitéSource	Version finale après relecture par l'Institut Paris Region

1. CONTEXTE ET CAHIER DES CHARGES DE L'ETUDE 5

1.1. Contexte 5

1.2. Cahier des charges 7

2. BILAN DE FLUX DE MATIERES : METHODE ET RESULTATS 11

2.1. Etudier le métabolisme d'un territoire 11
2.1.1. Définitions 11
2.1.2. Deux approches méthodologiques d'étude des flux : bilan et modélisation 13

2.2. Méthode du bilan de flux de matières 14
2.2.1. Présentation générale de la méthode 14
2.2.2. Définition des catégories de flux 15
2.2.3. Indicateurs de consommation 16
2.2.4. Périmètre du bilan de flux de matières de cette étude 16
2.2.5. Catégories de flux distinguées 17
2.2.6. Sources de données 18
2.2.7. Principales évolutions entre cette étude et celle sur 2015 et corrections apportées pour la comparaison 20
2.2.8. Incertitude associée aux données utilisées dans le bilan de flux 23

2.3. Résultats de l'étude du bilan de flux de matières en 2021 25
2.3.1. Consommation de matières 26
2.3.2. Extraction locale 30
2.3.3. Importations 32
2.3.4. Déchets et émissions vers la nature 36

2.4. Evolution du métabolisme francilien entre 2015 et 2021 selon le bilan de flux de matières 40
2.4.1. Bilan de flux de matières en 2015 actualisé 40
2.4.2. Consommation 41
2.4.3. Extraction locale et émissions 42
2.4.4. Synthèse des grandes évolutions observables 44

3. FLUX D'EAU ET ENERGIE 45

3.1. Eau 45
3.1.1. Sources de données 45
3.1.2. Flux d'eau 45

3.2. Energie 46
3.2.1. Sources de données 46
3.2.2. Flux d'énergie 47

4. MODELISATION DES FLUX DE MATERIAUX, ALIMENTS, VEHICULES ET EQUIPEMENTS.....48

4.1. Modélisation des stocks et flux de matériaux de construction et déchets de chantiers 48
4.1.1. Méthode de modélisation des stocks et flux 48
4.1.2. Stocks et flux de matériaux de construction et déchets de chantiers 52

4.2. Modélisation des flux alimentaires, déchets organiques et leurs contenus en azote et phosphore 56
4.2.1. Méthode de modélisation des flux 56
4.2.2. Flux alimentaires 58

4.3. Modélisation des stocks et flux de véhicules et équipements 61
4.3.1. Méthode de modélisation des stocks et flux 61
4.3.2. Stocks et flux liés aux véhicules et équipements 62

BIBLIOGRAPHIE 67

1. Contexte et cahier des charges de l'étude

Le texte présenté ci-dessous est le cahier des charges de l'étude rédigé par Léo Mariasine et Martial Vialleix de L'Institut Paris Region.

1.1. Contexte

L'enjeu des ressources à toutes les échelles

La consommation exponentielle de ressources fait partie des enjeux environnementaux de notre ère, à l'instar du changement climatique ou de l'effondrement de la biodiversité. Cet enjeu a pour particularité d'influer sur les autres enjeux environnementaux (combustion des énergies fossiles, pression exercée sur les milieux) ou d'être impacté par des solutions visant à répondre aux conséquences de la crise écologique. C'est pourquoi les acteurs internationaux et le monde de la recherche appellent à une mise en œuvre d'une gestion durable des ressources, en synergie des stratégies de lutte contre le changement climatique et de préservation de la biodiversité.

Ainsi, l'enjeu d'une gestion durable des ressources naturelles est une des priorités de la communauté internationale et des politiques publiques. En France, la Loi de Transition Energétique pour une Croissance Verte (LTECV) de 2015 oblige le Gouvernement à élaborer un Plan ressources et la Feuille de route de l'économie circulaire du 3 avril 2018 appelle les Conseils régionaux à mettre en place des observations régionales des flux de ressources. La Région Île-de-France a lancé des travaux relatifs à l'élaboration d'une stratégie régionale économie circulaire. Une analyse de flux de matières a été réalisée pour l'année 2015 et a permis d'identifier les flux de ressources stratégiques et les enjeux relatifs à celles-ci. Dans la continuité, la Région a missionné en 2019 L'Institut Paris Region pour préfigurer une observation régionale des ressources à laquelle l'ADEME Île-de-France prête également son appui technique et financier.

Le rapport de préfiguration d'une observation des ressources

L'institut Paris Region a publié **un rapport de préfiguration[1] d'une observation des ressources en Île-de-France en avril 2021**, qui propose une méthodologie d'observation inédite, réalisée à partir d'un audit interne, d'une veille documentaire et d'entretiens auprès de partenaires et de chercheurs. Construite à partir de recommandations de deux projets de recherche collaboratifs, *Metabolism of Cities* et *MinFuture*, cette méthodologie se fonde sur une analyse critique des outils d'observation des ressources, notamment le bilan de flux de matières fondé sur la méthode Eurostat 2001, ainsi que sur un recensement des bases de données et partenaires mobilisables.

Après avoir défini le périmètre de l'analyse, notamment par un exercice de caractérisation de certaines ressources stratégiques (ressources agricoles et alimentaires, matériaux de construction, ressources énergétiques, eau, ressources foncières, déchets) et de recensement des bases de données nécessaires à leur étude, le rapport d'observation des ressources délivre des recommandations méthodologiques et organisationnelles en vue d'une observation systémique des ressources, en partenariat avec les observatoires existants et la sphère de la recherche.

[1] Rapport d'étude « Observation des ressources en Île-de-France. Mission de préfiguration 2019-2021. Tome 1 : Proposition d'une méthodologie » Publication en avril 2021. En ligne sur https://www.arec-idf.fr/nos-travaux/publications/observation-des-ressources-en-ile-de-france-mission-de-prefiguration-2019-2021/

L'observatoire des ressources n'a pas vocation à se substituer aux observatoires existants. **L'enjeu est de constituer un « méta-observatoire »,** qui articulerait les différents champs d'étude en vue d'une approche plus systémique du métabolisme régional et de l'économie circulaire : mise en évidence des conflits d'usages, des complémentarités voire des synergies possibles entre les ressources franciliennes. La mise en œuvre de ce méta-observatoire repose sur plusieurs étapes, dont le contenu a été évoqué dans le rapport de préfiguration, puis précisé en 2021-2022 à l'aide de divers entretiens menés auprès de chercheurs et de professionnels.

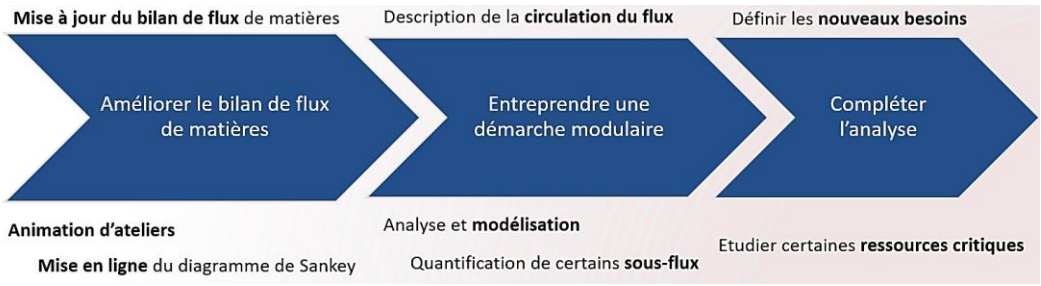
Méthodologie de mise en œuvre d'un observatoire régional des ressources

L'observatoire des ressources est pensé comme **un outil d'aide à la décision**, développant une méthodologie et des indicateurs utiles pour évaluer les actions publiques à moyen et long terme, mesurant les évolutions de consommation, dégageant des tendances de fond, le tout au service d'un meilleur pilotage des politiques publiques. Il importe alors d'inscrire l'observation des ressources dans une dynamique reproductible, opérationnelle et de confiance.

L'enjeu est par ailleurs **d'améliorer la connaissance du métabolisme régional**, en produisant des données plus territorialisées, au service d'une meilleure compréhension de la circulation des flux à toutes les échelles. Ainsi L'Institut Paris Region propose de développer **une approche « modulaire** » qui, à partir d'un bilan de flux de matières de la Région Île-de-France, s'attachera à décrire aussi précisément que possible la circulation des flux associés, en cartographiant les principaux gisements, les lieux de consommation et de production, les espaces logistiques, etc. **Une fois le bilan de flux de matières réalisé à l'échelon régional et mis en ligne**, l'enjeu sera de préciser de quelle manière certains flux circulent à l'échelon infrarégional, à travers différents « modules » portant, selon les années, sur un type spécifique de ressource. Par exemple, le module Matériaux de construction pour l'année N, le module Alimentation pour l'année N+1… Le choix des modules se fera en concertation avec les services de la Région Île-de-France et de l'ADEME Île-de-France, selon les enjeux émanant de la mise à jour de du bilan de flux de matières. L'exercice modulaire permettra également de quantifier de nouveau certains « sous-flux », ou « ressources critiques », qui n'ont pu être précisément quantifiés lors de la mise à jour du bilan de flux. En outre, la description d'une ressource sera l'occasion de penser les relations avec les autres flux et ressources, les distances parcourues par chaque ressource, ainsi que les enjeux de gouvernance.

Pour certains modules, l'enjeu serait **de co-porter les études avec les observatoires travaillant déjà sur les ressources en jeu**. Par exemple, le ROSE pour les ressources énergétiques, l'ORDIF pour les déchets, etc. Cela coïnciderait avec la volonté de L'Institut de créer un méta-observatoire, qui ne se substituerait pas aux observatoires existants. Pour chaque module, un **comité de suivi** sera créé, composé de chargés d'étude de L'Institut Paris Region, de chargés de mission de la Région, mais également de représentants des observatoires en question. Sur les modules où il n'existe pas encore d'expertise parmi les départements / les partenaires de L'Institut, une **prestation externe** pourrait être de mise : prestataire spécialisé, stagiaire dédié, atelier étudiant.

Une fois le module complété, il s'agira de l'intégrer au bilan de flux de matières et au diagramme de Sankey en ligne, de manière à obtenir une vision plus détaillée du métabolisme. Cette première phase d'analyse modulaire permettra de préciser les nouveaux besoins, en concertation avec la Région Île-de-France, l'ADEME Île-de-France et les observatoires associés aux ressources ciblées, de manière à déterminer certaines ressources spécifiques qui pourront faire l'objet d'une approche modulaire ultérieure. Par exemple, il pourra être décidé d'étudier certaines **ressources critiques** en Île-de-France.



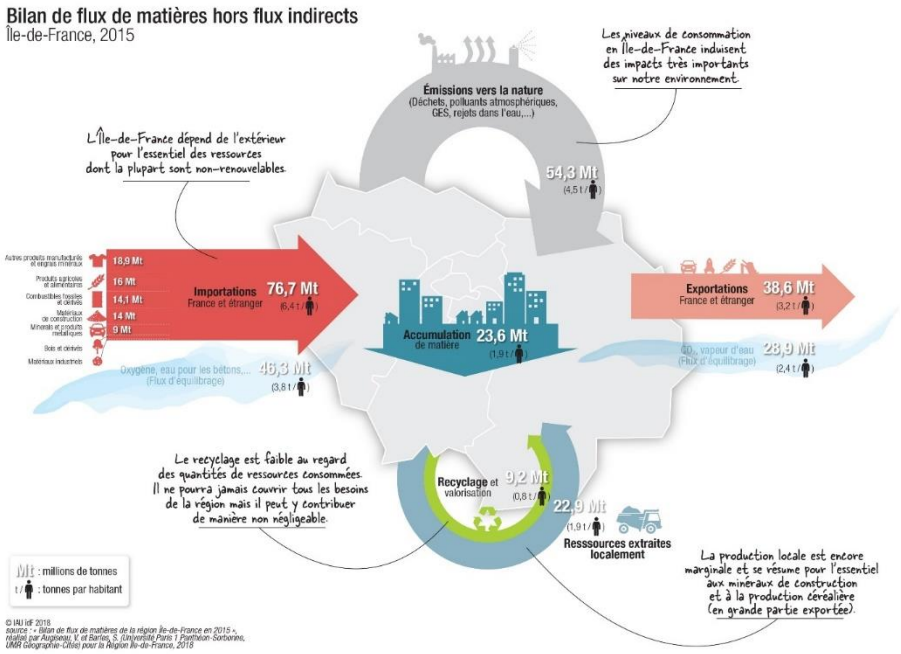
Ainsi, la mise à jour du bilan de flux de matières francilien constitue un préalable au développement d'une observation modulaire des ressources franciliennes.

1.2. Cahier des charges

L'enjeu est d'améliorer l'étude de bilan de flux de matières de la Région Île-de-France, dans la continuité de celle réalisée en 2018 pour l'année 2015, et dans une **perspective de consolidation et de progrès**. Plusieurs éléments sont attendus, en termes de mise à jour des données, d'ajout de nouveaux flux, de précision de l'origine et de la destination des ressources importées/exportées, de modélisation, de valorisation et de sensibilisation autour de l'exercice.

Mise à jour des données et comparaison dans le temps

Définie comme un territoire pionnier en matière d'étude du métabolisme territorial[2], la Région Île-de-France appuie notamment l'analyse de ses ressources sur un bilan de flux de matières, fondé sur la méthode Eurostat 2001 et réalisé en 2018 par l'Université Paris 1 (laboratoire Géographie-cités, Vincent Augiseau et Sabine Barles, avec la contribution d'Eunhye Kim pour les flux de combustibles et émissions associées) dans le cadre d'un post-doctorat co-financé par la Région Île-de-France à l'occasion de son Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD).



2 Vialleix, M. Les études de métabolisme territorial, L'Institut Paris Region, 2021

La première mission consiste à mettre à jour le bilan de flux de matières mené en 2018 pour l'année de référence 2015, en se basant sur une **année de référence aussi récente que possible** (bien que l'année 2020 devrait être évitée tant elle constitue une année singulière dans le fonctionnement francilien). À l'instar du précédent exercice, le bilan de flux de matières doit être basé sur la méthode d'Eurostat et sur les recommandations du guide national du CGDD (2014), de même qu'un travail spécifique doit être mené sur les bases de données mobilisées, afin d'assurer une relative **comparabilité des résultats dans le temps**. Outre une analyse des flux de matières entrants et sortants du territoire, une analyse des **stocks de matériaux** du territoire francilien sera de mise, afin de caractériser plus finement cette ressource stratégique. De même, les **flux énergétiques** (d'origines fossile et non-fossile) doivent être quantifiés et représentés, à travers notamment les données de la base Energif du ROSE, pour l'année de référence la plus récente possible.

Ajout de nouveaux flux, précision de l'origine et de la destination des ressources importées/exportées

Deux principales innovations doivent venir enrichir l'exercice de mise à jour. Tout d'abord l'ajout de nouveaux flux, en particulier ceux associés à la **ressource en eau** (eaux potables, non-potables et usées). L'exercice a été réalisé pour le bilan de flux de matières de la Métropole du Grand Paris, réalisé en 2021 par CitéSource. À partir des données mobilisables et en concertation avec les experts de L'Institut Paris Region, l'enjeu serait de caractériser finement les gisements de ressources, les quantités prélevés, les types de consommateurs, les quantités d'eaux usées produites ou encore la dépendance du territoire envers les captages en eaux extérieurs. L'accent pourrait être mis sur les boues des stations d'épuration valorisées, ainsi que sur la quantité d'azote rejeté dans les milieux naturels ou valorisée. Une réflexion particulière devra être menée sur les modes de représentation des flux d'eau, les quantités étant si élevées qu'il serait difficile de les représenter auprès des autres flux sans les effacer.

La seconde innovation consiste à **indiquer l'origine et la destination des flux d'énergie et de matières**, afin d'être en mesure de caractériser plus finement la dépendance du territoire francilien et l'externalisation du métabolisme régional. Les données de la base sur le transport de marchandises SitraM, qui constituent l'une des sources majeures du bilan de flux fondé sur la méthode Eurostat 2001, délivrent des informations sur les origines/destinations des marchandises par département français ou pays extérieurs, avec notamment des informations en tonnes-kilomètres pour les marchandises importées ou exportées en Île-de-France depuis une région française. Le bilan de flux de matières pourrait ainsi distinguer les importations provenant des régions limitrophes de l'Île-de-France, celles issues des régions de France plus lointaines et celles provenant d'autres pays, avec une distinction Europe/hors Europe. De telles indications n'apparaissent pas dans le bilan de flux de matières de 2018 : elles constituent donc une amélioration par rapport au précédent exercice.

Méthode ascendante pour certains flux stratégiques, production d'indicateurs

Le bilan de flux de matières fondé sur la méthode Eurostat 2001 constitue une approche dite descendante d'observation des flux. L'utilisation d'une **approche par ratio ascendante** apportera, pour quelques ressources stratégiques préalablement déterminées, des résultats complémentaires qui affineront l'observation. L'enjeu pourrait être **d'appliquer cette méthode aux six ressources ciblées** dans le rapport de préfiguration d'une observation des ressources en Île-de-France. Un accent pourrait également être mis sur les **matières premières critiques, l'azote et le phosphore**. Les résultats plus précis obtenus constitueront un préalable à l'approche modulaire, une étude plus aboutie d'un flux étant plus à même de déterminer les angles-morts qu'il faudra creuser par la suite.

En outre, par les projections qu'elle permet, cette approche est utile pour poursuivre la réflexion en cours à L'Institut Paris Region sur les **indicateurs de l'économie circulaire**. Ces indicateurs peuvent être ciblés sur certaines tendances, sur certains déséquilibres observés au terme de l'analyse de flux et pourront être soumis au débat lors des ateliers de restitution.

Valorisation et mise en ligne du diagramme de Sankey

Une fois le bilan de flux mis à jour, il s'agira de créer un diagramme de flux en ligne, sur le modèle de la ville de Paris, afin de retranscrire les résultats de manière pédagogique. L'enjeu sera également de faire de ce diagramme une plateforme de ressources documentaires, permettant des **renvois vers des observatoires ou des études associés à certains flux**. Par exemple, il serait pertinent pour les flux énergétiques ou les flux de déchets d'indiquer des liens vers des études de l'AREC ou de l'ORDIF, en particulier lorsque ces dernières portent sur les différentes infrastructures ou gisements par lesquels transitent ces flux.

Organisation d'ateliers autour de la valorisation des résultats : un préalable pour la phase modulaire de l'observatoire

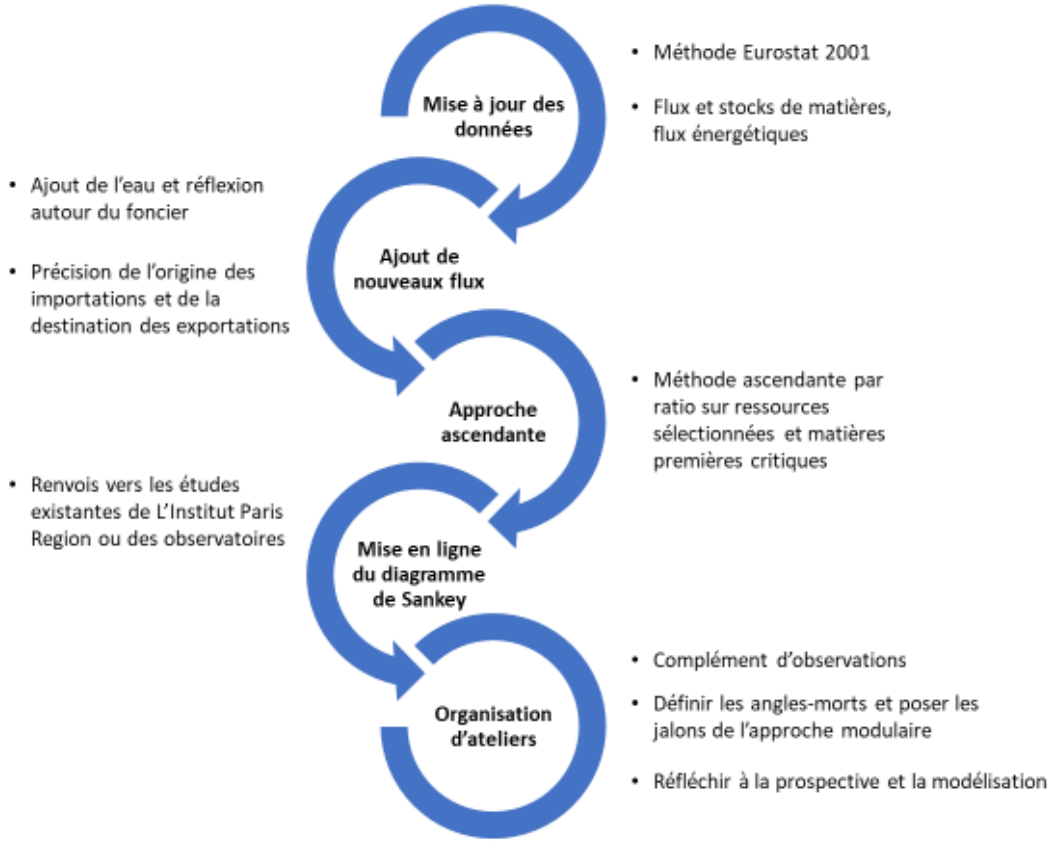
Outre les nombreux observatoires auxquels il est lié, L'Institut Paris Region dispose d'une expertise pluridisciplinaire qui dépasse largement la seule question des ressources : urbanisme, habitat, économie, démographie, politiques publiques… sont autant de domaines de compétences susceptibles d'enrichir l'observation des ressources. L'enjeu serait d'organiser, en parallèle du bilan de flux et/ou lors de la restitution des résultats, des **ateliers d'intelligence collective** avec des chargés d'études et des observatoires liés aux ressources considérées, ainsi que des experts en matière de prospective, d'urbanisme, de démographie ou d'économie. Plusieurs objectifs sont associés à ces ateliers :

- Permettre aux chargés d'études de L'Institut Paris Region et des observatoires **de commenter les résultats**, de se prononcer sur les niveaux de consommation des ressources et leurs évolutions, la part des importations et de la production locale dans la consommation francilienne, les dynamiques actuelles ou à venir qui pourraient infléchir ou poursuivre les grandes tendances à l'œuvre, les liens entre les différentes ressources, les travaux ou études de L'Institut Paris Region qui traite de ces enjeux…

- Réfléchir collectivement à ce que le bilan de flux ne permet pas de montrer, les études, les observations ou les outils existants permettant de **compenser ces boites noires** et les champs qu'une étude modulaire devrait investir pour compléter la connaissance du métabolisme territorial.

Ainsi, les ateliers de valorisation des résultats sont également pensés comme des outils d'aide à l'analyse du bilan de flux, **utiles à la préfiguration des approches modulaires**. Par la présence d'experts spécialisés en démographie, en urbanisme, en économie ou en modélisation, ils posent également les **jalons des futurs exercices de modélisation et de prospective**, qui seront menés au terme des différents modules. A court terme, **un rapport d'analyse du bilan de flux de matières sera publié**, résumant les grands enseignements de l'exercice et les commentaires des ateliers, justifiant le choix des futurs modules.

Résumé de la démarche d'amélioration du bilan de flux de matières francilien



Résumé des tâches

- Mise à jour des données
- Ajout des flux eau et énergie
- Approche ascendante sur certaines ressources
- Mise en ligne du diagramme de Sankey
- Co-animation d'ateliers de présentation des résultats
- Co-élaboration avec les chargés d'études de L'Institut Paris Region du livrable d'analyse des résultats

2. Bilan de flux de matières : méthode et résultats

2.1. Etudier le métabolisme d'un territoire

2.1.1. Définitions

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 issus 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 suivante 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).

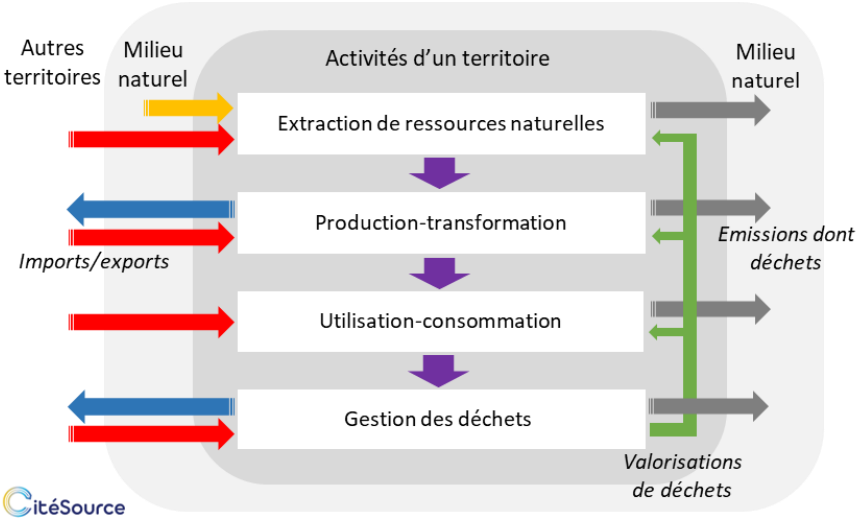


Figure 2.1. Principaux flux formant le métabolisme d'un territoire

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)[3].

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.

[3] 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).

2.1.2. 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 suivant, **deux grandes approches méthodologiques** peuvent être distinguées : bilan et modélisation. Chaque approche présente des avantages et limites résumées ci-dessous.

Tableau 2.1. 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 selon la méthode définie par l'Eurostat, dans la mesure où ils n'ont généralement pas de valeur monétaire. Ils ne sont donc généralement 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.

En outre, 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.

2.2. Méthode du bilan de flux de matières

2.2.1. 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 par ailleurs 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, 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 suivante présente les différents éléments pris en compte dans la méthode Eurostat - CGDD.

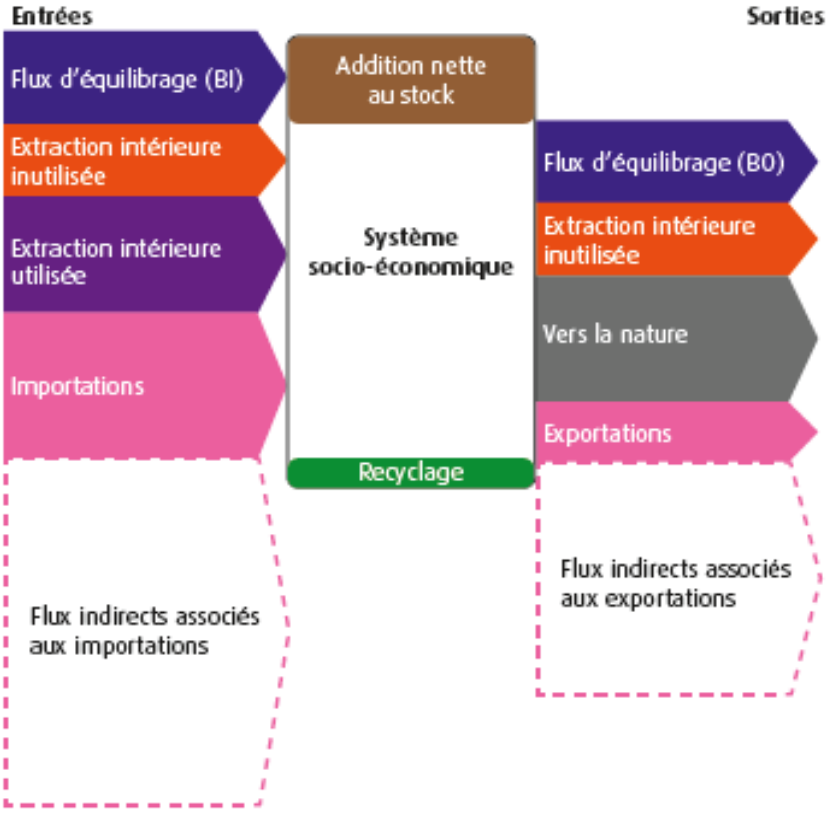


Figure 2.1 Schéma de principe de la comptabilité des flux de matières selon la méthode Eurostat – CGDD

Source : Alterre Bourgogne in CGDD - SOeS (2014)

2.2.2. 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.

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 ici 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 selon la méthode Eurostat.

Les éléments d'équilibrage comprennent principalement 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.

2.2.3. Indicateurs de consommation

Trois indicateurs de consommation de matières sont calculés pour cette étude.

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.

L'empreinte matières ou 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.

2.2.4. Périmètre du bilan de flux de matières de cette étude

Le bilan de flux réalisé pour cette étude porte sur l'année **2021** et l'**ensemble de la région Ile-de-France**, sans distinction entre les départements.

Il 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), les importations et exportations nationales de matières premières, produits finis et semi-finis identifiables selon les enregistrements sur le transport fluvial de marchandises de Voies Navigables de France (VNF), ainsi que les importations et exportations internationales de matières premières, produits finis et semi-finis identifiables selon les enregistrements des Douanes.

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. 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 sont estimés à partir de coefficients calculés pour la région Ile-de-France et les années 2005 et 2006 et appliqués aux autres importations et exportations.

2.2.5. Catégories de flux distinguées

Les catégories et sous-catégories de matières présentées dans le tableau suivant ont été établies. Cette nomenclature s'appuie sur les préconisations du guide du CGDD (2014) et vise à apporter une information sur des matières faisant l'objet de politiques d'économie circulaire, tels que les flux alimentaires ou ceux de matériaux de construction et déchets de chantiers.

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
		Autres matières premières végétales et animales
Combustibles fossiles	Produits pétroliers	Produits pétroliers
	Gaz	Gaz
	Charbon (et autres combustibles minéraux solides)	Charbon (et autres combustibles minéraux solides)
Matériaux de construction	Granulats	Granulats de carrières
		Granulats recyclés
	Bois d'œuvre	Bois d'œuvre
	Autres matériaux de construction	Autres minéraux et produits non métalliques pour la construction
		Produits métalliques pour la construction
		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
Autres produits manufacturés		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)

2.2.6. Sources de données

Un bilan de flux complet pour l'année 2021 est réalisé en tenant compte des évolutions de la méthode Eurostat depuis la précédente étude du métabolisme régional en 2015 réalisée en 2018 (Augiseau, Barles, 2018). Ces estimations ont ainsi été réalisées avec l'outil *Economy-wide material flow accounts (EW-MFA) - 2020 EW-MFA questionnaire*. Les estimations pour 2021 s'appuient sur les données les plus récentes disponibles lors de cette étude : moyenne des données sur 2019, 2020 et 2021 pour les données sur le transport (TRM, Douanes, VNF) afin de réduire l'incertitude (voir ci-après), données sur certaines émissions dont air et déchets sur 2018, 2019 ou 2021.

Tableau 2.3. Sources de données utilisées pour cette étude

Elément du bilan de flux	Sources de données
Entrées	
Importations	**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 de la région Ile-de-France et les exportations depuis ce dernier vers les départements de France en 2019, 2020 et 2021 selon l'enquête transport routier national du CGDD (TRM)[4] et selon les données de Voies Navigables de France **Importations et exportations depuis/vers d'autres pays pour toutes matières hors combustibles fossiles et déchets** : moyennes des données sur les importations internationales vers la région Ile-de-France et les exportations internationales depuis cette dernière en 2019, 2020 et 2021 selon les données sur les importations et exportations des Douanes **Produits pétroliers hors carburéacteur** : consommations en 2021 selon les Données locales de consommation de produits pétroliers **Carburéacteur** : coefficients issus du Guide des facteurs d'émissions de l'ADEME (2007) appliqués aux émissions de CO_2 du cycle décollage-atterrissage (LTO) des aéroports Charles De Gaulle, Orly et Le Bourget en 2021 selon la DGAC **Gaz naturel** : consommations en 2021 selon les Données locales de consommation d'électricité et de gaz naturel converties en masse selon les données de la Calculette de conversion des unités énergétiques de l'ATEE **Charbon** : moyennes des données sur les importations nationales et internationales vers la région Ile-de-France et les exportations depuis cette dernière en 2019, 2020 et 2021 selon les données TRM, Douanes et VNF
Extraction intérieure utilisée	**Biomasse agricole hors résidus** : Statistique agricole annuelle (SAA) de 2021 de l'Agreste, Srise Ile-de-France (y compris pour la paille) **Résidus de récolte (sucre et feuilles de betteraves fourragères, autres)** : estimation à partir de coefficients de l'outil *Economy-wide material flow accounts (EW-MFA) - 2020 EW-MFA questionnaire* appliqués à la production **Biomasse sylvicole** : *Enquête de branche - Exploitations forestières* de l'Agreste sur 2021, conversion en masse selon coefficients issus de Barles (2007) **Chasse et pêche** : flux non pris en compte (masse très faible) **Minéraux non métalliques** : données sur les extractions des carrières en 2021 transmises par L'Institut **Pétrole** : estimation d'après l'extraction en France en 2019 selon energiesetmobilites.fr et la part de l'Ile-de-France dans la production nationale en 2000 selon DRIRE (2001)
Extraction intérieure inutilisée	**Extraction inutilisée liée à extraction utilisée de biomasse agricole et sylvicole :** estimation selon extraction utilisée et coefficients idem Augiseau et Barles (2018) **Extraction inutilisée en carrière** : estimation selon extraction utilisée et coefficient idem Augiseau (2017) **Matériaux excavés issus du bâtiment et des travaux publics** : sources indiquées dans Génération et traitement des déchets solides

[4] Les données TRM ont fait l'objet d'un premier traitement par L'Institut Paris Region qui a ensuite transmis des données agrégées par grandes catégories de matières à CitéSource et pour le total des importations ou exportations de l'Ile-de-France depuis/vers la France sans détail par département.

Flux d'équilibrage en entrée	**Dioxygène pour la consommation de combustibles fossiles** : estimation selon consommation de combustibles et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Dioxygène pour la respiration humaine** : estimation selon population recensement INSEE et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Dioxygène pour la respiration du bétail :** estimation selon cheptels Statistique agricole annuelle (SAA) de 2021 et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Dioxygène lié aux bactéries en assainissement et enfouissement de déchets** : estimation selon émissions et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Eau contenue dans les boissons exportées** : estimation selon exportation de boissons (voir Exportations) et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire*
Flux indirects associés aux importations	Estimation selon **coefficients** calculés selon importations (directes ; données *Material flow accounts en ligne* sur le site de l'Eurostat) et importations en équivalent matières premières (RME) de la France en 2019 par catégorie de matières de la nomenclature MFA (issues de l'outil *Country RME tool* 2023 de l'Eurostat) appliqués aux importations de l'Ile-de-France
Sorties	
Exportations	
Emissions vers la nature exportées	Sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides
Exportations hors déchets	Sources citées dans la partie Importations
Emissions vers la nature locales	
Génération et traitement des déchets solides	**DMA** : ORDIF, 2023. *Les déchets ménagers et assimilés en Ile-de-France. Données 2021*. **Filières REP** (pneumatiques, VHU, piles et accumulateurs portables, DEEE, déchets d'éléments d'ameublement ménagers et professionnels, déchets d'activités de soins, textiles, linge de maison et chaussures) : données REP sur 2021 (fichiers Excel) et à défaut données sur 2020 issues de ORDIF, 2022. *Rapport de suivi #2 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* **Déchets de chantiers du BTP hors terres/matériaux excavés identifiés** : données sur 2018 (plus complètes) issues de ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* **Terres/matériaux excavés de chantiers du BTP identifiés** : données sur 2018 (plus complètes) issues de ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* **Déchets de chantiers du BTP non identifiés** : différence entre total gisement théorique (37 800 kt) selon ORDIF, 2021 ; 2022 ; 2023 (rapports de suivi du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France) et autres déchets BTP observés **Autres DAE** : données sur 2018 (plus complètes) issues de ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* **Déchets d'assainissement (boues de stations d'épuration)** : rapport annuel SIAAP 2021 pour les stations de la SIAAP et données 2021 du Portail assainissement collectif pour les autres stations **Valorisation énergétique (dans et hors région), valorisation de matières organiques (dans et hors région), réaménagement de carrières ou aménagement ISDND (dans et hors région), recyclage exporté (hors région), stockage de déchets (dans et hors région) :** sources idem génération de déchets **Gestion non identifiée** : calcul selon différence entre total déchets produits et autres gestions
Emissions dans l'air	**Emissions de CO_2** : émissions de GES directes hors production d'énergie (scope 1) et indirectes pour l'énergie (scope 2) en kteqCO_2 selon Inventaire 2019 des émissions de gaz effet de serre de l'Ile-de-France pour l'année 2019 d'AIRPARIF **Emissions de polluants** (Nox, PM10, PM2-5, COVNM, NH_3, SO_2) : émissions en 2019 selon données AIRPARIF sur Energif / ROSE
Rejets dans l'eau	**Matières organiques rejetées par les stations d'épuration** : estimation selon rapport annuel SIAAP 2021 sur les stations de la SIAAP rapportées à l'ensemble de l'Ile-de-France au prorata de la population **Matières organiques rejetées par les industries non raccordées au réseau public** : flux non pris en compte (masse faible)

Flux dissipatifs	**Flux dissipatifs liés à l'utilisation d'engrais** : données sur les livraisons d'engrais de l'UNIFA en 2021 **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 **Flux dissipatifs liés à l'épandage et au compostage de boues de stations d'épuration** : données du rapport annuel SIAAP 2021 pour les stations de la SIAAP et données 2021 du *Portail assainissement collectif* pour les autres stations **Autres flux dissipatifs dont usure des chaussées routières** : flux non pris en compte (masse très faible)
Flux d'équilibrage en sortie	**Vapeur d'eau issue de la consommation de combustibles fossiles** : estimation selon consommation de combustibles et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Vapeur d'eau et dioxyde de carbone issus de la respiration humaine** : estimation selon population recensement INSEE et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Vapeur d'eau et dioxyde de carbone issus de la respiration du bétail :** estimation selon cheptels Statistique agricole annuelle (SAA) de 2021 et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Vapeur d'eau et dioxyde de carbone issus des bactéries en assainissement et enfouissement de déchets** : estimation selon émissions et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* **Eau contenue dans les boissons importées** : estimation selon importation de boissons (voir Importations) et coefficients de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire*
Flux indirects associés aux exportations	Sources citées dans la partie Flux indirects associés aux importations
Recyclage local	
Recyclage local et autres valorisations matière	Sources citées dans la partie Génération et traitement des déchets solides

Source : cette étude (CitéSource)

2.2.7. Principales évolutions entre cette étude et celle sur 2015 et corrections apportées pour la comparaison

Les principaux changements entre la présente étude et celle réalisée en 2018 pour 2015 sont liées à la disponibilité de l'outil Excel *Economy-wide material flow accounts (EW-MFA) - 2020 EW-MFA questionnaire* diffusé en ligne par Eurostat pour réaliser un bilan de flux à l'échelle nationale. Cet outil comprend notamment :

- un tableur pour l'estimation des **résidus de récolte** utilisés dont les feuilles de betterave, éléments non présents dans la comptabilité agricole de l'Agreste (ce tableur permet également le calcul pour les flux liés au pâturage du bétail mais ces données sont déjà présentes dans les statistiques Agreste) ;
- un tableur pour l'estimation des **flux d'équilibrage** (entrées et sorties) : l'ensemble des flux pris en compte ont été estimés avec ce tableur, y compris les flux générés par les bactéries en assainissement et enfouissement de déchets et l'eau contenue dans les boissons importées et exportées (éléments non pris en compte précédemment).

L'utilisation de cet outil a ainsi permis d'affiner les estimations et de prendre en compte quelques nouveaux flux. Par simplification, certains flux très faibles pris en compte pour 2015 mais non calculables avec l'outil Eurostat n'ont pas été pris en compte. Il s'agit notamment des flux liés à la chasse et pêche et à l'usure des chaussées routières.

Par ailleurs, les **flux indirects liés aux importations et exportations** (pour le calcul de la consommation en équivalent matières premières ou empreinte matières) sont estimés à partir de coefficients calculés pour cette étude selon les importations et exportations (directes) de la France en 2019 (Eurostat, *Material flow accounts*) et les importations et exportations en équivalent matières premières (*raw material equivalent*s ou RME) de la France en 2019 (Eurostat, *Country RME tool*). Ces données sont disponibles par catégorie de matières de la nomenclature MFA (Eurostat). Cette nomenclature est plus fine (71 catégories/sous-catégories d'Eurostat MFA) que celle utilisée précédemment (8 grandes catégories). Il s'agit cependant toujours de données portant sur l'ensemble de la France (aucune donnée disponible à l'échelle régionale). Il est ainsi impossible de calculer des coefficients correspondants aux importations et exportations depuis ou vers le reste de la France (et non d'autres pays européens ou hors UE).

De plus, afin d'appliquer ces coefficients selon la nomenclature MFA, il a été nécessaire d'estimer les importations et exportations directes selon cette même nomenclature, et par conséquent de passer de la nomenclature NST 2007 vers MFA pour les données TRM et VNF, et de CPF vers CN puis vers MFA pour les Douanes. Le périmètre de marchandises prises en compte diffère du fait des niveaux de détail variables entre nomenclatures. **Les résultats des estimations des flux indirects sont par conséquent à interpréter avec une très grande précaution.**

Afin de permettre la comparaison des résultats des bilans de flux de 2021 et 2015, **certains éléments du bilan de 2015 ont été mis à jour**. Les résultats des bilans de flux de 2003 et 2010 n'ont pas été actualisés car les différences sont trop importantes dans les données et la méthodologie pour mener une comparaison pertinente (voir étude pour Paris ; CitéSource, 2019). Pour 2015, les mises à jour concernent :

- **extraction de biomasse** en tenant compte de l'outil *2020 EW-MFA questionnaire* pour les résidus utilisés et à partir de données de l'Agreste plus précises diffusées en juin 2023 (série rétrospective selon format similaire à celui demandé par Eurostat) ;
- **déchets de chantiers du BTP hors terres/matériaux excavés identifiés** d'après données de ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* ;
- **terres/matériaux excavés de chantiers du BTP identifiés** d'après données de ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* ;
- **déchets de chantiers du BTP non identifiés** : différence entre total gisement théorique (37 800 kt) selon ORDIF, 2021. *Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France* et autres déchets BTP observés ;
- **émissions atmosphériques de CO_2 et polluants** selon données diffusées pour 2015 par Airparif sur Energif / ROSE ;
- **flux d'équilibrage** (entrée et sortie) avec *2020 EW-MFA questionnaire* ;
- **flux indirects** avec les mêmes données que pour 2023 portant sur la France en 2019 (pas de données détaillées disponibles sur 2015).

Les **principales différences entre le bilan de flux régional en 2015 actualisé pour cette étude et le précédent bilan régional en 2015 réalisé en 2018** (Augiseau, Barles, 2018) sont :

- **consommation intérieure légèrement supérieure** (+4 %), du fait de la prise en compte de l'extraction de résidus de biomasse agricole ;
- **consommation en équivalent matières premières / empreinte matières inférieure** (-32 %), du fait de l'utilisation de coefficients plus faibles pour les importations et plus fortes pour les exportations ;
- **émissions vers la nature moindres** (-10 %), du fait de moindres émissions atmosphériques selon les données utilisées.

Concernant les **principales évolutions liées aux données disponibles**, on peut noter :

- **données sur l'extraction de biomasse agricole** désormais disponibles en ligne selon un format plus compatible avec le format MFA Eurostat ;
- **données sur le transport** plus difficilement accessibles (procédure de demande via le Comité du Secret Statistique pour les données TRM), format différent pour les données des Douanes (données en accès libre mais selon nomenclature CPF et non NST comme TRM, exige une conversion source d'incertitude) ;
- **données sur les consommations de produits pétroliers et gaz naturel** désormais plus précises.

Les **limites** suivantes sont toujours observées :

- absence de données sur la **production régionale de pétrole** (depuis 2009) ;
- absence de données sur le **fret ferré régional** (depuis 2006) ;
- double compte potentiel entre données sur le **transport routier et Douanes** (importations internationales dont une partie est réalisée après transit par la France) ;
- données sur les **déchets** demandent une interprétation pour être utilisées selon le format requis par la méthode Eurostat, source d'incertitude, pas de données sur 2021 disponibles hors DMA, déchets de chantiers selon gisement théorique qui présente une incertitude ;
- manque de données sur l'ensemble des **émissions de GES** en masse (données sur CO_2 uniquement ou total en équivalent CO_2 uniquement).

2.2.8. 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 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 13 et 61 %. Pour les exportations ces valeurs sont comprises entre 13 et 72 %. Ainsi que le montre le tableau 2.4, au niveau des catégories intermédiaires cependant, l'incertitude est moindre, avec une variation entre 13 et 35 % pour les importations et 13 et 36 % pour les exportations. L'utilisation des données TRM engendre donc une incertitude non négligeable qui invite à une grande prudence dans l'analyse des résultats.

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

	Données sur les importations depuis la France	**Données sur les exportations vers la France**
Biomasse agricole et sylvicole hors bois d'œuvre	**14**	**16**
Autres matières premières végétales ou animales	55	70
Fibres, fils et tissus naturels	48	65
Papier et cartons	29	34
Produits alimentaires	14	16
Matériaux de construction	**16**	**20**
Autres minéraux non métalliques et produits pour la construction	21	25
Bitumes et plastiques	42	61
Bois d'œuvre	29	32
Granulats	21	29
Produits métalliques pour la construction	48	56
Autres minéraux et produits issus de minéraux	**20**	**21**
Autres minéraux métalliques et produits à dominante métallique	20	21
Autres minéraux non métalliques et produits à dominante non métallique	61	72
Autres produits manufacturés	**21**	**23**
Autres produits manufacturés	23	25
Boissons et tabac	30	36
Produits de l'industrie textile et habillement	55	57
Divers	**13**	**13**
Engrais et produits chimiques	**35**	**36**
Ensemble des matières prises en compte	**10**	**10**

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 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. La prise en compte des données des Douanes peut engendrer des **doubles comptes avec les données sur le transport routier national** (DRIEF, 2004). De plus, une forte limite est liée au classement par catégorie de matières, les données étant diffusées selon une autre nomenclature que les données sur les transports routier et fluvial (CPF pour Douanes et NST 2007 pour les autres sources).

Enfin les données sur les **déchets d'activités économiques** 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.

2.3. Résultats de l'étude du bilan de flux de matières en 2021

La figure suivante montre les principaux résultats du bilan de flux de matières de la région Ile-de-France en 2021[5]. Elle est également consultable sous forme interactive en ligne : flux en kilotonne, flux en tonne par habitant.

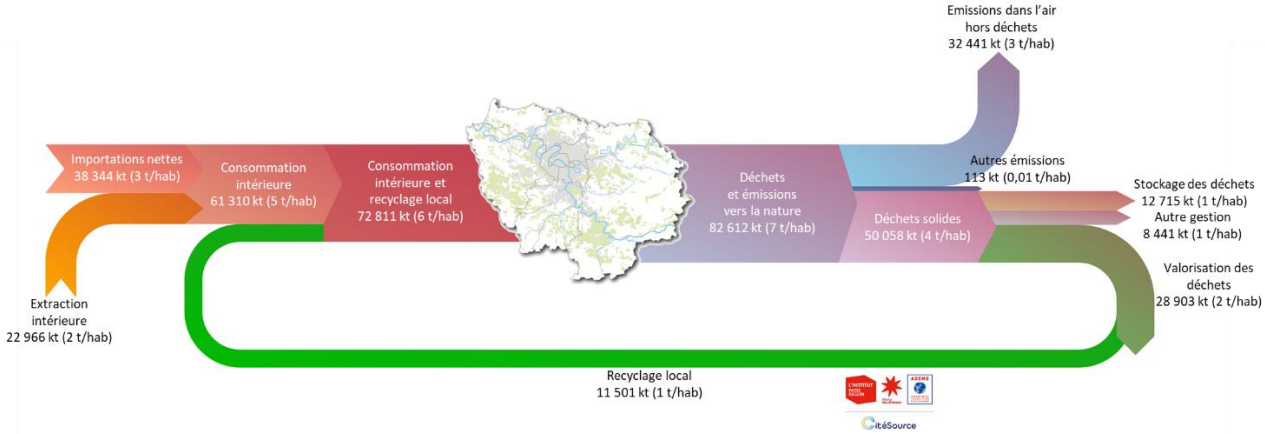


Figure 2.2. Flux de matières de la région Ile-de-France en 2021 selon le bilan de flux, kt et tonne par habitant

Source : cette étude (CitéSource)

4 points clés peuvent être observés :

- une **consommation intérieure de matières de 61 Mt**, soit une masse par habitant de **5,0 t/hab**, où dominent **matériaux de construction, produits agricoles et alimentaires et combustibles fossiles** ;
- une **extraction locale de matières premières** (production agricole, minéraux, bois, pétrole) de **23 Mt** (**1,9 t/hab**) représentant **37 % de la consommation** intérieure pour des **importations nettes de 38 Mt** (**3 t/hab**) ;
- une **production de déchets de 50 Mt** (**4,0 t/hab**) provenant pour **4/5 d'activités économiques** et dont **11,5 Mt** (**0,9 t/hab**) **sont recyclées localement** pour un total de **29 Mt** (**2,3 t/hab**) faisant l'objet d'une **valorisation matière ou énergétique** ;
- des **émissions de gaz à effet de serre et polluants hors incinération de déchets de 32 Mt** (**2,6 t/hab**) et un total d'**émissions vers la nature** (air, eau, sol) de **39 Mt** (**3,1 t/hab**).

[5] L'ensemble des déchets habituellement considérés, y compris les matériaux excavés (terres/déblais de chantiers du BTP) sont pris en compte ici. Les résultats selon le format Eurostat sont présentés dans le 2.3.1, paragraphe sur l'Empreinte matières.

2.3.1. Consommation de matières

Consommation intérieure

Le premier indicateur de matières que nous pouvons analyser est la **consommation intérieure** (*domestic material consumption* ou DMC selon Eurostat), qui correspond à la somme de l'extraction locale utilisée de matières premières brutes et des importations nettes (importations - exportations) de matières premières, produits semi-finis et finis depuis le reste de la France et d'autres pays. Les flux de déchets sont ici exclus (consommation dite corrigée).

Ainsi que le montre la figure suivante, la consommation intérieure de matières est estimée à **61 310 kt** et est composée pour 37 % de l'extraction locale (utilisée) et pour 63 % par les importations nettes.

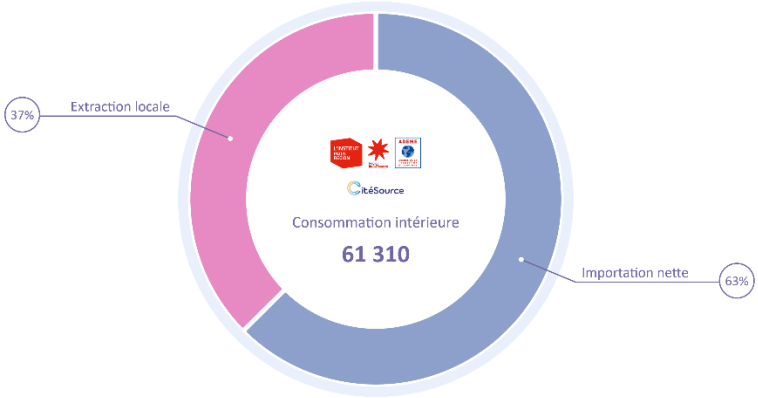


Figure 2.3. Parts de l'extraction et des importations nettes dans la consommation intérieure de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

La figure suivante montre la répartition de la consommation intérieure selon les catégories de matières définies pour cette étude[6]. On observe que trois grandes catégories de matières dominent : les matériaux de construction pour le BTP (granulats de carrières et autres matériaux), les produits agricoles et alimentaires et les combustibles fossiles (pétrole et gaz naturel en particulier).

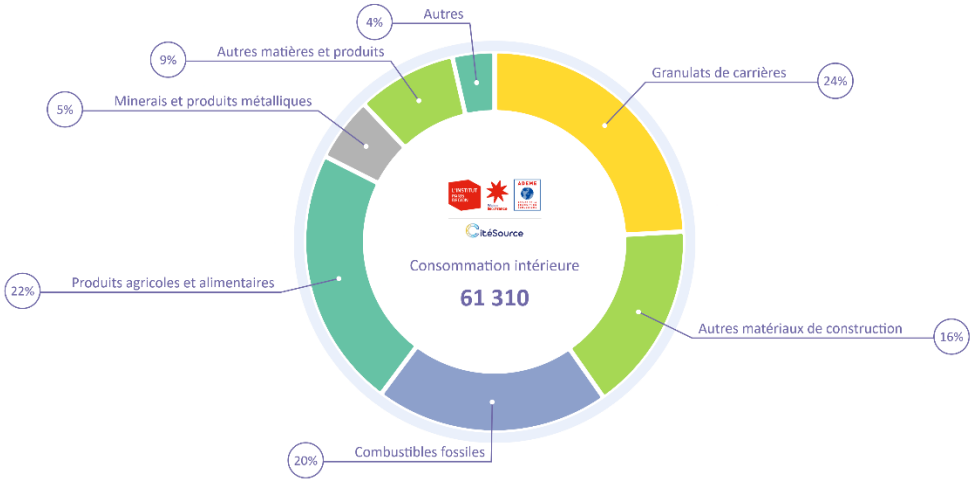


Figure 2.4. Parts des matières dans la consommation intérieure de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

Les principales caractéristiques de la consommation intérieure de l'Ile-de-France en 2021 sont **comparées avec la situation de la France en 2018** selon les estimations du CGDD-SDES (2021) pour l'année 2018 (dernières données disponibles à ce jour). Notons que deux des onze indicateurs clés définis par la CGDD pour suivre la circularité de l'économie de la France s'appuient sur la consommation intérieure : consommation intérieure par habitant et productivité matières (PIB rapporté à la consommation intérieure).

[6] Autres matières et produits : Minéraux non métalliques et produits à dominante non métallique hors matériaux de construction, boissons et tabac, produits de l'industrie textile et habillement, autres produits manufacturés, engrais et produits chimiques, marchandises diverses. Autres : Bois d'œuvre ; et Autre biomasse : Fibres, fils et tissus naturels, papier et cartons, autres matières premières végétales ou animales (hors bois d'œuvre et produits alimentaires). Voir détail dans les infographies en ligne.

La comparaison montre que la région Ile-de-France a une consommation par habitant nettement plus faible que celle de l'ensemble de la France. La productivité matières de la région est plus de quatre fois supérieure à celle de la France. Les matières formant sa consommation intérieure sont similaires à celle de la France, mais l'extraction locale occupe une place nettement plus faible.

Tableau 2.5. Comparaison des consommations intérieures de matières de l'Ile-de-France en 2021 et de l'ensemble de la France en 2018

	Ile-de-France en 2021	**France en 2018**	**Ile-de-France / France**
Population en milliers d'habitants	12 372	64 844	19 %
Consommation intérieure en Mt	61	774	8 %
Consommation intérieure par habitant en t/hab	5,0	11,6	43 %
PIB en M€	764 800	2 316 703	33 %
Productivité matières (PIB/consommation intérieure) en €/kg	12,5	3,0	416 %
Part de l'extraction locale dans la consommation intérieure en %	37	82	46 %
Principales matières composant la consommation intérieure	Matériaux : 41 % Produits alimentaires : 22 % Combustibles fossiles : 20 %	Matériaux : 50 % Produits alimentaires : 26 % Combustibles fossiles : 14 %	/

Source : cette étude (CitéSource), CGDD-SDES (2021), INSEE

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences observées :

- l'Ile-de-France est un **territoire densément peuplé** avec environ 1000 hab/km² contre environ 100 hab/km² pour toute la France, densité qui impacte l'indicateur de consommation par habitant ;
- la densité de population est associée à une **densité du bâti** et un moindre étalement urbain qui contribuent à limiter les consommations de matériaux de construction liés aux infrastructures dont les routes ;
- l'économie régionale est tournée vers le **tertiaire**, secteur à forte valeur ajoutée, avec une part des activités agricoles et industrielles (hors BTP) dans la valeur ajoutée totale environ deux fois moindres que pour toute la France[7], ce qui engendre une moindre consommation de matières dans ces secteurs, la consommation intérieure comprenant les pertes de matières premières (déchets agricoles et industriels) ;
- cette moindre production locale est compensée par des **importations de produits finis** qui génèrent des flux en Ile-de-France moindres (moindres pertes au sein du territoire).

[7] En 2018, parts dans la valeur ajoutée de l'agriculture de 0,1 % et de 8,4 % pour l'industrie en Ile-de-France, contre respectivement 1,9 et 13,7 % pour la France selon L'Institut Paris Region, INSEE, CCI Paris Ile-de-France (2021).

Consommation intérieure et recyclage local

L'indicateur consommation intérieure ne prend pas en compte le **recyclage local** de déchets dans la région (matières recyclées et consommées au sein du territoire). Avec ces matières, la consommation s'élève à 72 811 kt, dont 16 % de matières recyclées localement. Ainsi que le montre la figure suivante, il s'agit notamment de granulats recyclés. Dans cette consommation la production locale dont le recyclage (extraction locale et recyclage local) représente 47 % des flux.

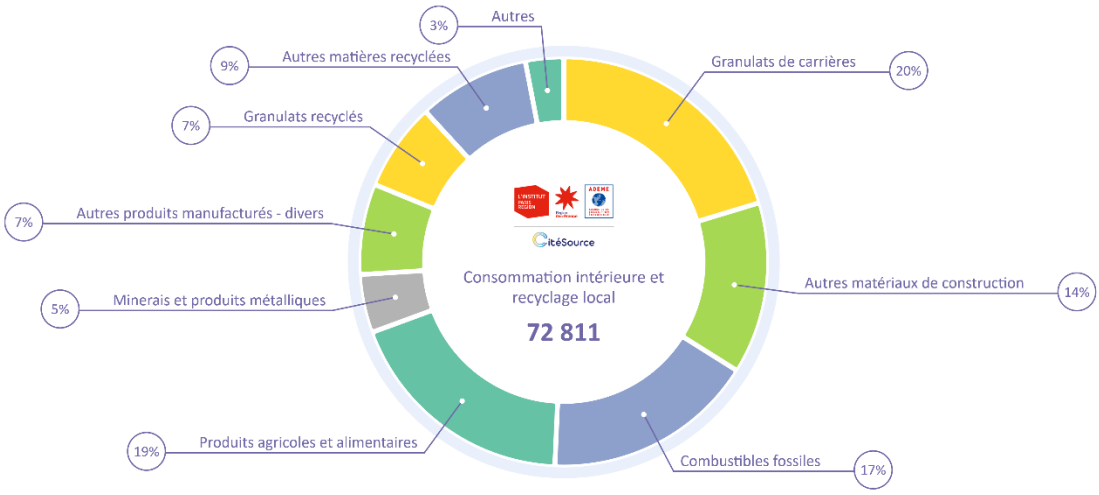


Figure 2.5. Parts des matières dans la consommation intérieure et le recyclage local de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

Empreinte matières

Un troisième indicateur permet de prendre en compte les flux indirects associés aux importations et exportations, afin de mieux prendre en compte l'impact du territoire sur l'ensemble du cycle de vie des matières consommées. Il s'agit de l'**empreinte matières** ou **consommation en équivalent matières premières, qui s'élève à 147 913 kt** (12,0 t/hab).

La figure suivante montre l'ensemble des flux entrant et sortant des activités socio-économiques franciliennes selon le format de la méthode Eurostat. Elle est également consultable sous forme interactive en ligne : flux en kilotonne, flux en tonne par habitant.

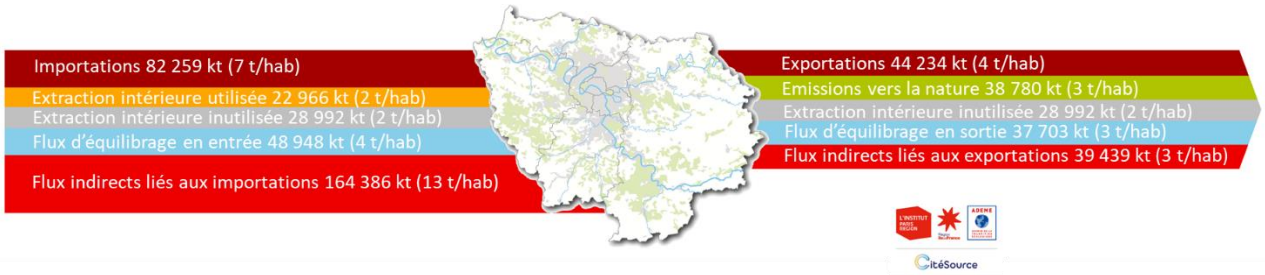


Figure 2.6. Bilan de flux de matières selon le format Eurostat de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

De même que la consommation intérieure par habitant, l'empreinte matières par habitant est l'un des onze indicateurs clés définis par la CGDD pour suivre la circularité de l'économie de la France. Le tableau suivant montre la **comparaison entre Ile-de-France et France**. On observe des valeurs très proches entre les territoires.

Tableau 2.6. Comparaison des empreintes matières de l'Ile-de-France en 2021 et de l'ensemble de la France en 2018

	Ile-de-France en 2021	**France en 2018**	**Ile-de-France / France**
Population en milliers d'habitants	12 372	64 844	19 %
Empreinte matières en Mt	148	901	16 %
Empreinte matières par habitant en t/hab	12,0	13,9	86 %

Source : cette étude (CitéSource), CGDD-SDES (2021), INSEE

Ces résultats sont tout d'abord à interpréter avec précaution, l'estimation de l'empreinte matières à une échelle régionale comportant une forte incertitude du fait du manque de données disponibles à une échelle régionale à ce jour (pour l'estimation plus précise de flux liés à des importations/exportations depuis/vers la France et non d'autres pays).

Cependant, on peut considérer qu'il est cohérent que l'empreinte matières de la région soit proche de celle de la France, les **compositions des consommations en termes de matières des deux territoires étant similaires** (voir tableau 2.5). En effet, ce sont surtout les métaux qui impactent l'empreinte matières, la production de ces derniers requérant notamment de fortes consommations (pertes de minéraux dans les mines, produits et eau utilisés pour séparer les matières, combustibles).

Notons que la révision par l'Eurostat depuis 2018 de la méthode d'estimation des flux indirects a engendré une forte baisse de l'estimation de l'empreinte matières. Cette dernière était estimée pour la France en 2010 à 26 t/hab lors d'une étude réalisée en 2015 par le SoeS, contre 12 t/hab seulement pour le SDES en 2018.

2.3.2. Extraction locale

23 Mt (5 t/hab) de biomasse agricole, granulats et autres minéraux, bois et pétrole ont été extraites des champs, forêts et du sous-sol du territoire en 2021 (extraction intérieure utilisée). Ainsi que le montre la figure suivante, il s'agit principalement de minéraux pour les chantiers du BTP et notamment de **granulats**. Ces derniers sont utilisés pour la production de béton, d'enrobé bitumineux et en terrassement et remblais. Le gypse, matière première du plâtre, est le second minéral pour la construction extrait, devant le bois d'œuvre qui ne représente que 32 kt.

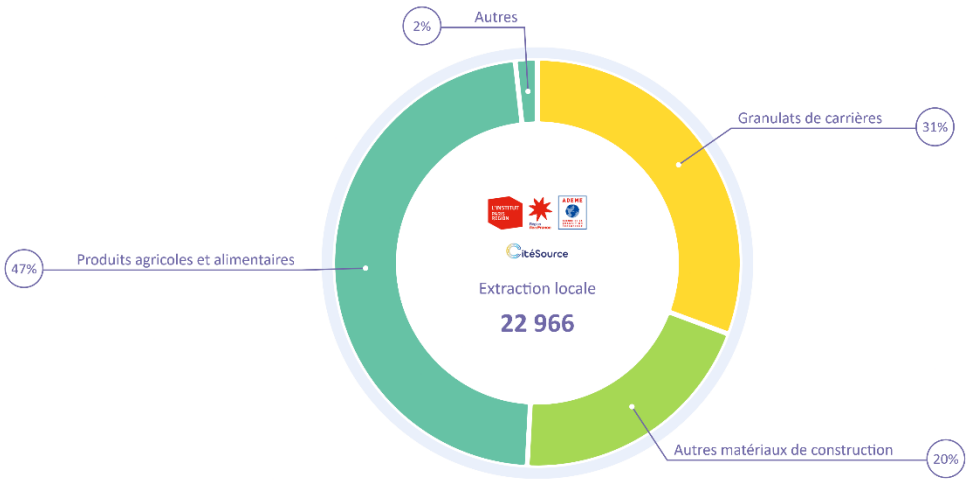


Figure 2.7. Parts des matières extraites des champs, forêts et du sous-sol du territoire en 2019, %
Source : cette étude (CitéSource)

Au sein de la production agricole, les **grandes cultures** industrielles dominent, avec la betterave sucrière (31 %) et les céréales dont le blé (28 %). Les résidus de récolte dont la paille forment 28 % de la production agricole (extraction considérée comme utilisée par Eurostat). Fruits et légumes ne forment qu'1 % de cette dernière. Les autres extractions représentent 2 % de l'extraction totale régionale avec 70 kt de bois énergie et industrie (notamment pour la production de papier et carton) et de l'ordre de 300 kt de pétrole.

A cette extraction dite utilisée est associée une **extraction intérieure dite inutilisée** selon la méthode Eurostat. Celle-ci s'élève à 28 992 kt (2 t/hab). Elle comprend des morts-terrains de carrières (6 %) et de la biomasse agricole récoltée mais non utilisée au sens de la méthode Eurostat (28 %). Les flux de matériaux excavés (terres, déblais) issus des chantiers du BTP sont également considérés comme une extraction inutilisée selon cette méthode et ils forment 66 % des flux.

La production agricole ne couvre qu'une faible part de la consommation de la région. Si la part de cette dernière n'est pas estimée ici, du fait de la difficulté de différencier matières premières, produits semi-finis et produits finis, les modélisations réalisées par l'association Les Greniers d'Abondance[8] à partir des surfaces agricoles uniquement en 2020 montrent que **12 % seulement de la consommation pourrait en théorie être couverts par la production locale**. Ce taux est de 2 % pour les fruits et légumes. Ces estimations en surface (hectare) sont représentées dans la figure suivante.

[8] Modélisations de CRATer pour la région Ile-de-France : https://crater.resiliencealimentaire.org/diagnostic/ile-de-france/indicateurs/adequation-theorique-production-consommation

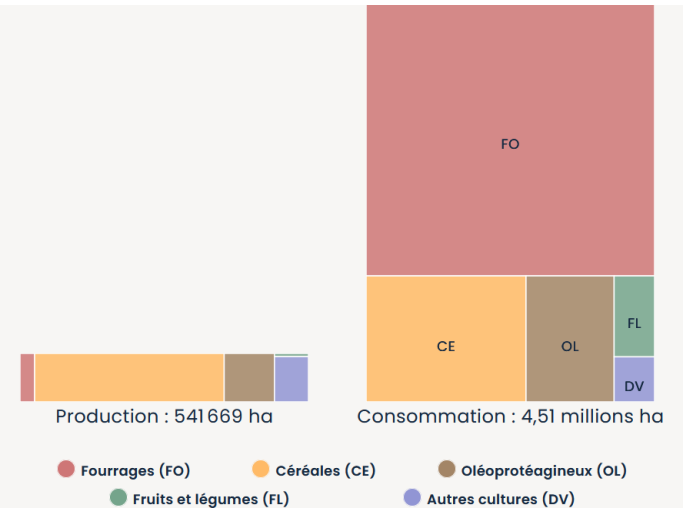


Figure 2.8. Production agricole et consommation de la région Ile-de-France selon CRATer en 2020 en surface (ha)

Source : CRATer

2.3.3. Importations

82 259 kt (7 t/hab) de matières premières, produits semi-finis et finis ont été importées par la région en 2021 pour 44 234 kt (4 t/hab) exportées. Les **importations nettes s'élèvent ainsi à 38 344 kt** (3 t/hab). La figure suivante montre les parts des matières dans ces flux.

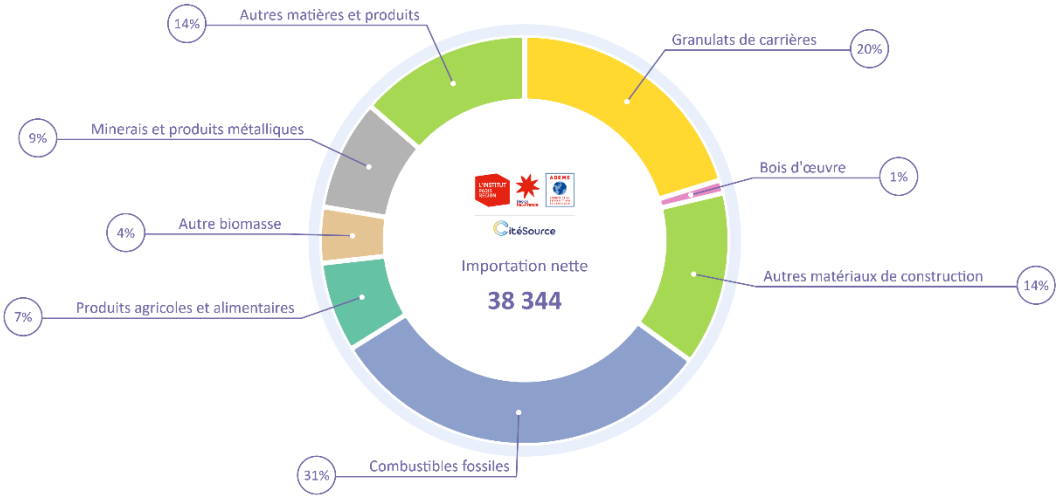


Figure 2.9. Parts des matières dans les importations nettes de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

Le **transport routier** domine nettement dans le transport des matières importées, 50 % de ces dernières arrivant depuis la France par la route, ainsi qu'une part des 25 % de marchandises importées depuis l'étranger. Le transport par oléoduc ou gazoduc représente 14 % des importations. Si la part du fret ferré ne peut être estimée précisément à une échelle régionale depuis 2006, elle est vraisemblablement faible (6 % selon cette étude).

L'**origine première des matières importées** ne peut être déterminée directement à partir des données disponibles. En effet, les statistiques sur le transport routier, fluvial ou enregistrées par les Douanes indiquent le dernier département, pays ou port de chargement des marchandises, et non la première origine (où les fruits et légumes ont été récoltés par exemple). Des pays comme la Belgique ou les Pays-Bas occupent ainsi une forte part dans les importations internationales, du fait de l'importance de ports comme Anvers et Rotterdam dans les chaînes logistiques. Ce biais n'a pas pu être corrigé ici, par manque de données sur l'ensemble des départements de France qui auraient permis d'estimer des origines dites d'ordre 2 (voir résultats du projet de recherche CONFLUENT). De plus les importations par voie ferrée, et donc l'origine de ces flux, ne font pas l'objet de statistiques régionales et sont inconnus.

Malgré ces limites, il est possible d'observer les dernières origines des importations selon les groupes de matières. **5 espaces** sont distingués ici :

- l'Ile-de-France : extraction intérieure utilisée (récoltes agricole et sylvicole, extraction de minéraux, extraction de pétrole) et recyclage local ;
- les 8 départements limitrophes de la région : Eure, Eure-et-Loir, Loiret, Yonne, Aube, Marne, Aisne, Oise[9] ;
- les 88 autres départements de France métropolitaine[10] ;
- les 9 pays limitrophes de la France (Italie, Suisse, Allemagne, Belgique, Espagne, Luxembourg, Andorre, Monaco) ainsi que les Pays-Bas, pays proche de la région Ile-de-France et dont est issue une part importante des importations observables (importations internationales transitant par le port de Rotterdam, distance d'environ 450 km par la route de ce port à Paris) ;
- les 21 autres pays membres de l'Union Européenne en 2021 (hors Royaume-Uni) ;
- les autres pays.

Par ailleurs, les consommations de **pétrole et gaz** n'étant pas estimées à partir de données sur le transport, l'origine de ces matières ne peut être connue. Des données portant sur l'ensemble de la France sont donc utilisées, en faisant l'hypothèse d'une faible variation entre les origines de la France et celles de la région. Par cohérence, la même approche est appliquée pour le **charbon**. Pour le pétrole, il s'agit de données diffusées en ligne par l'INSEE et dont les sources sont : SDES, enquête auprès des raffineurs ; LyondellBasell (condensats pour la pétrochimie) ; Douanes (part non- bio des additifs)[11]. Pour le gaz et le charbon, il s'agit du Bilan énergétique de la France par le SDES diffusé dans les *Chiffres clés de l'énergie Édition 2023*. Les origines indiquées sont les pays d'extraction des combustibles (première origine).

[9] Les données VNF n'indiquent pas des départements comme origine mais des espaces regroupant plusieurs départements. Sont également inclus ici l'ensemble des espaces suivants distingués par VNF : Champagne-Ardenne, Picardie, Haute-Normandie, Centre, Bourgogne. Ces espaces comprennent des départements qui ne sont pas limitrophes, mais on fait l'hypothèse que les flux depuis les départements limitrophes sont majoritaires.
[10] Sont inclus les espaces suivants distingués par VNF : Nord Pas-de-Calais, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur.
[11] En ligne (février 2024) : https://www.insee.fr/fr/statistiques/2119697

La figure suivante montre la part des entrées de matières dont le recyclage local dans les activités de la région Ile-de-France selon les 5 espaces distingués ici pour toutes les matières et selon les grandes catégories de matières distinguées dans cette étude (transport national routier ou fluvial, importations internationales).

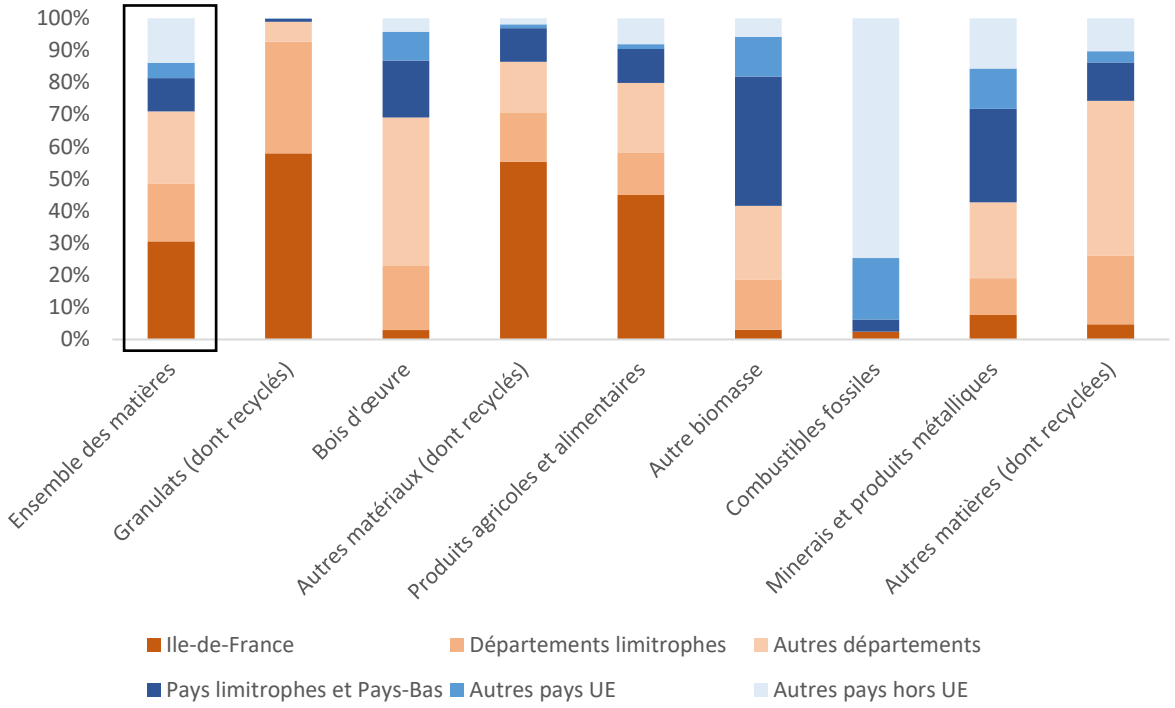


Figure 2.10. Origines observées des flux entrant dans les activités de la région Ile-de-France en 2021 (transport national routier ou fluvial, importations internationales), %

Source : cette étude (CitéSource)

On observe que pour l'**ensemble des matières** (barre de gauche), les matières extraites et recyclées en Ile-de-France représentent environ le tiers des entrées, pour des importations depuis la France d'environ 40 % et des importations internationales d'environ 30 %. Ces valeurs indiquent une dépendance de la région envers d'autres territoires pour couvrir sa consommation. Cependant les importations comprennent des flux de transit, la région Ile-de-France étant un nœud logistique majeur en France et en Europe. Aussi, toutes les importations observées ne correspondent pas à des flux destinés à être consommés en Ile-de-France. Il en est de même des productions locales (extraction utilisée).

L'éloignement par rapport à la région des dernières origines observées varie fortement selon les matières. Les **granulats**, matériaux pondéreux et à faible valeur ajoutée, proviennent pour environ 50 % du sous-sol régional et environ 35 % de départements limitrophes. Les importations internationales (surtout depuis la Belgique) sont très faibles (1 %). Le bois d'œuvre est peu produit en Ile-de-France et a une origine observée majoritairement de France, de départements non limitrophes à la région (Est de

la France notamment). Les autres matériaux comprennent une forte part de minéraux dont la situation s'apparente en partie à celle des granulats[12].

La région comprend une **production agricole** non négligeable qui représente environ 50 % des entrées, tandis que les autres départements français en couvrent le tiers. Environ 20 % des entrées proviennent d'autres pays, dont la Belgique et l'Espagne. La part des importations internationales est beaucoup plus forte pour les autres matières issues de biomasse, et notamment le papier et le carton importés pour plus de 50 %.

Les **combustibles fossiles** proviennent pour 98 % de l'étranger et pour 75 % de pays hors de l'Union Européenne. En 2021, l'Afrique représente 37 % des importations de pétrole avec des flux issus d'Algérie, du Nigéria et de Libye. La Norvège domine dans les importations de gaz naturel en 2021, avec 32 % des importations totales, suivie par la Russie (22 %). Ce dernier pays domine également dans les importations de charbon (30 %), suivi par l'Afrique du Sud (28 %). Notons que depuis la guerre en Ukraine déclenchée le 24 février 2022, la France cherche à réduire la part de la Russie dans ses approvisionnements énergétiques.

Dans les **minerais et produits métalliques**, des pays comme la Belgique ou l'Allemagne se distinguent, avec une production d'acier notamment issue de matières recyclées, mais également probablement des flux ayant transité par les grands ports maritimes. Les autres matières (barre de croite) comprennent notamment des engrais et produits chimiques importées en majorité depuis d'autres pays et notamment d'Ukraine.

[12] L'origine des matériaux utilisés dans le BTP en France et son évolution sont analysées dans cet article : https://www.researchgate.net/profile/Vincent-Augiseau/publication/359046163_Des_ressources_locales_pour_un_secteur_de_la_construction_circulaire_un_etat_des_lieux_sur_le_cas_de_la_France/links/622486a484ce8e5b4d0b702d/Des-ressources-locales-pour-un-secteur-de-la-construction-circulaire-un-etat-des-lieux-sur-le-cas-de-la-France.pdf

2.3.4. Déchets et émissions vers la nature

Déchets : matières et activités

50 058 kt (**4,0 t/hab**) de déchets solides ont été générées par les activités de la région en 2021. Ainsi que le montre la figure suivante, les **activités économiques** représentent 87 % des flux. Il s'agit en particulier du BTP dont les **déchets de chantiers** ont généré 76 % des flux totaux.

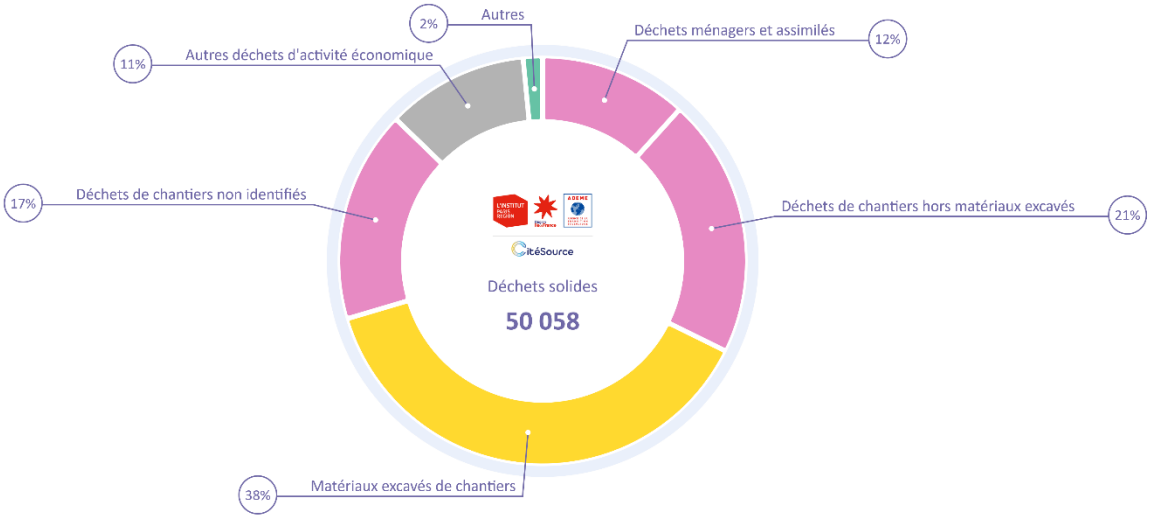


Figure 2.11. Parts des types de déchets générés par la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

37,8 Mt de déchets de chantiers ont été généré dans la région en 2021 (en considérant les données disponibles pour 2018 et 2020)[13]. Parmi ces déchets, les **matériaux excavés** (terres, déblais) dominent avec 19 Mt, suivis par les autres déchets identifiés composés majoritairement de matériaux inertes dont les débris de béton avec 10,3 Mt. 8,4 Mt de déchets n'ont pas été observés lors de l'enquête menée par l'ORDIF et la Région Ile-de-France pour le suivi du PRPGD auprès des installations de gestion des déchets (dont les installations de stockage et carrières). Ils sont désignés ici comme déchets de chantiers non identifiés.

Les autres déchets d'activités économiques (déchets industriels notamment) forment 11 % des flux pris en compte ici, tandis que les déchets ménagers et assimilés 12 % seulement. Parmi les autres déchets, figurent les déchets ménagers ou professionnels faisant l'objet d'une collecte dans le cadre de filières à responsabilité élargie des producteurs (REP), avec 1 % des flux et les boues de station d'épuration (0,4 %).

[13] Est considéré ici le gisement dit « théorique » de déchets de chantiers (37 800 kt) indiqué dans les rapports de suivi du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France. Parfois les données sur les déchets communiquées par l'ORDIF ou la Région IdF ne prennent en compte que les déchets de chantiers dont la gestion est identifiée (entrée observée en installation de gestion).

Cette prédominance des déchets de chantiers est également observée pour la France en 2020, ainsi que le montre le tableau suivant[14]. On observe de très faibles **différences entre la région et l'ensemble de la France**, à l'exception de flux moindres en Ile-de-France pour les activités économiques. Cette différence peut notamment être reliée à la moindre part des activités industrielles et agricoles en Ile-de-France déjà notée (voir 2.3.1).

Tableau 2.7. Comparaison des déchets de l'Ile-de-France en 2021 et de l'ensemble de la France en 2020

Déchets	**Ile-de-France (2021)**		**Ensemble France (2020)**	
	t/hab	**%**	**t/hab**	**%**
Déchets ménagers et assimilés	0,5	13	0,5	12
Déchets de chantiers du BTP	3,1	76	3,2	75
Déchets d'activités hors BTP	0,5	11	0,6	13
Boues de stations d'épuration (matières sèches)	0,01	0,4	0,02	0,4
Ensemble des déchets pris en compte	**4,0**	**100**	**4,2**	**100**

Source : cette étude (CitéSource), SDES (2023), Portail assainissement collectif (2023)

Gestion des déchets

Comme le montre la figure suivante, près des **58 % du total des déchets solides** générés en 2021, y compris ceux pour lesquels la gestion est inconnue, font l'objet d'une **valorisation matière** (recyclage, réaménagement de carrières, valorisation organique) ou **énergétique identifiée** dans le suivi du PRPGD par l'ORDIF et la Région, soit 28,9 Mt valorisées (2,3 t/hab).

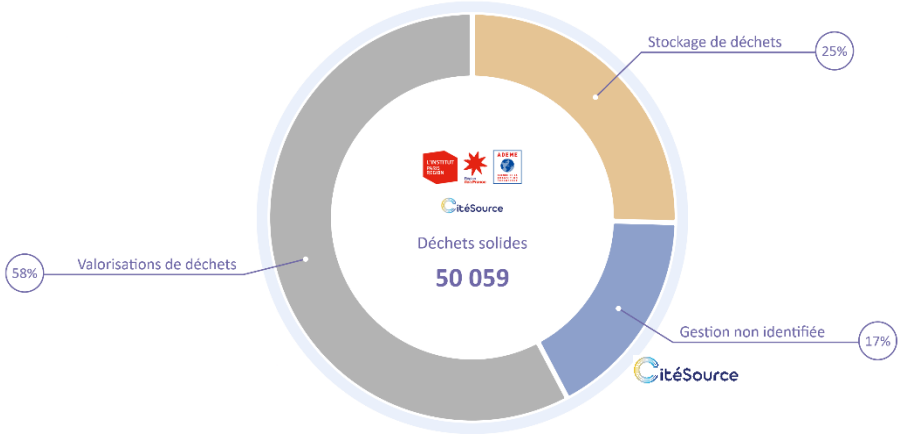


Figure 2.12. Parts des modes de gestion des déchets du territoire en 2021, %

Source : cette étude (CitéSource)

[14] Sources : SDES (2023) pour les DMA et DAE : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/la-production-et-le-recyclage-des-dechets-en-2020-et-2021-en-france-synthese-des-connaissances-en. Portail assainissement collectif pour les boues de stations d'épuration : https://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/pages/data/StatNat.php#

Si l'on ne tient compte que des **déchets pour lesquels la gestion est connue** (41,7 Mt), le taux de valorisation matière et énergétique est de **69 %**. La **valorisation des déchets (dans ou hors région)** est réalisée pour 41 % par l'utilisation de déchets inertes de chantiers (terres surtout) pour le **réaménagement de carrières** ou l'aménagement d'installation de stockage de déchets. Le recyclage représente 40 % de la valorisation, avec notamment la production de granulats recyclés à partir de débris de démolition. 16 % de la valorisation est assurée par la production d'énergie, et concerne surtout les déchets ménagers et assimilés. 782 kt ont fait l'objet d'une valorisation organique (compostage).

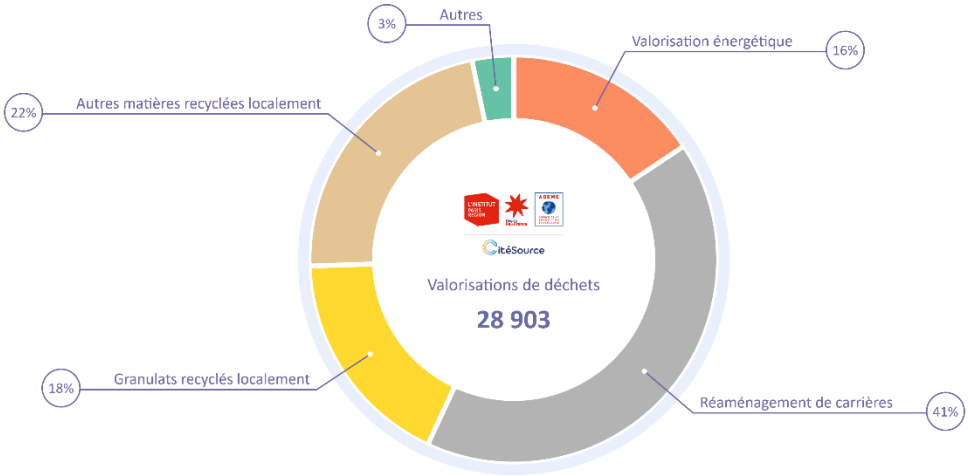


Figure 2.13. Parts des valorisations de déchets de la région Ile-de-France en 2021

Source : cette étude (CitéSource)

Les données disponibles sur la **gestion des déchets en Ile-de-France en 2021 (données portant surtout sur 2018) et en France en 2020** indiquent une valorisation moindre en Ile-de-France, en particulier pour le recyclage. On peut néanmoins considérer qu'il s'agit d'un biais des données sur l'Ile-de-France, les flux destinés au recyclage hors Ile-de-France étant difficiles à identifier, notamment pour les déchets de chantiers. La différence est également probablement liée au traitement pour cette étude des données disponibles sur les déchets en Ile-de-France, ces informations étant présentées par catégories et sous-catégories réglementaires de déchets, faire la somme de l'ensemble du recyclage en Ile-de-France et hors Ile-de-France est difficile.

Tableau 2.8. Comparaison de la gestion des déchets de l'Ile-de-France en 2021 et de l'ensemble de la France en 2020, %

	Ile-de-France (2021)	**France (2020)**
Recyclage	28	50
Réaménagement de carrières	29	18
Valorisation énergétique	11	8
Stockage *	31	21
Autres **	2	2
Ensemble	**100**	**100**

* France : Stockage et épandage

** Ile-de-France : Valorisation de matières organiques ; France : Incinération sans récupération d'énergie

Source : cette étude (CitéSource), SDES (2023)

Un autre indicateur permet de comparer Ile-de-France et ensemble de la France en 2017 (dernière valeur disponible). Il s'agit du **taux d'utilisation circulaire** défini par le CGDD-SDES (2021) comme : « le rapport entre l'utilisation circulaire de matériaux et l'utilisation globale des matériaux. L'utilisation globale des matières est mesurée en additionnant la consommation intérieure de matières (DMC) et l'utilisation circulaire des matériaux. L'utilisation circulaire des matières est estimée par la quantité de déchets recyclés dans les installations de valorisation nationales, moins les déchets importés destinés à la valorisation, plus les déchets exportés vers l'étranger ». Ainsi que le montre le tableau suivant, le taux serait légèrement moindre pour l'Ile-de-France. Cependant, il peut s'agir d'un biais des données disponibles sur la gestion des déchets de l'Ile-de-France et de leur traitement pour cette étude.

Tableau 2.9. Comparaison des taux d'utilisation circulaire de matières de l'Ile-de-France en 2021 et de l'ensemble de la France en 2017

	Ile-de-France (2021)	**France (2017)**	**Ile-de-France / France**
Taux d'utilisation circulaire de matières	**16,0**	**18,6 %**	**86 %**

Source : cette étude (CitéSource), SDES (2023)

Emissions vers la nature dont gaz à effet de serre

Les activités de la région ont engendré en 2021 un total de 39 Mt (3,1 t/hab) d'émissions dites vers la nature (air, eau, sol) dans le territoire. Parmi ces flux, dominent les **émissions en Ile-de-France de gaz à effet de serre** (scopes 1 et 2) et de polluants, avec 34,5 Mt (2,8 t/hab) dont 32 Mt (2,6 t/hab) hors incinération des déchets. Selon les données d'AIRPARIF (ROSE/Energif), le transport routier génère près du tiers des émissions de GES en Ile-de-France. Les émissions liées aux activités résidentielles (chauffage surtout) génèrent également près du tiers des émissions.

4,2 Mt de **déchets hors matériaux excavés ont été enfouis** dans la région Ile-de-France en 2021 et entrent dans ces émissions dites vers la nature. 94 kt d'engrais ont été épandues et forment des émissions dites dissipatives. 19 kt de matières organiques ont été émises dans les cours d'eau à l'issue du traitement des eaux usées dans les stations d'épuration. D'autres émissions vers la nature ne sont pas comptabilisées généralement dans l'indicateur défini par l'Eurostat : il s'agit des matériaux excavés enfouis dans le territoire, qui représentent pour 2021 8,2 Mt.

2.4. Evolution du métabolisme francilien entre 2015 et 2021 selon le bilan de flux de matières

Afin de pouvoir comparer les bilans de flux de matières pour les années 2015 et 2021, **des corrections ont été apportées au bilan de 2015** qui avait été réalisé en 2018 (Augiseau et Barles, 2018). Ces corrections et leur impact sur le bilan de flux sont présentés dans le point 2.2.7.

2.4.1. Bilan de flux de matières en 2015 actualisé

La figure suivante montre les principaux résultats du bilan de flux de matières de la région Ile-de-France en 2015 mis à jour pour cette étude. Elle est également consultable sous forme interactive en ligne : flux en kilotonne, flux en tonne par habitant.

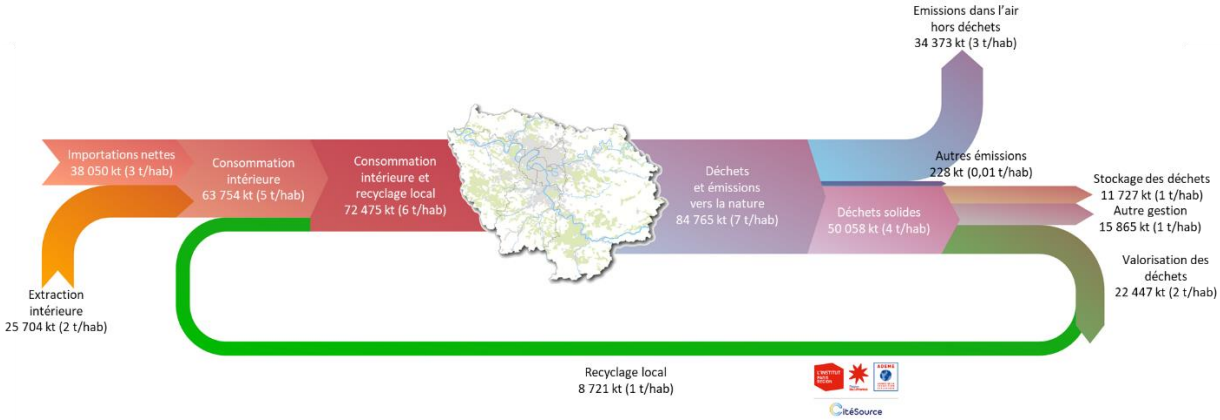


Figure 2.14. Flux de matières de la région Ile-de-France en 2015 selon le bilan de flux, kt et tonne par habitant

Source : cette étude (CitéSource)

La figure suivante montre l'ensemble des flux entrant et sortant des activités socio-économiques franciliennes en 2015 selon le format de la méthode Eurostat. Elle est également consultable sous forme interactive en ligne : flux en kilotonne, flux en tonne par habitant.

Figure 2.15. Bilan de flux de matières selon le format Eurostat de la région Ile-de-France en 2015

Source : cette étude (CitéSource)

2.4.2. Consommation

Consommation intérieure

Le tableau suivant présente les consommations intérieures par grande catégorie de matières en 2021 et 2015. On observe un **léger recul de la consommation intérieure** de l'ensemble des matières en kt (-2,7 %). Ce recul concerne les matériaux, produits alimentaires et combustibles et est plus marqué pour les produits alimentaires (moindres importations nettes). La population francilienne a connu une légère croissance entre 2015 et 2021 (+2,5 %), ce qui engendre un recul plus marqué pour l'indicateur tonne par habitant. Ainsi la consommation intérieure par habitant a diminué de 5 %.

Tableau 2.10. Comparaison des consommations intérieures en 2021 et en 2015

	2021			2015			Masse 2021 / Masse 2015	
	kt	t/hab	%	kt	t/hab	%	kt	t/hab
Matériaux de construction	25 122	2,0	41	25 724	2,1	41	-2,3 %	-4,7 %
Produits alimentaires	13 622	1,1	22	15 035	1,2	24	-9,4 %	-11,6 %
Combustibles fossiles	12 223	1,0	20	12 484	1,0	20	-2,1 %	-4,4 %
Autres	10 344	0,8	17	9 755	0,8	15	+6,0 %	3,5 %
Ensemble	**61 311**	**5,0**	**100**	**62 999**	**5,2**	**100**	**-2,7 %**	**- 5 %**

Source : cette étude (CitéSource)

Consommation intérieure et recyclage local

La prise en compte du recyclage local permet de mieux prendre en compte l'ensemble des matières utilisées. On observe une **consommation avec recyclage qui augmente légèrement** en kt (+1,5 %). Cependant la **consommation avec recyclage par habitant recule** : -0 ,9 %. Selon les données utilisées dans cette étude et leur traitement, le recyclage local a sensiblement augmenté entre 2015 et 2021.

Tableau 2.11. Comparaison des consommations intérieures en 2021 et en 2015[15]

	2021			2015			2021/2015	
	kt	t/hab	%	kt	t/hab	%	kt	t/hab
Consommation intérieure	61 311	5,0	84	62 999	5,2	88	-2,7 %	-5,0 %
Granulats recyclés	5080	0,4	7	4250	0,4	6	19,5 %	16,7 %
Autres matières recyclées	6421	0,5	9	4471	0,4	6	43,6 %	40,2 %
Ensemble	**72 812**	**5,9**	**100**	**71 720**	**5,9**	**100**	**1,5 %**	**-0,9 %**

Source : cette étude (CitéSource)

Le **taux d'utilisation circulaire** qui rapporte le recyclage local à la consommation intérieure et ce recyclage (voir 2.3.4) a augmenté entre 2015 et 2021 : il est passé de 12,3 % à 15,8 %, soit une hausse de 28 %.

[15] Les autres matières recyclées incluent ici les déchets autres que les granulats faisant l'objet d'une valorisation matière dans la région : DAE hors déchets de chantiers : 3 209 kt ; DMA (dont mâchefers) : 949 kt ; Filières REP prises en compte : 332 kt ; Déchets de chantiers (hors granulats) : 1 930 kt. Ces valeurs ont été définies à partir des documents sources sur la gestion des déchets cités dans le rapport.

Empreinte matières

L'empreinte matières permet de prendre en compte les flux indirects associés aux importations et exportations. Rappelons qu'une nouvelle méthode d'estimation de ces flux a été développée depuis 2018, ce qui a engendré une forte chute des flux estimés pour l'Ile-de-France par rapport à la précédente étude sur 2015 réalisée début 2018 (20 t/hab estimé pour 2015 en 2018). Ainsi que le montre le tableau suivant, l'**empreinte matières de la région aurait légèrement chuté** depuis 2015 en kt : - 3,4 %. Ce recul est plus marqué pour l'empreinte par habitant : - 5,7 %.

Tableau 2.12. Comparaison des empreintes matières en 2021 et en 2015

	2021		2015		2021/2015	
	kt	**t/hab**	**kt**	**t/hab**	**kt**	**t/hab**
Empreinte matières	147 913	12,0	153 080	12,7	-3,4 %	-5,7 %

Source : cette étude (CitéSource)

2.4.3. Extraction locale et émissions

Extraction locale

Le tableau suivant montre les extractions intérieures utilisées de matières en 2021 et 2015. On observe un **recul de l'ensemble des matières extraites** : - 11 %. Cette chute concerne notamment les granulats de carrières et le bois d'œuvre. Les récoltes agricoles en revanche sont stables.

Tableau 2.13. Comparaison des extractions intérieures de matières en 2021 et en 2015

	2021		2015		2021/2015	
	kt	**t/hab**	**kt**	**t/hab**	**kt**	**t/hab**
Granulats de carrières	7 042	0,6	10 138	0,8	-31 %	-32 %
Bois d'œuvre	32	0,0	44	0,0	-27 %	-29 %
Autres minéraux pour la construction	4 625	0,4	3 996	0,3	16 %	13 %
Combustibles fossiles	300	0,0	406	0,0	-26 %	-28 %
Produits agricoles et alimentaires	10 897	0,9	11 015	0,9	-1 %	-3 %
Autre biomasse	70	0,0	105	0,0	-33 %	-35 %
Ensemble	**22 966**	**1,9**	**25 704**	**2,1**	**-11 %**	**-13 %**

Source : cette étude (CitéSource)

Concernant les granulats de carrières, et en particulier les granulats alluvionnaires (issus des lits de cours d'eau) et le bois d'œuvre, la chute observée se situe dans la **continuité de la tendance depuis une quarantaine d'années** qui avait déjà été notée en 2013, ainsi que le montre la figure suivante.

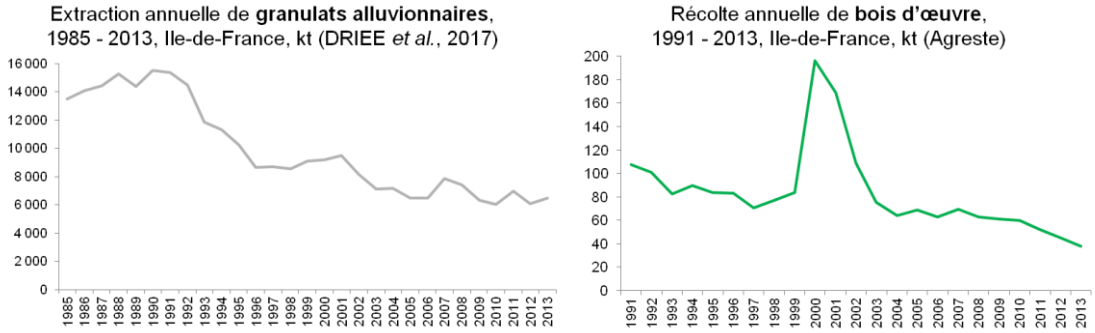


Figure 2.13. Extraction de granulats alluvionnaires et récolte de bois d'œuvre en Ile-de-France jusqu'en 2013, kt
Source : DRIEE *et al*. (2017) et Agreste

La comparaison des flux de granulats y compris le recyclage local permet d'observer une **substitution partielle des granulats de carrières extraits en Ile-de-France (-31 % extraits) par des granulats issus du recyclage local de débris de chantiers (+ 20 %)**. La part des granulats de carrières franciliennes dans la consommation totale de granulats a chuté de 9 %, tandis que celle des granulats recyclés a augmenté de 6 %. Les importations ont légèrement augmenté (2 %).

Tableau 2.16. Comparaison des flux de granulats en 2021 et en 2015

	2021			2015			Masse 2021 / Masse 2015	
	kt	t/hab	%	kt	t/hab	%	kt	t/hab
Extraction de granulats de carrières	7 042	0,6	35	10 138	0,8	46	-31 %	-32 %
Importations nettes de granulats de carrières	7 756	0,6	39	7 451	0,6	34	4 %	2 %
Granulats recyclés	5 080	0,4	26	4 250	0,4	19	20 %	17 %
Ensemble	**19 878**	**1,6**	**100**	**21 839**	**1,8**	**100**	**-9 %**	**-11 %**

Source : cette étude (CitéSource)

Déchets et émissions vers la nature

Le tableau suivant montre la production de déchets de l'Ile-de-France en 2021 et 2015. On observe un **très léger recul pour l'ensemble des déchets**, recul plus marqué en tonne par habitant (-3 %). La baisse montrée ici des déchets ménagers et assimilés et compensée par une hausse de la collecte de déchets, notamment ménagers, collectés dans le cadre de filières REP.

Tableau 2.15. Comparaison de la production de déchets en 2021 et en 2015

	2021		2015		2021/2015	
	kt	t/hab	kt	t/hab	kt	t/hab
Déchets ménagers et assimilés	5 860	0,5	6 409	0,5	-9 %	-11 %
Déchets de chantiers	37 800	3,1	37 800	3,1	0 %	-2 %
Autres déchets d'activité économique	5 630	0,5	5 705	0,5	-1 %	-4 %
Filières REP	591	0,05	101	0,01	484 %	470 %
Boues de stations d'épuration	177	0,01	149	0,01	19 %	16 %
Ensemble déchets générés	**50 058**	**4,0**	**50 163**	**4,2**	**-0,2 %**	**-3 %**

Source : cette étude (CitéSource)

Le tableau suivant montre les émissions vers la nature selon la méthode du bilan de flux de matières. Les flux de matériaux excavés (terres) de chantiers du BTP enfouis ne sont pas comptés ici. On observe un **recul des émissions totales (-19 %)**, lié surtout à un moindre enfouissement local de déchets. Ceci est cohérent avec la hausse déjà notée de la production locale de granulats recyclés, d'autres matériaux dont le plâtre et les enrobés bitumineux étant par ailleurs mieux recyclés en 2021. Les émissions dans l'air ont connu un léger recul (-4 %), ce qui est cohérent avec la chute déjà notée de la consommation de combustibles fossiles.

Tableau 2.16. Comparaison des émissions vers la nature en 2021 et en 2015

	2021		2015		2021/2015	
	kt	t/hab	kt	t/hab	kt	t/hab
Stockage local de déchets	4 186	0,3	11 727	1,0	-64	-65
Emissions dans l'air	34 481	2,8	36 013	3,0	-4	-7
Rejets dans l'eau	19	0,002	24	0,002	-21	-23
Emissions dissipatives	94	0,01	204	0,02	-54	-55
Ensemble émissions locales vers la nature	**38 780**	**3,1**	**47 968**	**4,0**	**-19**	**-21**

Source : cette étude (CitéSource)

2.4.4. Synthèse des grandes évolutions observables

Les paragraphes précédents font ressortir **deux éléments de tendance positifs au regard de l'objectif des collectivités et acteurs publics franciliens de développement de stratégies d'économie circulaire**. Tout d'abord un **léger recul de la consommation** de matières du territoire, en valeur absolue (kt) ou par habitant (t/hab), et ce pour la plupart des indicateurs de consommation. Seul l'indicateur consommation intérieur et recyclage local a légèrement augmenté entre 2015 et 2021, mais rapporté à la population il a reculé. Ces résultats semblent montrer une trajectoire vers la dématérialisation ou sobriété de la région. Cette observation est néanmoins à prendre avec précaution, car les différences estimées sont faibles (de 1 à 6 %) et se situent dans la marge d'erreur du bilan de flux (voir 2.2.8). Une étude plus approfondie et ciblée serait nécessaire pour mieux comparer les années.

Le deuxième élément positif porte sur la hausse du **recyclage local de déchets**, et plus largement de la hausse des pratiques de valorisation des matières secondaires (réutilisation, réemploi, recyclage). La part des matières issues de valorisation dans la consommation du territoire augmente, ce que traduit l'indicateur **taux d'utilisation circulaire** passé de 12,3 % à 15,8 %, soit une hausse de 28 %.

L'ensemble des changements entre 2015 et 2021 ne concourent néanmoins pas à un objectif de développement de stratégies d'économie circulaire. En effet, on peut notamment observer un léger **recul de la production régionale de bois d'œuvre**, ressources qui présente généralement un impact moindre sur l'environnement et qu'il pourrait être intéressant de mieux utiliser. La **production agricole stagne**, et est toujours tournée vers des cultures industrielles destinées majoritairement à l'exportation. La production de déchets a par ailleurs très peu diminué.

3. Flux d'eau et énergie

3.1. Eau

3.1.1. Sources de données

Les consommations et rejets d'eau en Ile-de-France en 2021 sont étudiés à partir de ces sources :

- **pour les prélèvements d'eau par département et usage hors réseau urbain d'eau non potable** : SDES, 2023. *Les prélèvements d'eau douce par usages et par ressources* (données 2019)[16] ;
- **pour les prélèvements d'eau pour le réseau d'eau non potable** : rapport annuel d'activité d'Eau de Paris (2021) ;
- **pour les rejets d'eaux usées vers les stations d'épuration** : Ministère de la Transition écologique, 2023. *Portail assainissement collectif* (données 2021)[17], calcul d'un taux moyen annuel d'eau pluviale dans le débit total entrant des stations du SIAAP (9 %) appliqué au débit des stations d'Ile-de-France raccordées à des réseaux unitaires et mixtes.

3.1.2. Flux d'eau

La figure suivante présente les flux d'eau en 2021 estimés. Une infographie interactive en ligne est également consultable ici. **1 283 Mt d'eau ont été prélevés** en surface ou souterrain, soit 104 t/habitant. Cette consommation est 21 fois supérieure à celle de l'ensemble des matières prises en compte dans le bilan de flux (consommation intérieure de 61 Mt).

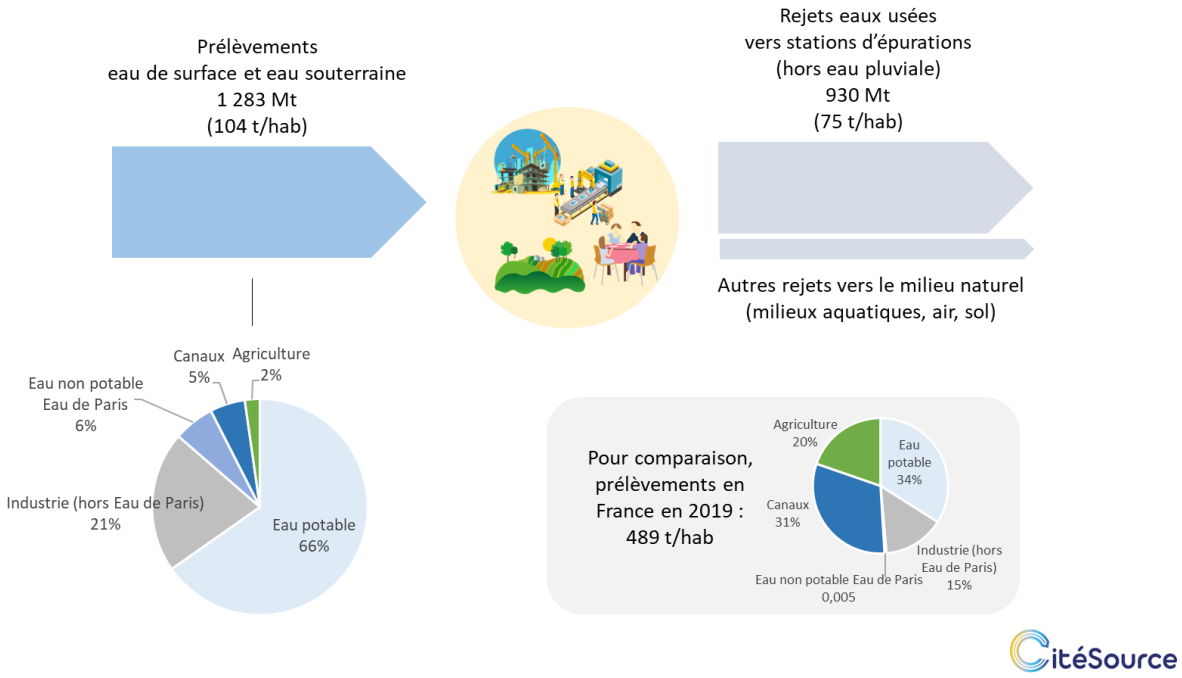


Figure 3.1. Flux d'eau en masse, Ile-de-France, 2021, Mt et t/hab

Source : cette étude (CitéSource)

[16] En ligne (Février 2024) : https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/economie/l-utilisation-des-ressources-naturelles-ressources/article/les-prelevements-d-eau-douce-par-usages-et-par-ressources/#ressources

[17] Données en ligne : https://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/pages/data/basededonneesteu.php

66 % des prélèvements de la région sont dédiés à l'**alimentation en eau potable**, suivie par l'industrie (21 %), puis par le réseau d'eau non potable (6 %). Cette utilisation d'eau non potable (notamment pour le nettoyage des voiries ou l'arrosage d'espaces verts) provenant du canal de l'Ourcq et de la Seine depuis environ deux siècles est un atout pour le territoire et permet de réduire l'utilisation d'eau potable.

En comparaison avec l'ensemble de la France, on observe **une consommation par habitant en Ile-de-France nettement plus faible** : 21 % seulement de la consommation de la France par habitant. L'alimentation des canaux de navigation et l'agriculture occupent une place plus forte dans la consommation de la France.

La grande majorité des eaux prélevées sont rejetées en station d'épuration : 930 Mt, le reste étant émis directement vers le milieu naturel dont le sol. En Ile-de-France, les **3/4 des eaux usées urbaines produites sont traitées par les cinq usines du SIAAP** (9 328 096 habitants en 2019, 75 % de la population régionale). Le SIAAP regroupe 286 communes dont Paris, la Petite Couronne et certaines communes de Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne et Val-d'Oise. **555 stations** d'épuration sont en service en Ile-de-France selon les données du *Portail assainissement collectif*.

3.2. Energie

3.2.1. Sources de données

Les consommations de combustibles énergétiques en Ile-de-France en 2021 sont étudiées à partir de ces sources :

- **Produits pétroliers hors carburéacteur** : consommations en masse en 2021 selon les *Données locales de consommation de produits pétroliers* ;
- **Carburéacteur** : coefficients issus du Guide des facteurs d'émissions de l'ADEME (2007) appliqués aux émissions de CO_2 du cycle décollage-atterrissage (LTO) des aéroports Charles De Gaulle, Orly et Le Bourget en 2021 selon la DGAC ;
- **Gaz naturel** : consommations en GJ en 2021 selon les *Données locales de consommation d'électricité et de gaz naturel* converties en masse selon les données de la *Calculette de conversion des unités énergétiques* de l'ATEE ;
- **Charbon** : moyennes des données en masse sur les importations nationales et internationales vers la région Ile-de-France et les exportations depuis cette dernière en 2019, 2020 et 2021 selon les données TRM, Douanes et VNF ;
- **Chauffage urbain** : masse de déchets ménagers et assimilés incinérés en UIDND en 2021 selon ORDIF, 2023. *Les déchets ménagers et assimilés en Ile-de-France. Données 2021*. Rencontre technique DMA 15 juin 2023 ;
- **Bois énergie** : masse de biomasse consommée selon Agence Régionale Énergie Climat, 2022. *Bilan de fonctionnement 2021 des chaufferies biomasse d'Île-de-France*.

3.2.2. Flux d'énergie

La figure suivante présente les consommations de combustibles énergétiques de la région en 2021 estimées. Une infographie interactive en ligne est également consultable ici.

16 Mt de combustibles ont été consommés, soit 1,3 tonne par habitant. En masse, **produits pétroliers hors carburéacteur et gaz naturel dominent** avec respectivement 38 et 35 % de la consommation. Ces ressources sont importées depuis des territoires distants : pour Paris en 2006, la distance moyenne pondérée d'approvisionnement est d'environ 4 000 km pour les produits pétroliers, 2 500 km pour le gaz et 6 000 km pour le charbon (3 850 km pour toutes les ressources énergétiques ; Kim, 2013). Les déchets qui alimentent les réseaux de chauffage urbain représentent 22 % des combustibles.

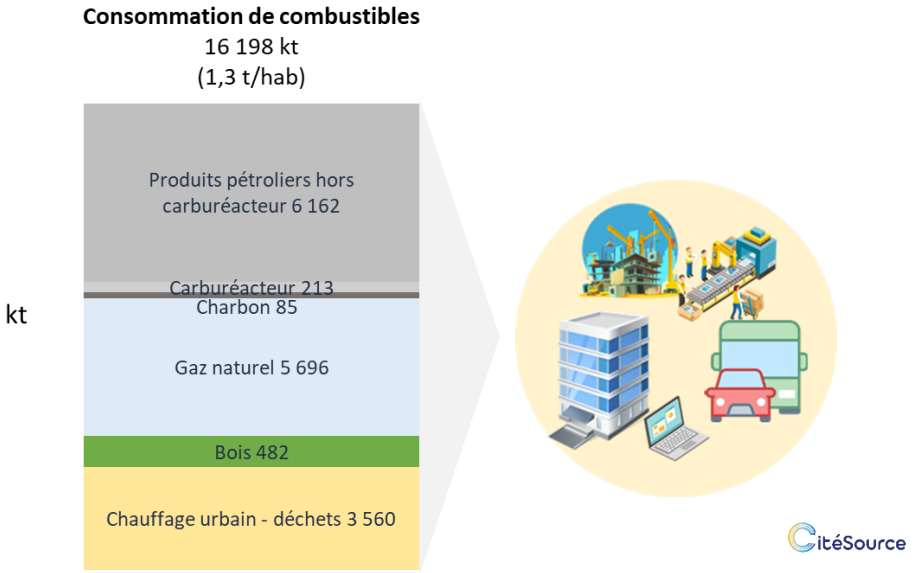


Figure 3.2. Flux de combustibles énergétiques en masse, Ile-de-France, 2021, kt

Source : cette étude (CitéSource)

La répartition en masse de la consommation de combustibles diffère de la consommation en kilowattheure ou en Joule présentée par les données du ROSE / Energif pour 2019. En effet, dans la consommation énergétique de la région, le gaz naturel domine, avec 34 % de la consommation d'énergie, suivi par l'électricité (32 %) et les produits pétroliers (dont carburéacteur) et le charbon (26 %).

4. Modélisation des flux de matériaux, aliments, véhicules et équipements

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

4.1.1. Méthode de modélisation des stocks et flux

4.1.1.1. Modélisation des stocks

Les stocks désignent ici les **matériaux de construction présents** aujourd'hui dans les bâtiments et les réseaux routier et ferré. Un stock résulte des **consommations passées** et représente de **futures ressources potentielles** pour les chantiers : une partie des matériaux présents dans le stock en sortira demain lors de la réhabilitation ou démolition d'ouvrages.

L'estimation des stocks de matériaux de construction au sein de la région Ile-de-France au 1er janvier 2020 s'appuie sur les précédentes estimations pour le 1er janvier 2013 (bâtiments) et le 1er janvier 2015 (réseaux routiers et ferrés) réalisées par Vincent Augiseau et CitéSource (Augiseau, 2017, Augiseau et Kim, 2021)[18].

Afin d'apporter des éléments à jour dans le cadre contraint de cette présente étude, une **mise à jour** selon une approche très simplifiée a été réalisée. Il s'agit d'additionner au stock précédemment estimé les flux de matériaux entrés dans les stocks (consommations) par année entre la dernière année étudiée et 2020 et de soustraire les flux qui en sont sortis (déchets potentiels) pendant cette même période.

Dans les précédentes études, le principe de l'estimation du stock contenu dans les bâtiments consistait 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. Les données étaient traitées par bâtiment afin de répartir les surfaces bâties par groupe. Des densités surfaciques de matériaux spécifiques à chaque groupe étaient ensuite appliquées à ces surfaces. Les stocks contenus dans les réseaux routier et ferré étaient estimés selon la même approche : différents groupes de voiries et voies étaient identifiés puis les surfaces ou linéaires de chaque groupe sont convertis en masses de matériaux à l'aide de densités (voir Augiseau, 2017).

[18] https://www.researchgate.net/profile/Vincent-Augiseau/publication/325575077_La_dimension_materielle_de_l'urbanisation_Flux_et_stocks_de_materiaux_de_construction_en_Ile-de-France/links/5c7fdfaa299bf1268d3f5f4d/La-dimension-materielle-de-lurbanisation-Flux-et-stocks-de-materiaux-de-construction-en-Ile-de-France.pdf
https://www.researchgate.net/profile/Vincent-Augiseau/publication/350549316_Spatial_characterization_of_construction_material_stocks_The_case_of_the_Paris_region/links/6081417c8ea909241e174d6a/Spatial-characterization-of-construction-material-stocks-The-case-of-the-Paris-region.pdf

4.1.1.2. Modélisation des flux

Des flux entrants et des flux sortants sont estimés. Les **flux entrants** correspondent à la **consommation de matériaux** générée par les chantiers étudiés. Ils incluent sans différenciation des matériaux « neufs » issus de ressources naturelles et des matériaux issus d'une valorisation de déchets (réemploi, réutilisation, recyclage). Les **flux sortants** correspondent à de **potentiels déchets** générés par les chantiers étudiés. Ils incluent des matériaux pouvant faire l'objet d'un réemploi sur le chantier ou par la même entreprise et ne pas acquérir le statut réglementaire de déchets.

L'estimation des flux de matériaux de construction au sein de la région Ile-de-France s'appuie sur la **modélisation** développée lors des travaux de recherche réalisés par Vincent Augiseau (2017) et poursuivis par CitéSource depuis 2018. Cette méthode avait été utilisée pour le diagnostic et la prospective pour l'élaboration du PRPGD de l'Ile-de-France (méthode dite CNRS dans le PRPGD).

Il s'agit d'un **traitement de données géolocalisées sur le bâti et les chantiers** afin d'estimer les flux en masse par matériau, type d'ouvrage, parcelle / quartier / commune / département. Les données disponibles sur les surfaces ou linéaires de bâtiments et réseaux développés (construits), renouvelés (réhabilités) ou démolis durant la période d'étude sont utilisées.

Cette approche méthodologique présente l'avantage de pouvoir estimer et localiser des masses par ouvrage bâti et matériau. Elle requiert néanmoins de nombreuses données dont la qualité et l'exhaustivité sont variables, ce qui est source d'incertitude. D'autres approches peuvent compléter l'estimation réalisée ici. Ainsi que le montre le tableau suivant, chaque approche présente des limites. Aussi, il est souvent intéressant de les croiser afin de fournir une information plus fiable et plus complète.

Tableau 4.1. Approches méthodologiques pour l'estimation des flux de matériaux de construction et déchets de chantiers d'un territoire

Approche et exemple d'application	Principe	Limites en termes d'application	Limites en termes de résultats
Modélisation des flux à partir de données géolocalisées sur le bâti et les chantiers Cette étude, étude des flux de matériaux pour la Métropole du Grand Paris par CitéSource	Récolte et traitement de données sur les caractéristiques et dimensions des bâtiments et réseaux présents, construits, démolis et renouvelés, puis conversion en masse	Dépend de la disponibilité et qualité des données sur le bâti et les chantiers	Flux parfois non couverts par manque de données
Enquête auprès d'entreprises du bâtiment et des travaux publics Etudes sur les déchets de chantiers par les Cellules Economiques Régionales pour la Construction (CERC)	Enquête sur les déchets produits par un échantillon d'entreprises, extrapolation par chiffre d'affaires ou nombre d'employés des entreprises enregistrées sur le territoire	Implique la collaboration des entreprises enquêtées, difficulté pour constituer un échantillon représentatif	Flux parfois non couverts par manque de données Flux distingués par projet d'activité et non par type de chantiers (par exemple matériaux excavés reliés uniquement aux travaux publics même lorsqu'ils sont générés par la construction de bâtiments)
Enquête auprès de gestionnaires de déchets Etudes réalisées lors de l'élaboration de plans régionaux de prévention et gestion des déchets (PRPGD)	Enquête sur les flux reçus et/ou traités par des installations	Implique la collaboration des entreprises enquêtées	Importations ou exportations partiellement couvertes Manque de précision sur l'origine et la destination des flux, sur les types de chantiers qui les génèrent et sur les matériaux (déchets reçus en mélange et de nature indéterminée par exemple)
Bilan de flux de matières selon la méthode Eurostat ou CGDD (2014) Cette étude, études des flux de matériaux pour la Métropole du Grand Paris par CitéSource	Récolte et traitement de données sur l'extraction, l'importation, l'exportation, la génération et gestion de déchets	Dépend de la disponibilité et qualité des données (en particulier sur le transport de marchandises)	Flux par grande catégorie de matériaux Résultats parfois imprécis à une échelle urbaine

Source : cette étude (CitéSource)

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 2021**. Les données des **permis de construire et démolir** sont utilisées pour estimer ces flux. Les identifiants de la ou des parcelles concernées par chaque demande (jusqu'à trois parcelles enregistrées par demande) sont reconstitués à partir des différents champs concernés. Les doublons entre les différents fichiers de permis (démolir, construction de logements et construction de locaux) sont ensuite supprimés à partir du numéro de parcelle.

Pour la construction de logements ou locaux d'activité, le champ « Nature de projet complétée » est utilisé pour identifier les chantiers. Le type principal de bâtiment construit est identifié. Les surfaces de plancher de logements ou locaux créées sont converties en SHOB hors sol et en sous-sol selon des coefficients établis par CitéSource lors de précédentes études. La composition en matériaux des bâtiments construits est déterminée en tenant compte des données disponibles sur les parts des structures bois et brique dans la construction neuve en Ile-de-France selon : Nomadéis, 2022. *Observatoire de la Construction Bois en Île-de-France 2021* ; Fédération Française Tuiles et Briques, 2021. *L'industrie de la terre cuite en chiffres. Statistiques 2020*.

Pour la démolition, les données des permis de démolir sont tout d'abord utilisées. La surface (SHOB hors sol et en sous-sol) et le type de bâtiment concernés par la démolition sont identifiés à partir des données produites par CitéSource sur les stocks à partir de l'identifiant de parcelle.

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 taux annuels de réhabilitation sont appliqués aux surfaces de bâtiments constituant le stock.

Le **développement (ou extension) du réseaux routier local** est estimé par le calcul d'un taux moyen annuel d'extension par département selon les *Comptes du Transport* du CGDD. Ce taux est appliqué aux surfaces de routes locales présentes (stock). 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.

Le **développement (ou extension) du réseau ferré** est estimé en moyenne annuelle sur la période allant de janvier 2016 à décembre 2019 à partir de données géolocalisées de l'Institut Paris Region sur les objectifs du SDRIF.

Le **renouvellement des réseaux** est estimé à partir de taux moyens annuels de renouvellement appliqués aux surfaces et linéaires.

Pour les **matériaux excavés** (terres – déblais), à défaut de données plus précises disponibles, les estimations pour le suivi du PRPGD en 2018 sont utilisées (masse totale selon le PRPGD et répartition par grands types de chantiers selon les estimations de CR IdF, 2015). Cette masse est répartie par département selon les surfaces de bâtiments construites en sous-sol estimées. La même approche est adoptée pour les flux générés par les travaux routiers.

11 principaux flux de matériaux sont modélisés (et autre estimation pour les matériaux excavés) :

- **Bâtiments** : Béton, Pierre, Brique, Plâtre, Verre, Autres minéraux non métalliques, Métaux, Bois et aggloméré de bois, Plastiques
- **Réseau routier** : Béton, Enrobé bitumineux, Autres granulats dont tout-venant
- **Réseau ferré** : Béton, Autres granulats (ballast), Métaux (acier)

Les **catégories de chantiers et flux suivants sont modélisés** :

- **construction de bâtiments** (matériaux mis en œuvre) ;
- **démolition de bâtiments** (matériaux issus des ouvrages démolis pouvant constituer de potentiels déchets et être ensuite valorisés ou donner lieu à un réemploi) ;
- **réhabilitation lourde de logements** (éléments non structurels retirés d'un bâtiment et pouvant constituer des déchets, matériaux mis en œuvre) ;
- **développement du réseau de routes locales** (matériaux mis en œuvre) ;
- **renouvellement/réfection du réseau routier** (matériaux de la couche de roulement retirés, matériaux mis en œuvre) ;
- **développement du réseau ferré** (matériaux mis en œuvre) ;
- **renouvellement/réfection du réseau ferré** (matériaux retirés, matériaux mis en œuvre).

Les flux suivants ne sont **pas modélisés mais sont pris en compte** selon une autre approche :

- **granulats utilisés en terrassement et sous-couche routière** : estimation selon part dans consommation totale de granulats en 2015 selon *Panorama régional des granulats* ;
- **matériaux excavés/terres** (déblais uniquement) : selon observations de l'ORDIF pour 2018 pour le suivi du PRPGD.

Les excédents de chantiers (bois de coffrage ou chutes de découpe par exemple) ne sont pas pris en compte dans cette étude.

4.1.2. Stocks et flux de matériaux de construction et déchets de chantiers

Le stock de matériaux présents dans les bâtiments et réseaux routier et ferré en Ile-de-France en 2020 est estimé à **2 169 Mt, soit 175 t/hab**. Ainsi que le montre la figure suivante, le stock se situe principalement dans les bâtiments d'habitat collectif. Cette prédominance de l'habitat collectif différencie nettement le territoire d'espaces moins densément urbanisés comme l'ensemble de la France (Augiseau, Kim, 2021). De plus, le bâti de l'Ile-de-France est ancien, le quart du stock contenu dans les logements et locaux d'activité tertiaire et de services (soit plus des deux tiers du stock bâti total) a été constitué avant 1914 et seulement le huitième depuis 2001.

Le stock est constitué principalement de **minéraux non métalliques et notamment de béton**. Il contient également des minéraux absents du milieu naturel régional : 3 t/hab de métaux ferreux et 0,1 t/hab de métaux non ferreux (aluminium et zinc). Le stock a augmenté de 2,1 % entre 2013 et 2020.

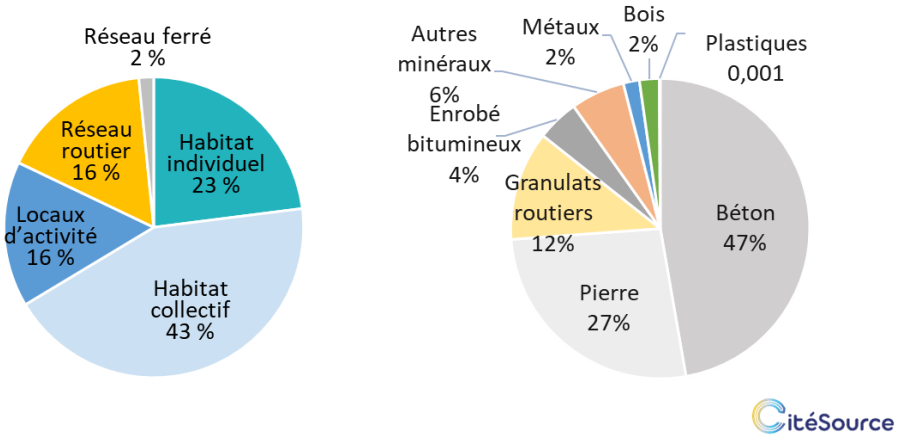


Figure 4.1. Stocks de matériaux de construction en Ile-de-France en 2020

Source : cette étude (CitéSource)

Selon la modélisation des flux par CitéSource, **31 Mt (2,5 t/hab) de matériaux ont été mis en œuvre** dans les bâtiments et réseaux routier et ferré en moyenne entre 2017 et 2022, dont 15 Mt pour la construction de bâtiments. **33 Mt (2,7 t/hab) de déchets potentiels ont été générés**, dont 19 Mt de terres.

Ainsi que le montre la figure suivante, la **construction de bâtiments a généré 47 % de la consommation** et la réfection des voies routières (remplacement de la couche de roulement) 11 %. Les matériaux minéraux dominent dans la consommation, avec notamment le **béton** et les **granulats** pour travaux de génie civil. Ces minéraux se distinguent également dans les déchets où les **matériaux excavés** (terres, déblais) forment par ailleurs 57 % des flux. Les déblais sont surtout générés par la construction de bâtiments (terrassement) et par les travaux de développement du réseau ferré.

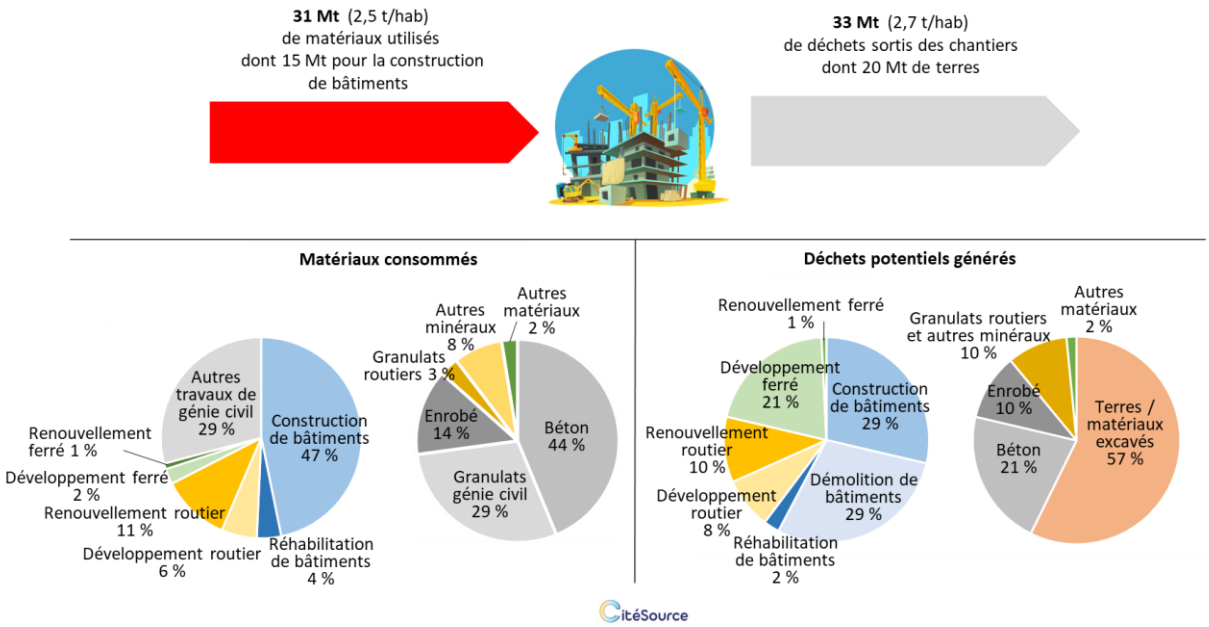


Figure 4.2. Flux moyens annuels de matériaux de construction et déchets de chantiers modélisés, Ile-de-France, 2017-2022, kt

Source : cette étude (CitéSource)

Une infographie interactive en ligne est également consultable ici.

Les flux par département peuvent être comparés Ces estimations par département sont cependant à interpréter avec grande précaution en raison de la forte incertitude liée à certaines sources de données et à leur traitement. Ainsi que le montre la figure suivante, les flux de matériaux consommés sont plus forts dans les départements des Hauts-de-Seine et Seine-Saint-Denis avec une forte construction de bâtiments, ainsi qu'en Seine-et-Marne où le renouvellement du réseau routier engendre de forts flux.

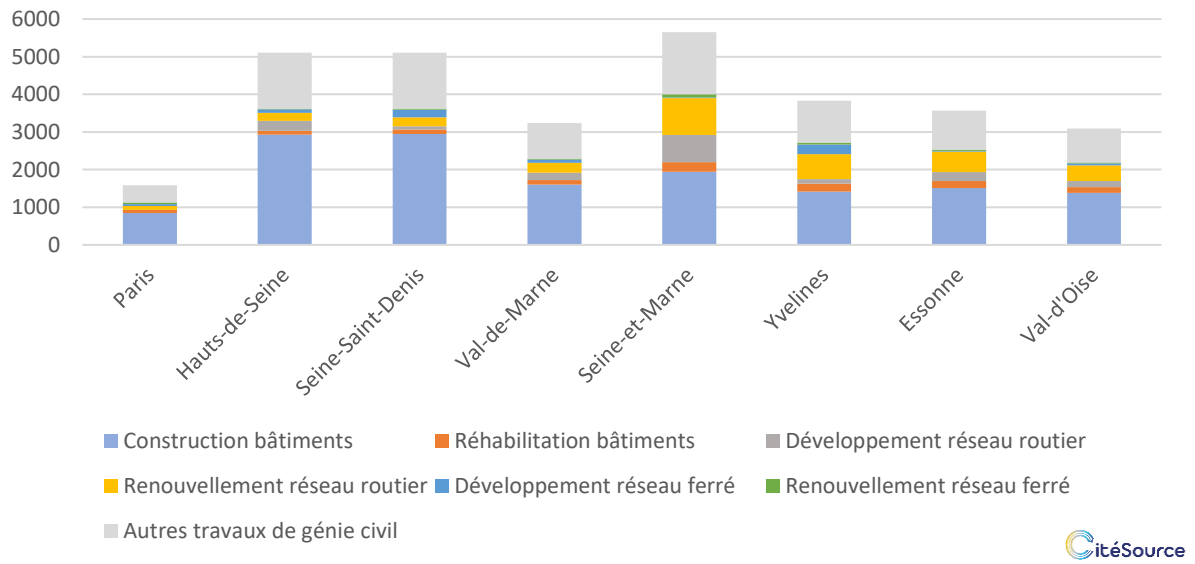


Figure 4.3. Flux moyens annuels de matériaux de construction par département modélisés, Ile-de-France, 2017-2022, kt
Source : cette étude (CitéSource)

Les flux de déchets potentiels sont plus forts dans le centre de la région, en petite couronne, qui connait un fort renouvellement urbain avec des opérations de démolition-reconstruction et où le réseau ferré est en développement. En grande couronne, territoires généralement moins densément urbanisés, le renouvellement du réseau routier engendre de plus forts flux. Ces résultats par département sont à interpréter avec précaution.

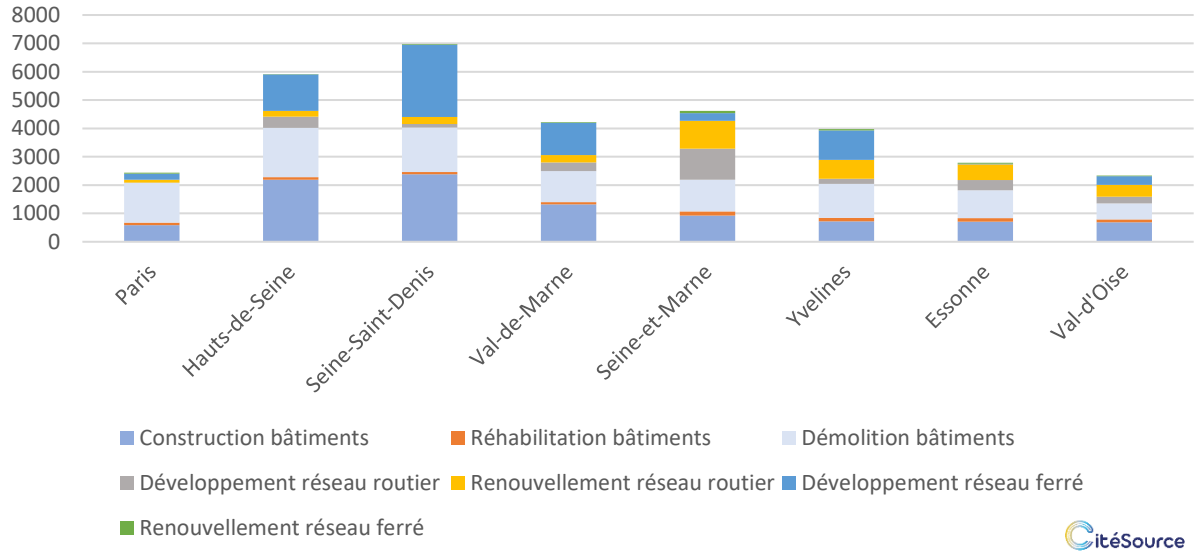


Figure 4.4. Flux moyens annuels de déchets de chantiers potentiels par département modélisés, Ile-de-France, 2017-2022, kt
Source : cette étude (CitéSource)

Les estimations réalisées pour cette étude peuvent être **comparées avec d'autres sources**. Concernant les flux entrants, l'estimation des flux de béton prêt à l'emploi est cohérente avec les données de l'UNICEM-SNBPE : 11,6 kt modélisés ici et 13,8 kt selon UNICEM-SNBPE (moyenne 2017 à 2020, pas de données disponibles pour 2021). Les résultats de la modélisation sont également cohérents avec ceux du bilan de flux pour 2021, selon lequel la consommation de matériaux dont recyclés est de 30 Mt pour une consommation total de 31 Mt modélisée. Les résultats sont également proches de ceux de l'étude sur l'année 2013, avec une consommation de matériaux modélisée hors granulats pour génie civil de 22 Mt pour 2021 et comprise entre 20 et 21 Mt pour 2013 (Augiseau, Kim, 2021).

Concernant les flux sortants, l'estimation des flux de déchets potentiels est proche des estimations de déchets de l'ORDIF pour 2018 (année la plus proche et représentative) : 33,2 Mt selon la modélisation et entre 28,7 Mt selon observations ORDIF (2021) et 37,8 Mt selon gisement théorique ORDIF (2021). Pour les flux sortants de béton, les valeurs sont proches avec des flux de 7,1 kt modélisés et 6,3 kt de béton inerte et 2,3 kt de mélange inerte observés pour 2018 par ORDIF (2021). Des différences sont cependant observables pour les flux sortants d'enrobé avec 14,2 kt modélisés et 9,2 kt observés pour 2018 par ORDIF (2021). Ceci pourrait être lié à une surestimation des travaux de développement du réseau routier ici (manque de données disponibles). Enfin, les résultats sont cohérents avec l'étude des flux en 2015 dite «CNRS» pour le PRPGD (Augiseau et Barles, 2018) avec 33,2 Mt pour 2021 et 37,9 Mt pour 2013 (seuil haut).

4.2. Modélisation des flux alimentaires, déchets organiques et leurs contenus en azote et phosphore

4.2.1. Méthode de modélisation des flux

Les principaux flux générés par la **consommation alimentaire** des habitants de la région Ile-de-France sont estimés pour l'année 2019 (dernières données INSEE disponibles). Ces estimations sont réalisées selon la méthode développée en 2021-2022 par CitéSource pour l'étude du métabolisme de la Métropole du Grand Paris, selon une approche semblable de celle adoptée dans plusieurs études menées dans le cadre du programme de recherche PIREN Seine, du projet CONFLUENT et du projet OCAPI par S. Barles, G. Billen, P. Chatzimpiros, F. Esculier et J. Garnier (dont : Barles *et al*., 2010 ; Esculier, 2018).

Les flux d'**aliments ingérés par les habitants** de la région sont tout d'abord estimés à partir des données sur la consommation moyenne d'une personne Française par classe d'âge issues de l'étude INCA3 publiée en 2017 (ensemble des aliments hors eau du robinet et eaux en bouteilles) . Ces consommations moyennes sont appliquées à la **population par classe d'âge** de chaque commune de la région Ile-de-France.

Les flux d'**aliments générés en amont de cette ingestion**, tout le long de la chaîne de circulation des matières, sont ensuite estimés à partir des résultats d'une étude réalisée pour l'ADEME en 2016 par INCOME consulting et AK2C. 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 la tige[19].

Enfin, les **flux en aval de la consommation** sont estimés. Des coefficients calculés à partir d'Esculier (2018) sont utilisés pour estimer les rejets vers les stations d'épuration. Les **rejets des stations d'épurations (STEP)** sont estimées selon le rapport annuel du SIAAP sur 2021 sur les stations de la SIAAP, les données étant rapportées à l'ensemble de l'Ile-de-France au prorata de la population. La **gestion des boues de STEP** est estimée à partir du rapport annuel du SIAAP sur 2021 pour les stations de la SIAAP et des données 2021 du Portail assainissement collectif pour les autres stations (information sur l'ensemble de l'incinération dans le portail, sans détail sur méthanisation).

Les flux sont estimés pour l'ensemble des aliments et également pour **l'azote et le phosphore** que les aliments contiennent. Les 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.

[19] Seules les pertes d'aliments 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 (dont la tige pour le blé par exemple) et les flux de combustibles consommés en amont de la consommation apparente.

Les flux estimés sont liés aux **habitants des communes de la région Ile-de-France** uniquement. L'ensemble des consommations journalière et annuelle d'un habitant de la région 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.

En effet, à défaut de données sur la durée et la localisation des déplacements des franciliens, les **déplacements des franciliens hors de la région** ne sont pas pris en compte. Pour la France en 2019, ces déplacements représentent 27,9 nuitées hors domicile par an (enquête INSEE *Suivi de la demande touristique*, personnes de 15 ans ou plus), soit 7,6 % d'une année. De même, les **déplacements domicile-travail (déjeuner)** impactent également sur la répartition entre départements. Si des données de l'INSEE apportent des informations (*Estimations d'emploi annuelles par département*), se pose la question du nombre exact de jours travaillés (saisonnier, temps partiel, télétravail…).

Par ailleurs, la consommation alimentaire des employés, visiteurs et touristes habitant en dehors du territoire de la région n'est pas prise en compte dans cette étude à défaut de données suffisamment précises. La prise en compte de ces flux aurait cependant un impact relativement faible. En effet, les **visiteurs non-résidents en Ile-de-France (tourisme)** représentent l'équivalent d'1,6 % de la population régionale à plein temps en 2019 (INSEE – CRT, *Nuitées hôtelières mensuelles par département*).

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. Enfin, notons que ces flux générés en amont de la consommation humaine sont localisés **en partie hors du territoire** de la région Ile-de-France, en particulier pour les étapes d'extraction, transformation et distribution. Les données utilisées pour cette étude ne permettent pas de situer les flux.

4.2.2. Flux alimentaires

Selon la modélisation des flux par CitéSource, **8,5 Mt d'aliments, soit 0,7 t/hab, ont été ingérés** en 2019 par les habitants de la région.

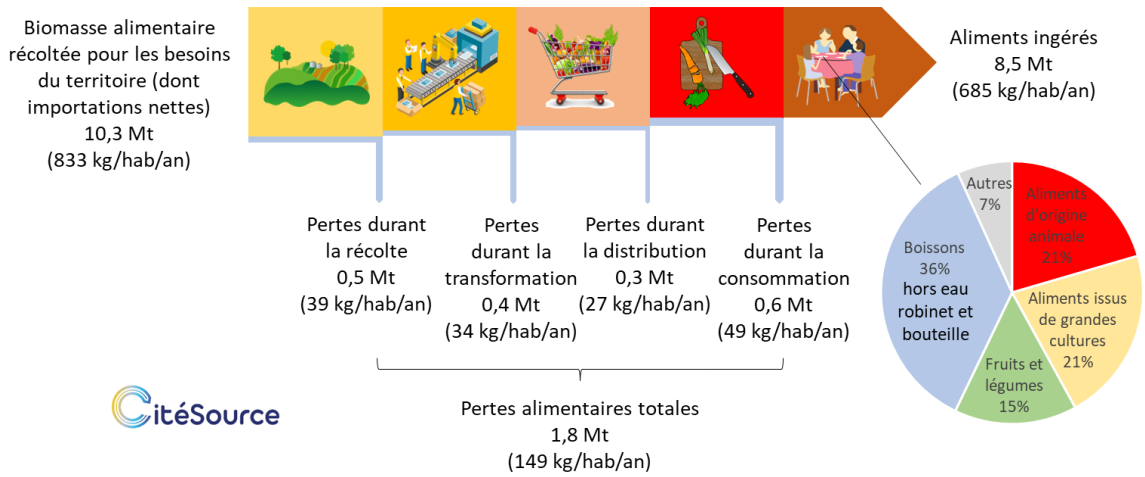


Figure 4.5. Flux alimentaires modélisés, région Ile-de-France, 2019, kt

Source : cette étude (CitéSource)

Une infographie interactive en ligne est également consultable ici.

Les **boissons** (boissons chaudes, alcoolisées, rafraichissantes sans alcool, jus de fruits et de légumes ; hors eau du robinet et eaux conditionnées) forment un peu plus du tiers de cette consommation, suivi par les aliments issus de grande culture (dont pain, pâtes, riz, pommes de terre), puis les aliments d'origine animale (dont produits laitiers, viandes, œufs, poissons) et enfin les fruits et légumes.

Si les **aliments d'origine animale** ne sont pas majoritaires en masse, ils dominent en termes d'apport en protéines : 60 %. La part de ces aliments dans le régime alimentaire a fortement augmenté en France depuis deux siècles. Ils ne formaient qu'un tiers de la consommation en 1786 et la moitié à la fin du XIXe siècle pour la région parisienne (Barles *et al*., 2010). Très peu de personnes en France ne consomment aucun de ces aliments et ont un régime strictement végétarien : 0,1 % des adultes selon l'enquête INCA3 de 2019. 2 % des adultes suivent selon cette même source un régime végétarien excluant au minimum la viande mais comportant des œufs, des produits laitiers ou des produits de la mer.

Avant de pouvoir être ingérés par les habitants du territoire, les aliments sont récoltés, transformés, distribués et préparés. Des **pertes d'aliments sont générées à chacune de ces étapes** : par exemple des défauts d'aspect et calibre ou pertes en stockage lors de la récolte ; lamelles de coupe ou défauts lors de la transformation (notamment en usine agro-alimentaire) ; invendus en distribution ; produits périmés, épluchures, ou restes d'assiettes lors de la consommation[20]. Ces pertes sont générées en partie hors de la région.

[20] Seules les pertes pour l'alimentation humaine sont prises en compte ici : par exemple pour le blé, les pertes en grain et non l'ensemble de la plante dont la tige.

Les **pertes alimentaires totale de la récolte à la consommation** s'élèvent à 1,8 Mt, ce qui représente le cinquième des aliments ingérés. **0,6 Mt, soit 49 kg/hab, de pertes (gaspillage alimentaire : produits périmés, épluchures, restes) sont générées lors de la consommation**, soit le tiers de l'ensemble des pertes. Ainsi que le montre la figure suivante, les départements génèrent des flux relativement semblables, Paris, département le plus peuplé, générant les plus forts flux.

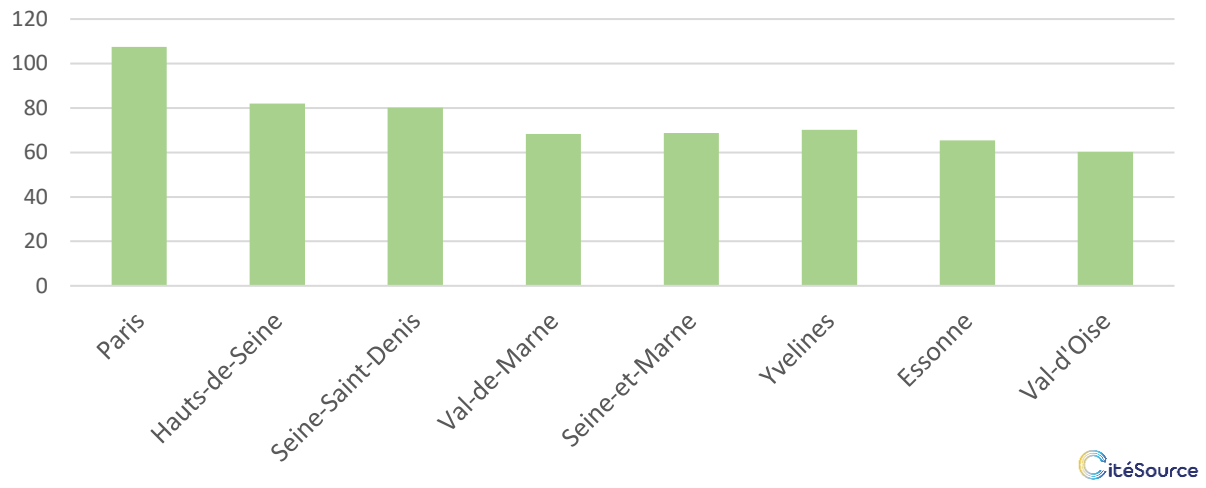


Figure 4.6. Flux de pertes alimentaires lors de la consommation (gaspillage alimentaire) par département, Ile-de-France, 2019, kt

Source : cette étude (CitéSource)

Les pertes alimentaires induisent des émissions de gaz à effet de serre et des coûts. Pour la France dans les années 2010 : les 10 Mt de pertes alimentaires de l'extraction à la consommation représentent des émissions de gaz à effet de serre d'environ 15 Mt eq CO_2 (3 % des émissions de la France) et une valeur théorique commerciale de 16 milliards d'euros (INCOME consulting et AK2C, 2016).

Les aliments ingérés sont très majoritairement rejetés dans les **réseaux d'assainissement**. 0,1 Mt, soit 0,7 t/hab de biomasse alimentaire ont ainsi été traitées en assainissement en 2019. Le traitement des eaux usées génère un flux de 19 kt (dont 14 kt par SIAAP) de matières contenues dans les rejets des stations d'épuration vers la nature. 177 kt de boues (dont 123 kt par SIAAP) ont été produites par les stations, dont 31 % (matière sèche) ont été valorisés en épandage agricole.

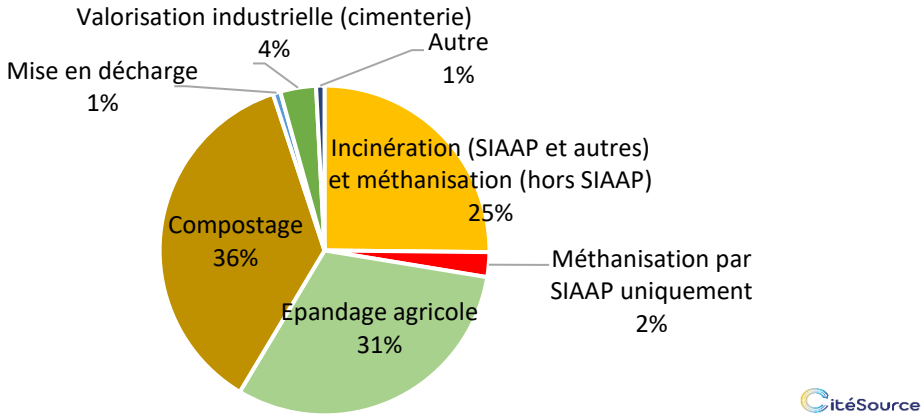


Figure 4.7. Gestion des boues de station d'épuration, Ile-de-France, 2019, kt

Source : cette étude (CitéSource)

Les aliments ingérés par les habitants de la région en 2019 contiennent environ 57 kt d'**azote** (4,6 kg/hab) et 5 kt de **phosphore** (0,4 kg/hab). La grande majorité de ces matières est rejetée dans les réseaux d'assainissement (respectivement 55 kt et 5 kt). Les boues de stations d'épuration contiennent environ 1,5 kt d'azote (NTK) et 3 kt de phosphore, tandis que les eaux rejetées vers la nature par les stations d'épuration comprennent 19 kt d'azote (NGL, dont 14,2 kt par SIAAP) et 1,1 kt de phosphore (Ptot, dont 0,9 kt par SIAAP).

Une très faible part de ces minéraux est ensuite valorisée. En Ile-de-France, 4 % des flux d'azote et 41 % des flux de phosphore sont récupérés en station d'épuration en 2013 (Esculier, 2018), valeurs qui pourraient atteindre respectivement 62 % et 89 % en 2053 selon l'auteur par le fort développement de systèmes de séparation à la source de l'urine.

Ces ressources secondaires pourraient permettre de substituer une partie des **engrais minéraux** utilisés dans l'agriculture. De l'ordre de 94 kt d'engrais ont été utilisées en 2021 sur le territoire selon les statistiques de l'UNIFA. La consommation annuelle de protéines animales d'un habitant d'Ile-de-France au début des années 2000 requiert 10 kg d'azote issus de soja latino-américain, 12 kg d'azote contenus dans les fertilisants industriels et 6,3 kg fixés symbiotiquement. Elle engendre des pertes d'azote potentiellement polluantes pour l'hydrosystème de l'ordre de 20 kg/hab (Barles *et al*., 2010).

4.3. Modélisation des stocks et flux de véhicules et équipements

4.3.1. Méthode de modélisation des stocks et flux

Les **stocks et flux de matières associés à des 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. Pour le stock, il s'agit d'estimer le nombre d'équipements ou véhicules présents au sein de chaque commune de la région Ile-de-France, puis de multiplier ce nombre par une composition massique moyenne (kg/unité d'équipement ou véhicule). L'ensemble des matières constituant les véhicules et équipements est pris en compte, et notamment les plastiques et métaux ferreux et non ferreux (dont des matières critiques ou stratégiques).

Le nombre de véhicules et équipements 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. Pour l'électroménager, les ménages sont différenciés selon leur taille (personne seule, couples avec/sans enfants, familles monoparentales), ce facteur générant les plus forts écarts de taux d'équipement. Pour les téléphones, ordinateurs et tablettes, les habitants sont différenciés selon leur âge, tandis que pour les ordinateurs, les scolaires sont distingués selon le type d'établissement (maternelle…) et les employés selon leur catégorie professionnelle (cadres…).

Les flux entrant dans les stocks, équipements neufs ou usagers acquis par les habitants de la région Ile-de-France durant l'année étudiée, de même que les flux sortant des stocks, véhicules et équipements dont se sont défaits les habitants, sont estimés à partir de données sur les stocks. Pour les flux entrants de véhicules particuliers, les données sur les immatriculations sont utilisées. Pour les flux sortants, 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 des 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 de véhicules et équipements d'une commune de la région Ile-de-France incluent des biens d'occasion issus du réemploi ou de la réutilisation importés depuis une autre commune ou un autre territoire que la région Ile-de-France (par exemple une voiture achetée à un particulier habitant dans une autre commune ou hors de la région Ile-de-France). 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 de la région ou d'un autre territoire. Par ailleurs, les données ne permettent pas de différencier stocks de véhicules et équipements utilisés et stocks non utilisés (dits « en hibernation » dans la littérature scientifique).

Les véhicules et équipements suivants sont **pris en compte** :

- **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 ;
- **Ordinateurs professionnels des entreprises, établissements publics et scolaires** ;
- **Véhicules particuliers** propriété des ménages et voitures de fonction ;
- **Véhicules de transport en commun circulant sur le réseau RATP** au sein de la région : bus urbains RATP, rames de tramway, métro et RER.

Les véhicules et équipements suivants ne sont **pas pris en compte** :

- équipements d'échange thermique (REP DEEE[21] : GEM F / GEP F), lampes, congélateurs, gros équipement professionnel hors Froid (REP DEEE : GEP HF), certains petits équipements comme grille-pain, sèche-cheveu, perceuse (REP DEEE : PAM / PEP), panneau photovoltaïque (REP DEEE : PV), cycle à pédalage assisté et engins de déplacement ;
- véhicules pour le transport de marchandises et transport privé de personnes.

4.3.2. Stocks et flux liés aux véhicules et équipements

Selon la modélisation des flux par CitéSource, un total de **1,4 Mt de véhicules et 0,1 Mt d'équipements électriques et électroniques ont été achetés** par les habitants du territoire en 2019, soit 0,8 t/hab. Ces achats sont issus en grande partie de produits non neufs, et en particulier de véhicules d'occasion (0,9 Mt). En effet, 66 % des immatriculations de véhicules particuliers de la région en 2019 concernent des véhicules d'occasion (part inférieure à celle de l'ensemble de la France, 73 %). Les **métaux forment 75 % des matières composant les produits consommés**, avec notamment des métaux critiques, tels que le lithium, nickel, chrome ou bronze.

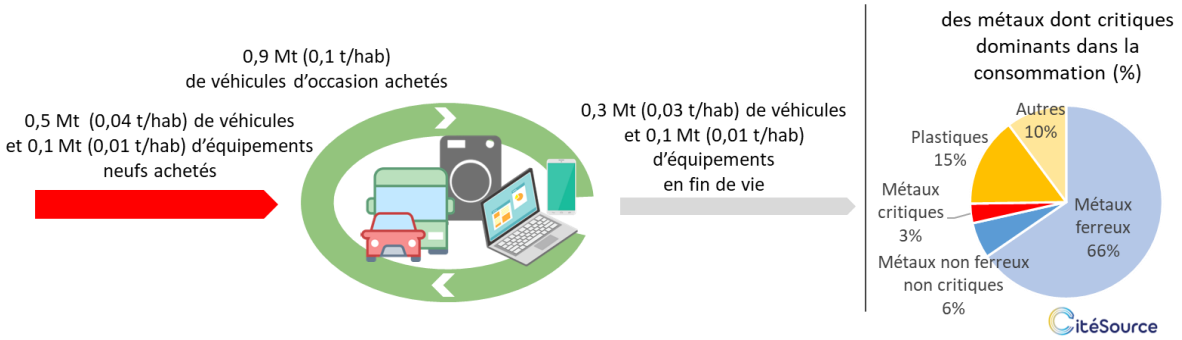


Figure 4.8. Flux liés aux véhicules et équipements électriques et électroniques modélisés, région Ile-de-France, 2019, kt

Source : cette étude (CitéSource)

Deux infographies interactives en ligne sont également consultables : flux de véhicules, flux d'équipements électriques et électroniques.

[21] Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) qui font l'objet d'une collecte dans le cadre de filières à responsabilité élargie des producteurs (REP), voir ci-après.

8,7 kt d'ordinateurs, téléphones portables et tablettes ont été achetées par les ménages de la région en 2019. Cette consommation intérieure (flux directs) est relativement faible par rapport à celle de véhicules particuliers neufs par exemple (2 %). Cependant, ces produits génèrent de **très forts flux indirects**, c'est-à-dire de matières utilisées pour produire et transporter les produits importés par le territoire. L'indicateur *Material Input per Service-Unit* (MIPS) également dénommé **empreinte matières** (*material footprint*) permet d'estimer ces flux de ressources déplacées ou utilisées depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fabrication du produit fini[22]. Les flux sont estimés ici à partir de facteurs issus d'une étude de l'ADEME[23].

Ainsi que le montre la figure suivante, **3 693 kt** ont été mobilisées pour produire et transporter les ordinateurs, téléphones portables et tablettes consommées par les habitants de la région (empreinte matières), soit des flux 425 fois supérieurs à la consommation intérieure. Il s'agit en particulier de matières utilisées pour extraire les minerais métalliques et les raffiner.

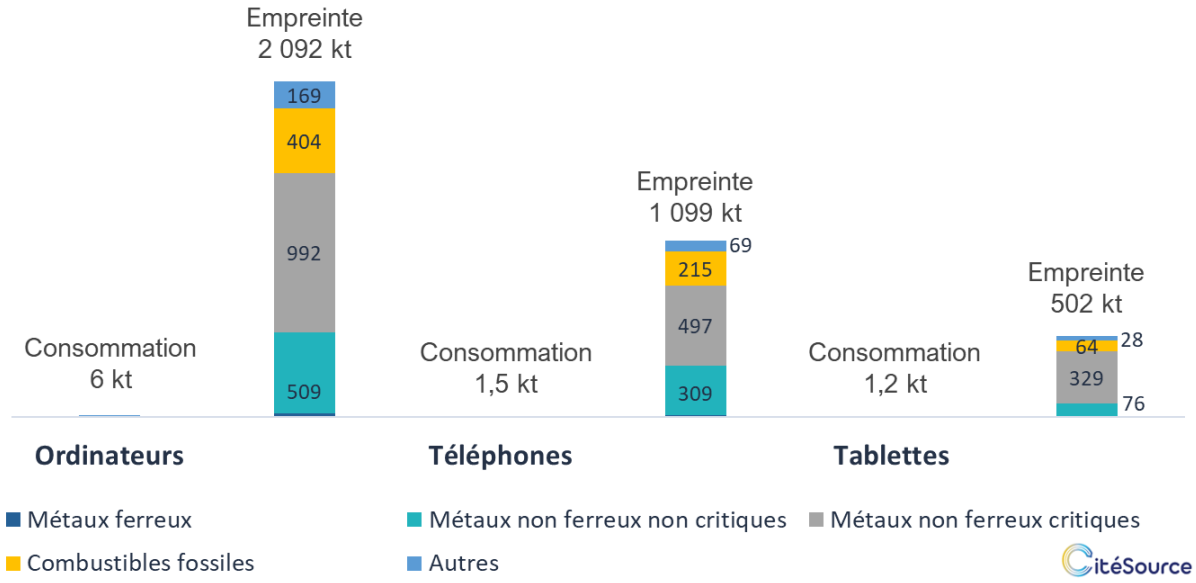


Figure 4.9. Consommation directe et empreinte matières (avec flux indirects) liés aux ordinateurs, téléphones portables et tablettes des ménages, Ile-de-France, 2019, kt

Source : cette étude (CitéSource)

[22] Ressources abiotiques (minerais, pétrole, charbon ; inclut les roches et les sols déplacés pour la production des ressources) et ressources biotiques (bois, produits agricoles ; inclut les roches et les sols déplacés pour la production des ressources).

[23] Lhotellier, J., Less, E., Bossanne, E., Pesnel, S., 2018. *Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport*. 186 pages.

De plus, certaines matières présentes dans les véhicules et équipements représentent de très forts enjeux en termes de risque d'approvisionnement. En effet, des ressources sont considérées comme **stratégiques ou critiques par la Commission Européenne** en 2023 (*Proposition de règlement du parlement européen et du conseil établissant un cadre visant à garantir un approvisionnement sûr et durable en matières premières critiques*, mars 2023) :

- **16 matières stratégiques** au regard des politiques de transitions écologique et numérique et des applications dans les secteurs spatial et de la défense, taux de croissance de la demande prévu et difficulté à augmenter la production ;
- **34 matières critiques** (stratégiques et autres matières premières atteignant ou dépassant les seuils relatifs à l'importance économique et au risque pour la sécurité de l'approvisionnement).

Le tableau suivant montre quelques exemples de matières stratégiques ou critiques.

Tableau 4.2. Exemples de métaux stratégiques ou critiques, leurs applications et gestions en fin de vie

Applications	**Principales utilisations**	**Métal**	**Stratégique ou critique (UE 2023)**	**Taux de recyclage fonctionnel* en fin de vie à l'échelle mondiale ****	**Taux d'incorporation de matières recyclées ****
Accumulateurs Li-ion	Appareils portables, véhicules hybrides et électriques, appareils industriels	**Co - Cobalt**	Stratégique et critique	> 50 %	> 25 - 50 %
		Li - Lithium	Stratégique et critique	< 1 %	< 1 %
Aimants	Equipements électriques et électroniques, véhicules hybrides et électriques, moteurs, alternateurs	**Nd - Néodyme**	Stratégique	< 1 %	1 - 10 %
Cartes électroniques	Equipements électriques et électroniques	**Pt - Platine**	Stratégique et critique	> 50 %	> 25 - 50 %
Condensateurs	Petits équipements électriques	**Ta - Tantale**	Critique	< 1 %	> 10 - 25 %
Écrans LCD	TV, ordinateurs, téléphones portables	**In - Indium**	/	< 1 %	> 25 - 50 %
Pots catalytiques	Véhicules	**Pt - Platine**	Stratégique et critique	> 50 %	> 25 - 50 %

* ***Functional recycling*** *is recycling in which the physical and chemical properties that made the material desirable in the first place are retained for subsequent use* (UNEP, 2013).

** **Taux selon : UNEP (2013)** Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken, C.

Source : UNEP (2013)

Les véhicules et équipements que possèdent les ménages du territoire forment un **stock** de matières de 7 Mt, soit 0,6 t/hab. Ce stock est composé pour 81 % de véhicules particuliers et 14 % d'appareils électroménagers. Il comprend 71 % de métaux et notamment 3 % de métaux critiques.

66 % des ménages du territoire possèdent au moins une **voiture** et 21 % en possèdent deux ou plus. Une très légère chute du parc de véhicules particuliers au sein du territoire est observée depuis une dizaine d'années (-0,4 % entre 2011 et 2019), associée à une moindre puissance des véhicules (-3 % de véhicules de 6 CV et plus). Cette chute favorable à une moindre consommation de matières est cependant contrebalancée par une **hausse marquée de la masse moyenne d'un véhicule** en France depuis 30 ans : 30 % entre 1990 et 2020 (ADEME, 2021).

La consommation de matières liées aux véhicules particuliers pourrait évoluer dans les prochaines années avec le développement des **moteurs électriques et à hydrogène**. Ces changements pourraient néanmoins être progressifs. Une très faible part de véhicules électriques est observée en 2019 pour la région (0,6 % du parc) et ces véhicules forment 2,6 % des immatriculations neuves en 2019 (les valeurs respectives pour les véhicules électriques ou hybrides sont de 3,1 et 10,5 %). La RATP a défini en 2014 un objectif de conversion de la majorité de son parc de bus à l'électrique d'ici 2025 (plan Bus2025).

Pour les **équipements,** une stabilité des consommations est observée en France, notamment pour les ordinateurs, tablettes et téléphones qui avaient connu une forte croissance depuis une dizaine d'années (CREDOC, 2019) :

- **ordinateur** : chute de 2 % du taux d'équipement en 10 ans (2011 à 2019) et recul depuis 2 ans (-5 % entre 2019 et 2019) ;
- **tablette** : hausse de 38 % du taux d'équipement en 10 ans (2011 à 2019) mais recul depuis 2 ans (-2 % entre 2019 et 2019) ;
- **smartphone** : hausse de 60 % du taux d'équipement en 10 ans (2011 à 2019) mais ralentissement depuis 2 ans (4 % entre 2019 et 2019).

Les flux de déchets d'équipements résultent de leurs faibles durées de vie : 2 à 3 ans pour les téléphones et tablettes, 6 ans pour les ordinateurs, 10 ans pour le gros électroménager en France.

Les véhicules et équipements atteignant leur fin de vie font l'objet d'une collecte spécifique dans le cadre de filières dites à **responsabilité élargie du producteur (REP)**. Selon la modélisation de cette étude, des flux d'environ 327 kt (33 kg/hab) de véhicules en fin de vie sont générés en 2019 par le territoire et rejetés en son sein ou exportés dont 316 kt de véhicules particuliers (25 kg/hab). Selon les données sur **véhicules hors d'usage (VHU)**, 204 kt de véhicules ont été collectées au sein de la région en 2019. La différence est probablement liée à l'exportation de véhicules ayant appartenu à des franciliens avant leur fin de vie (marché de véhicules d'occasion hors de la région dont hors de la France). Les véhicules hors d'usage collectés en Ile-de-France sont fortement valorisés, le taux de réutilisation et recyclage étant de 86 % pour la région (données de l'observatoire des VHU).

La modélisation permet d'estimer des flux de **déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)** de 107 kt d'équipements (10 kg/hab) pour la région en 2019. Les données d'observation des DEEE montrent une collecte de 86 kt. Le gisement total est estimé par l'ORDIF à partir de l'étude sur les DEEE en France pour OCAD3E et ADEME de Sofies (2021)[24]. Dans cette étude, des données sur la mise en marché (appareils neufs commercialisés) en France sont notamment utilisés. Selon cette estimation, le gisement total est de 308 kt et seulement 29 % de ces flux auraient été collectés. Si le taux de collecte estimé par l'ORDIF est faible, les déchets collectés sont bien valorisés avec un taux de recyclage de 78 %.

[24] Données présentées dans le *Rapport de suivi #2 du PRPGD d'Île-de-France – 2022* et dans ORDIF. 2023. *Les déchets d'appareils électriques et électroniques. Données 2020.*

Ainsi que le montre le tableau suivant, les périmètre de la modélisation est restreint et les flux sont inférieurs aux estimations de l'ORDIF. En effet, la masse du stock moyen par personne d'équipements dans périmètre DEEE représente 39 % de celui pris en compte dans l'étude de référence de l'ORDIF (Sofies, 2021). Le stock par personne pour le même périmètre d'équipements que celui de Sofies (2021) est inférieur de 23 %. Ceci est surtout aux réfrigérateurs et télévision : un seul équipement par ménage est pris en compte ici contre deux pour Sofies (2021), soit pour les réfrigérateurs 18 kg/hab ici, contre 35 kg/hab et pour les télévisions 5 kg/hab ici contre 9 kg/hab.

Cette observation interroge sur les taux réels d'équipements en Ile-de-France, le centre densément peuplé et urbanisé du territoire se différenciant de l'ensemble de la France par la taille des logements, composition des ménages, revenus, modes de vie. Ce contexte régional pourrait être mieux pris en compte à l'avenir.

Tableau 4.3. Flux de DEEE en Ile-de-France

	Ecrans	**GEM froid**	**GEM hors froid**	**Lampes**	**PAM**	**Total**
Collecte observée en kt (REP DEEE)	4	12	44	1	26	86
Taux de collecte estimé en % (ORDIF)	24	19	34	42	26	29
Gisement total estimé en kt (ORDIF)	16	61	129	2	101	308
Gisement selon cette étude en kt	14	22	61	/	7	105
Remarque	Ici : ordinateur des ménages, des entreprises et scolaires, tablettes et télévision des ménages.	Ici : réfrigérateurs des ménages. Taux d'équipement en IdF ? Un seul appareil par ménage ici, deux selon étude de référence pour gisement total ORDIF.	Ici : lave-linge, lave-vaisselle, four, four micro-onde. Chauffage, chauffe-eau - chaudière non pris en compte ici (très pondéreux).	Non pris en compte ici.	Ici : téléphone portable, téléphone fixe, lecteur DVD (périmètre très restreint).	

Source : cette étude, ORDIF (2023)

Bibliographie

ADEME, 2021. *Car Labelling. Chiffres-clés. Evolution des caractéristiques techniques. Évolution de la masse moyenne*. n.p.

Agence Régionale Énergie Climat, 2022. *Bilan de fonctionnement 2021 des chaufferies biomasse d'Île-de-France*.

Agreste, 2021. *Enquête de branche - Exploitations forestières 2021.*

Agreste, Srise Ile-de-France, 2021. *Statistique agricole annuelle (SAA) de 2021*.

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.

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.

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-SDES, 2023. La production et le recyclage des déchets en 2020 et 2021 en France – Synthèse des connaissances en 2023. En ligne (consulté le 20 juin 2024) : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/la-production-et-le-recyclage-des-dechets-en-2020-et-2021-en-france-synthese-des-connaissances-en

Circle Economy, DGBC, Metabolic, SGS Search, REDEVCO Foundation, 2018, *A framework for circular buildings. Indicators for possible inclusion in BREEAM*.

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.*

CONSEIL REGIONAL D'ILE-DE-FRANCE. 2015*. Plan régional de prévention et de gestion des déchets issus des chantiers du bâtiment et des travaux publics*. 256 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.

CREDOC. 2019. *Baromètre du numérique 2019. Enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019.*

DRIEE, IAU ILE-DE-FRANCE, UNICEM. 2017. *Granulats en Île-de-France. Panorama régional*. 76 p.

DRIRE Ile-de-France. 2001. *Le pétrole en Ile-de-France. De la ressource aux consommateurs*. 30 p.

Eau de Paris, 2021. Rapport annuel d'activité

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.*

Fédération Française Tuiles et Briques, 2021. *L'industrie de la terre cuite en chiffres. Statistiques 2020*.

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.

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.

KIM, E. 2013. *Les transitions énergétiques urbaines du XIXe au XXIe siècle: de la biomasse aux combustibles fossiles et fissiles à Paris (France)*. Thèse de doctorat. Université Panthéon-Sorbonne-Paris I. 390 p.

Lhotellier, J., Less, E., Bossanne, E., Pesnel, S., 2018. *Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport*. 186 pages.

L'Institut Paris Region, INSEE, CCI Paris Ile-de-France, 2021. *Chiffres clés de la région Ile-de-France*. 2021.

Nomadéis, 2022. *Observatoire de la Construction Bois en Île-de-France 2021*

ORDIF, 2023. *Les déchets ménagers et assimilés en Ile-de-France. Données 2021*. Rencontre technique DMA 15 juin 2023

ORDIF et Région Ile-de-France, 2021. Rapport de suivi #1 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France.

ORDIF et Région Ile-de-France, 2022. Rapport de suivi #2 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France.

ORDIF et Région Ile-de-France, 2023. Rapport de suivi #3 du Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) d'Île-de-France.

Portail assainissement collectif (données 2021). En ligne (consulté le 20 juin 2024) : https://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/pages/data/basededonneesteu.php

SOFIES, 2021. *Étude gisement DEEE. Rapport de phase 2 – Modélisations et plan d'action (DEEE ménagers et assimilés).* Étude réalisée pour le compte de l'OCAD3E et de l'ADEME

UNEP, 2013. *Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the Inter- national Resource Panel*. Reuter, M. A.; Hudson, C.; van Schaik, A.; Heiskanen, K.; Meskers, C.; Hagelüken, C.

UNIFA, 2021. *Les livraisons d'engrais minéraux en France métropolitaine. Campagne 2020-2021*. 110 p.

Accélérer la transition urbaine vers l'économie circulaire

81 mail François Mitterrand
35000 Rennes
contact@citesource.fr
www.citesource.fr