

Préfiguration méthodologique pour la consolidation et l'extension de la base de calibration et du cadre de scénarisation du modèle MatMat pour la France

Cahier des clauses techniques particulières

Direction Exécutive Prospective et Recherche (DEPR)
Service Economie Finance (SEF)
Rédaction : Antoine Teixeira

Mardi 4 août 2026 - Version n°2

TABLE DES MATIERES

1. Éléments de contexte.....	4
1.1. Les activités de l'ADEME	4
1.2. Contexte de l'étude	4
2. Les attentes de l'ADEME vis-à-vis de la prestation à réaliser	5
2.1. Finalités et objectifs	5
2.2. Périmètre et cibles de la prestation.....	6
2.2.1. Fonctionnalités et architecture logicielle existantes du modèle MatMat	6
2.2.2. Périmètre relatif à la base de calibration.....	11
2.2.3. Périmètre relatif au cadre de scénarisation	13
2.2.4. Articulation calibration et scénarisation, priorisation et feuille de route globale	14
3. Détail de la prestation attendue	15
3.1. Lancement, prise en main de l'existant et cadrage du besoin	15
3.2. Préfiguration et cadrage relatifs à la base de données de calibration	16
3.3. Préfiguration et cadrage relatifs au cadre de scénarisation	17
3.4. Articulation, priorisation et feuille de route globale.....	17
3.5. Tranche optionnelle : Test exploratoire d'une méthode de désagrégation sectorielle	18
3.6. Formats, validation et valorisation des livrables	19
4. Critères d'exécution et spécifications techniques	19
4.1. Compétences et expériences attendues du prestataire	19
4.2. Démarches environnementales	20
5. Organisation et pilotage de la prestation.....	21
5.1. Encadrement et suivi de la prestation.....	21
5.2. Calendrier de réalisation des prestations.....	22
6. Références	23

Glossaire

ADEME : Agence de la transition écologique

AIE : Agence internationale de l'énergie

BNR : Base Nationale de Recyclage

CeCILL : Licence française de logiciel libre, utilisée notamment pour la diffusion de logiciels open source

CGE : Computable General Equilibrium ; modèle d'équilibre général calculable

CIREN : Centre international de recherche sur l'environnement et le développement

ComExt : Base de données d'Eurostat sur le commerce international de biens

DEC : Direction Économie Circulaire

DEPR : Direction Exécutive Prospective et Recherche

DGEC : Direction Générale de l'Énergie et du Climat

DOI : Digital Object Identifier

EEIO : Environmentally Extended Input-Output

EPIC : Établissement public à caractère industriel et commercial

FIGARO : Full International and Global Accounts for Research in Input-Output analysis

GES : Gaz à effet de serre

GLORIA : Global Resource Input-Output Assessment

HIOT : Hybrid Input-Output Table

IAM : Integrated Assessment Model

ICIO : Inter-Country Input-Output tables

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

INRIA : Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique

IOT : Input-Output Table

LCA : Life Cycle Assessment

MARIO : Multifunctional Analysis of Regions through Input-Output

MFA : Material Flow Analysis

MODEIRE : MODélisation DEcarbonation de l'Industrie et REssources

MoSUT : Modélisation Systémique de l'Usage des Terres

MRIO : Multi-Regional Input-Output

PIOT : Physical Input-Output Table

RTE : Réseau de Transport d'Électricité

SDES : Service des données et études statistiques

SEF : Service Économie Finance

SNAC : Single-country National Accounts Consistent

SNBC : Stratégie Nationale Bas-Carbone

SRIO : Single-Region Input-Output

TES : Tableau Entrées-Sorties

WEO : World Energy Outlook

1. Éléments de contexte

1.1. Les activités de l'ADEME

L'ADEME EN BREF

Au cœur des missions qui lui sont confiées par le ministère de la Transition écologique, le ministère en charge de l'Energie et le ministère en charge de la Recherche, l'ADEME - l'Agence de la transition écologique – partage ses expertises, assure le financement et l'accompagnement de projets de transformation dans des domaines variés : énergie, économie circulaire, décarbonation de l'industrie, mobilité, bâtiment, qualité de l'air, consommation et production responsables, alimentation durable, bioéconomie, gestion des sols, adaptation au changement climatique et transition juste.

L'ADEME mobilise les citoyens, les entreprises et les territoires pour les aider à progresser vers une société plus sobre en carbone et économe en ressources. Résolument engagée dans la lutte contre le changement climatique et la dégradation des ressources, elle conseille, facilite et soutient les initiatives, de la recherche à la diffusion des solutions.

Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), l'ADEME met également ses capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

Pour en savoir plus, nous vous invitons à consulter le site de l'ADEME : www.ademe.fr

1.2. Contexte de l'étude

L'ADEME développe depuis 2018 la plateforme MatMat de modélisation prospective Entrées-Sorties, conçue pour évaluer les impacts environnementaux et socio-économiques de scénarios de transition aux échelles mondiale, régionale et nationale¹⁻³. Codé en Python, MatMat repose sur une architecture logicielle modulaire orientée objets, couplée à un ensemble de bases de données à haute résolution, intégrant à la fois des statistiques historiques⁴ et des résultats de modélisations prospectives⁵. Le modèle a d'ores et déjà donné lieu à plusieurs publications scientifiques⁶⁻⁹ et applications institutionnelles accessibles en libre accès, notamment une évaluation des empreintes carbone et matières des scénarios Transition(s) 2050 de l'ADEME¹⁰. Une version beta vient par ailleurs d'être publiée en open source sous licence libre de type CeCILL, sur [GitHub](https://github.com), ainsi que sous DOI sur Zenodo¹¹.

Initialement conçu pour soutenir des travaux prospectifs de recherche sur les empreintes carbone et matières, MatMat est aujourd'hui utilisé par l'ADEME comme un outil d'aide à la décision publique. Il a notamment été utilisé dans le cadre de travaux associés à la révision de la Stratégie Nationale Bas-Carbone ([SNBC-3](#)), ainsi que dans la préparation du renouvellement de l'exercice prospectif de l'ADEME à horizon 2027. Le modèle suscite également un intérêt croissant, à la fois en interne, auprès d'institutions publiques partenaires et dans le monde académique. Cette dynamique implique une montée en charge des usages et un élargissement des attentes en matière de transparence, de robustesse, de réutilisation et d'extension progressive du modèle.

Depuis janvier 2024, l'ADEME a engagé une refonte complète du code source et de l'architecture logicielle de MatMat. Ce travail, mené par un prestataire externe spécialisé en développement logiciel, en lien étroit avec le chef de projet ADEME à l'origine de la conception et du développement du modèle, a permis de mettre en synergie des compétences métiers et des compétences informatiques. Il poursuit trois objectifs principaux :

1. Garantir la transparence et la reproductibilité des analyses produites, conformément aux standards de la recherche publique,
2. Renforcer la cohérence, la lisibilité et la modularité du code source, afin de faciliter son appropriation par de nouveaux utilisateurs,
3. Assurer la testabilité, la stabilité et la maintenabilité du modèle, en vue de son ouverture et de son extension progressive à de nouveaux besoins.

Ce travail de consolidation logicielle constitue une étape importante pour la pérennisation de MatMat. Toutefois, la reproductibilité, la transparence et l'extension du modèle ne dépendent pas uniquement de la qualité du code source. Elles reposent également sur la structuration, la documentation et l'automatisation des traitements permettant de construire et de faire évoluer les bases de données mobilisées par le modèle, en particulier les données de calibration et de scénarisation.

À ce jour, plusieurs exercices de calibration du modèle ont été réalisés dans le cadre des premières versions de MatMat, antérieurs au travail de refonte du modèle. Ces travaux ont permis de produire les bases nécessaires aux applications scientifiques et institutionnelles déjà conduites. Néanmoins, ils ont été réalisés dans des contextes spécifiques, avec des chaînes de traitement encore insuffisamment formalisées, documentées et automatisées. En l'état, la construction de la base de calibration reste donc difficilement reproductible, peu transparente pour des utilisateurs tiers et insuffisamment générique pour permettre une mise à jour régulière ou une extension à de nouveaux besoins sans développements complémentaires importants.

En parallèle, les usages croissants de MatMat font émerger de nouveaux besoins en matière de scénarisation prospective. Le cadre actuel de scénarisation, fondé notamment sur la traduction d'hypothèses prospectives en chocs appliqués aux structures de production et à la demande finale, doit être consolidé, documenté et mis en perspective avec les approches existantes dans la littérature. Il s'agit à la fois de renforcer la méthode existante, d'en préciser les conditions d'usage et les limites, et d'identifier les possibilités d'extension à de nouveaux secteurs, leviers de transformation et usages prospectifs.

Cette situation constitue aujourd'hui un verrou pour la montée en maturité du modèle. Le présent marché a donc pour objet de réaliser une préfiguration méthodologique visant à consolider et étendre la base de données de calibration et le cadre de scénarisation de MatMat pour la France. Cette préfiguration devra permettre d'identifier les méthodes robustes, reconnues scientifiquement, génériques, reproductibles et autant que possible automatisables qui pourraient être mobilisées dans une phase ultérieure de mise en œuvre.

Elle devra permettre de consolider le travail existant, de faciliter les mises à jour futures, notamment en cas d'actualisation des sources statistiques ou de changement d'année de calibration, et de préparer l'extension progressive du modèle à de nouveaux niveaux de détail sectoriel, à de nouveaux leviers de transformation et à de nouveaux usages prospectifs.

2. Les attentes de l'ADEME vis-à-vis de la prestation à réaliser

2.1. Finalités et objectifs

La prestation visera à accompagner l'ADEME dans la préfiguration méthodologique de la consolidation et de l'extension de deux composantes structurantes du modèle MatMat pour la France : la base de données de calibration du modèle, qui sert de point de référence pour la modélisation prospective, et le cadre de scénarisation mobilisé pour traduire des hypothèses prospectives en données d'entrée compatibles avec l'architecture Entrées-Sorties de MatMat.

Il ne s'agit pas, dans le cadre du présent marché, de procéder directement à la reconstruction complète de la base de calibration ni au redéveloppement exhaustif du cadre de scénarisation. La prestation devra avant tout permettre de clarifier les besoins, d'identifier les méthodes et données mobilisables, de diagnostiquer l'existant et de proposer une trajectoire opérationnelle de mise en œuvre. Elle devra ainsi fournir à l'ADEME un cadre méthodologique robuste pour préparer des travaux ultérieurs de consolidation, d'extension, d'automatisation et de documentation.

Trois grands objectifs structurent la prestation :

1. **Préfigurer la consolidation et l'extension de la base de données de calibration**, en identifiant les besoins de consolidation et d'extension, en réalisant un diagnostic critique de la base existante, en cartographiant les bases de données mobilisables et en analysant les méthodes d'adaptation, de mise en cohérence et de désagrégation susceptibles d'être généralisées dans MatMat.
2. **Préfigurer la consolidation et l'extension du cadre de scénarisation**, en cartographiant les méthodes de scénarisation mobilisables dans des approches Entrées-Sorties, en analysant les secteurs et leviers d'atténuation couverts dans la littérature, en mettant en perspective la méthode actuelle de MatMat avec des approches alternatives, et en identifiant les besoins de consolidation et d'extension du cadre existant.
3. **Proposer une méthode cible et une feuille de route opérationnelle**, en articulant les enjeux de calibration et de scénarisation dans une trajectoire cohérente de montée en maturité du modèle MatMat. Cette feuille de route devra préciser les travaux à conduire, leur ordre de priorité, les livrables attendus, les compétences nécessaires, les risques méthodologiques ou techniques, ainsi que les éventuels prérequis en matière d'accès aux données, de développement logiciel ou de documentation.

Le prestataire devra proposer des méthodologies claires, structurées et transposables, permettant de définir un cadre de consolidation des données de calibration et du cadre de scénarisation, d'identifier les conditions de reproductibilité de l'existant, de préparer les extensions futures du modèle et de préciser les exigences de documentation, de traçabilité et de transfert nécessaires à leur appropriation par l'ADEME. Les travaux attendus devront ainsi permettre d'éclairer les choix à engager dans une phase ultérieure de mise en œuvre et de renforcer la robustesse, la transparence, la reproductibilité, la maintenabilité et la capacité d'actualisation et d'évolution du modèle MatMat.

2.2. Périmètre et cibles de la prestation

2.2.1. Fonctionnalités et architecture logicielle existantes du modèle MatMat

a) Fonctionnalités générales du modèle

Le modèle MatMat propose un cadre modulaire d'analyse Entrées-Sorties (EEIO), conçu pour évaluer les impacts environnementaux et socio-économiques associés à des scénarios de transition à l'échelle nationale comme la France en intégrant implicitement les chaînes de valeur mondiales. Il vise à outiller les décideurs publics et les chercheurs dans l'évaluation prospective des politiques de décarbonation, d'efficacité matière et de transition écologique. Parmi ses principales fonctionnalités :

- **Représenter de manière cohérente les flux monétaires, physiques et environnementaux** entre secteurs, grâce à une approche multicouche permettant une évaluation conjointe des dimensions environnementales et socio-économiques.
- **Estimer des empreintes environnementales nationales** via une approche SNAC (Single-country National Accounts Consistent) simplifiée, qui combine une modélisation détaillée de l'économie domestique (tables SRIO) avec une représentation du reste du monde à travers un cadre MRIO (Multi-Regional Input-Output).

- **Endogénéiser le capital** grâce à l'intégration de matrices d'investissement, afin de capturer les émissions indirectes associées à la formation de capital dans les secteurs de la demande finale (logement, mobilité, etc.).
- **Identifier les contributions clés des empreintes environnementales** dans les chaînes de valeur mondiales et nationales.

Ces fonctionnalités sont en grande partie opérationnelles, mais certaines nécessitent encore une consolidation, ou une intégration complète dans la version refondue du modèle.

Le modèle MatMat s'appuie sur une architecture modulaire composée de quatre blocs fonctionnels, illustrés à la Figure 1 :

1. **Données historiques** : le modèle vise à intégrer et réconcilier deux sources de données pour la calibration historique : (i) la base de données environnementale multirégionale comme EXIOBASE, et (ii) des données au pays étudié, permettant une adaptation fine à la structure sectorielle nationale et aux statistiques officielles.
2. **Cadre EEIO modulaire** : le cœur du modèle combine deux composants : (i) un cadre EE-MRIO décrivant les échanges internationaux et les chaînes d'approvisionnement mondiales, et (ii) un cadre SRIO représentant de manière détaillée l'économie nationale.
3. **Intégration de scénarios globaux et nationaux** : le modèle permet de simuler des scénarios prospectifs via des perturbations sur les coefficients techniques, les échanges commerciaux, la demande finale ou les facteurs d'émission. Il intègre : (i) des scénarios globaux issus notamment du World Energy Outlook (WEO) de l'AIE, et des scénarios nationaux provenant de modèles sectoriels français (équilibre général calculable (CGE) comme ThreeME, énergie, agriculture et alimentation, circularité et efficacité matière).
4. **Capacités analytiques** : le modèle permet de quantifier les impacts environnementaux et socio-économiques des scénarios simulés. Il peut notamment : (i) estimer les empreintes environnementales des biens et services de la demande finale ; (ii) identifier les secteurs clefs dans les chaînes d'approvisionnement déterminants ces empreintes ; (iii) comparer différents scénarios en termes de durabilité environnementales.

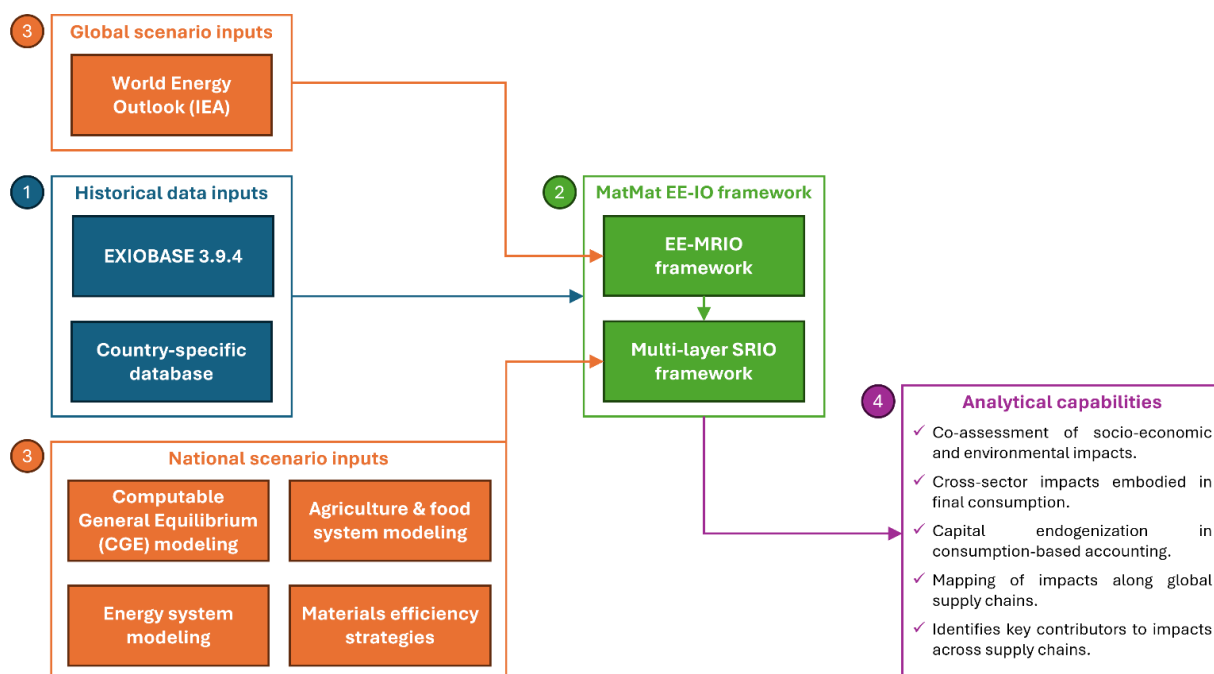


Figure 1 : Workflow général du modèle MatMat : de l'intégration des données à l'analyse des scénarios¹.

b) Architecture logicielle existante

Le modèle MatMat s'appuie sur une architecture logicielle modulaire, orientée objets, développée en Python (version 3.11). Alignée sur les principes de l'analyse Entrées-Sorties (EEIO), cette architecture vise à garantir la transparence, la testabilité et la maintenabilité du code, tout en facilitant sa réutilisation dans différents contextes nationaux et scénarios prospectifs, ainsi que son extensibilité à de nouvelles fonctionnalités.

L'architecture distingue cinq grandes composantes fonctionnelles, illustrées à la Figure 2 :

- **Adapters** : assurent la conversion, la mise en cohérence et le formatage des données d'entrée (historiques ou issues de scénarios) vers une structure normalisée compatible avec le cœur du modèle.
- **Data classes** : définissent des interfaces de données stables entre le cœur du modèle et les différents ensembles de données d'entrée.
- **Accounts** : représentent l'état d'un système économique à travers une structure Entrées-Sorties, enrichie d'extensions environnementales et socio-économiques.
- **Shocks** : structurent les perturbations exogènes appliquées aux **accounts**, permettant de simuler des scénarios de transition.
- **Analyses** : regroupent les modules qui orchestrent la mise en œuvre du modèle selon différents cas d'usage, et automatisent les traitements analytiques réalisés à ce jour.

Chaque bloc fonctionnel est structuré en modules homogènes, favorisant la robustesse et la cohérence d'ensemble. Ces modules internes incluent notamment :

- **Identity** : définit l'identifiant et les métadonnées de chaque entité manipulée dans le modèle (année de simulation, pays étudié, extensions mobilisées, etc.).
- **Dataset** : centralise l'ensemble des données propres à chaque entité dans un format standardisé.
- **Strategies** : permet d'implémenter et de sélectionner différentes méthodes de calcul (par exemple, une résolution avec ou sans endogénéisation du capital). Cette approche facilite l'évolution du modèle sans en compromettre la stabilité.
- **Builder** : assure l'instanciation d'objets complexes composés de plusieurs sous-composants interdépendants (données, stratégies, identifiants, etc.).

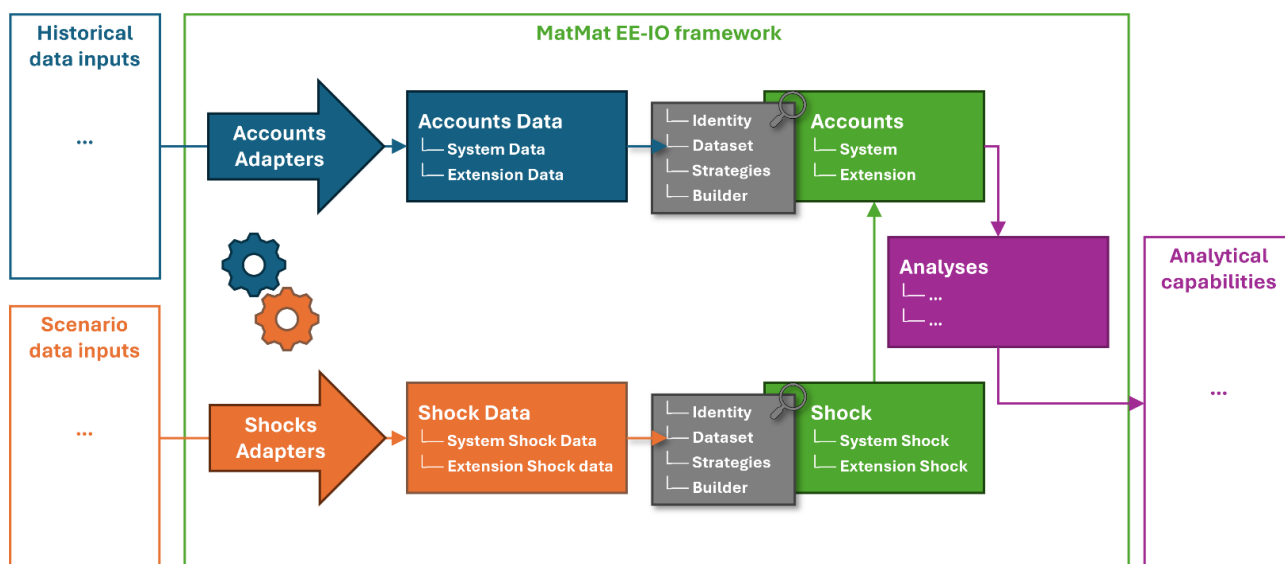


Figure 2 : Schéma simplifié de l'architecture logicielle du modèle MatMat¹.

c) Base de calibration existante

La base de calibration actuellement mobilisée dans MatMat constitue le point de référence historique à partir duquel sont construits les exercices de modélisation prospective. Elle permet de représenter l'état initial du

système économique, physique et environnemental analysé par le modèle, avant application des hypothèses de scénarisation.

Dans sa version opérationnelle actuelle, la base de calibration pour la France couvre deux années de référence, 2015 et 2019. Elle n'est toutefois pas entièrement reproductible en l'état, dans la mesure où une partie des traitements ayant permis sa construction a été réalisée dans le cadre de versions antérieures du modèle et n'a pas encore été formalisée, documentée ou réintégrée dans l'architecture actuelle de MatMat.

La base existante est principalement structurée autour de deux grands blocs.

Le premier bloc correspond aux tables Entrées-Sorties symétriques utilisées pour représenter les relations économiques entre produits et branches. Ces tables sont construites à partir d'EXIOBASE pour la France, selon un découpage d'environ 200 produits et branches, permettant une représentation relativement fine des chaînes de valeur et des flux associés. Elles distinguent les usages domestiques des usages importés et constituent le cœur économique de la base de calibration.

Ces tables intègrent également une **hybridation de certains flux en unités physiques** :

- **Les flux énergétiques**, construits à partir des comptes énergétiques détaillés par produit et par branche disponibles dans EXIOBASE, en distinguant les principaux types d'usages associés : transport, usages énergétiques, usages non énergétiques, pertes et transformations, etc. Cette représentation est particulièrement utile pour la scénarisation de la demande énergétique et pour l'évaluation de ses effets sur les empreintes carbone et énergétiques. La construction de ces données au sein d'EXIOBASE est reproductible¹² (voir code source [ici](#)), mais elle repose notamment sur les bilans énergétiques mondiaux de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui constituent une source de données sous licence payante. Cela limite les possibilités d'accès, de rediffusion et de réutilisation des données sous-jacentes.
- **Les flux de matières premières et de matériaux de base**, en distinguant notamment les matériaux conventionnels des matériaux recyclés. Ces traitements s'appuient sur plusieurs sources de données, notamment Eurostat (en particulier ComExt et EW-MFA) ainsi que sur des données de l'ADEME, dont la Base Nationale de Recyclage (BNR). L'hybridation réalisée dans les versions existantes reste toutefois relativement simple : les flux physiques de production, d'importation et d'exportation sont notamment ventilés de manière proportionnelle aux structures monétaires observées en prix de base. Cette approche permet une première représentation des flux physiques et facilite l'intégration d'expertises sectorielles en prospective, mais ne garantit pas nécessairement une cohérence fine entre les équilibres monétaires, physiques et sectoriels.
- **Les flux de biomasse**, dont l'intégration est actuellement à l'étude, notamment en lien avec les travaux du projet [SOCLE](#). L'objectif est de s'appuyer sur des analyses de flux de matières (*Material Flow Analysis* - MFA) à un niveau fin par filière, afin de représenter en unités physiques les flux de produits agricoles, d'élevage, de l'industrie agroalimentaire et de biomasse énergétique. Le recours à des approches MFA permettrait d'améliorer la cohérence entre les équilibres physiques et les représentations sectorielles. Il reste toutefois nécessaire d'analyser les conditions de mise en cohérence entre ces flux physiques et les flux monétaires associés, notamment au regard des systèmes de prix mobilisés.

Le second bloc correspond aux extensions environnementales et socio-économiques associées aux activités économiques représentées dans la base. Ces extensions couvrent notamment les émissions de gaz à effet de serre, l'extraction de matières premières, les flux biogéochimiques, l'usage des terres, l'usage de l'eau, les pressions sur la biodiversité, l'emploi et la valeur ajoutée. La base distingue les impacts domestiques, calibrés directement à partir des données EXIOBASE, et les impacts incorporés dans les importations, estimés à partir du modèle MRIO EXIOBASE selon une approche de type SNAC-s.

La base mobilise également des données complémentaires, notamment issues d'EU-KLEMS, pour construire une matrice d'investissement. Ces données sont notamment utilisées dans le cadre des fonctionnalités d'endogénéisation du capital développées dans MatMat.

À ce jour, le modèle MatMat permet de traduire de manière automatisée la base publique d'EXIOBASE au format SNAC-s mobilisé par le modèle. En revanche, les autres traitements nécessaires à la construction complète de la base de calibration France ne sont pas encore entièrement reproductibles dans l'architecture actuelle. Une partie de ces traitements repose sur des développements, scripts ou choix méthodologiques issus d'anciennes versions du modèle, qui n'ont pas encore été rapatriés, consolidés ou documentés. Par ailleurs, certaines données mobilisées reposent sur des sources à accès restreint ou non librement rediffusables, ce qui invite à identifier, lorsque cela est possible, des alternatives plus ouvertes, plus facilement actualisables ou mieux adaptées à une diffusion élargie des travaux.

Enfin, MatMat a déjà donné lieu à une première expérience de représentation multi-couche¹³ appliquée à la France pour l'année 2019, visant à articuler de manière cohérente des flux monétaires, physiques et environnementaux au sein d'une même base Entrées-Sorties^{6,14}. Cette expérience s'appuie sur une désagrégation simple des tables Entrées-Sorties 139 secteurs de l'INSEE afin de mieux représenter certaines filières clés du recyclage. Elle a notamment permis d'analyser plusieurs secteurs de matériaux de base, en distinguant, lorsque cela est pertinent, les flux associés aux matériaux primaires et secondaires, aux matières premières et secondaires amont, à la gestion des déchets, aux produits énergétiques et aux secteurs aval utilisateurs de matériaux. Elle constitue donc un point d'appui important pour la présente prestation. Toutefois, cette représentation reste spécifique à un périmètre sectoriel et à une année de référence donnés. L'un des enjeux du présent marché est donc d'examiner dans quelle mesure ce type de représentation multicouche pourrait être généralisé, rendu plus robuste et mobilisé pour désagréger et/ou hybrider de nouveaux secteurs et flux physiques de manière plus systématique, documentée et reproductible.

d) Cadre de scénarisation existant

Le cadre de scénarisation actuellement mobilisé dans MatMat vise à traduire des hypothèses prospectives, issues d'expertises nationales et internationales, en données d'entrée compatibles avec l'architecture Entrées-Sorties du modèle. Ces données de scénarisation sont représentées sous forme de chocs appliqués aux coefficients techniques, à la demande finale, aux échanges commerciaux et aux coefficients d'extensions environnementales.

Dans sa logique actuelle, MatMat s'appuie sur une approche de type *demand-driven*. Les hypothèses de scénarisation sont traduites en variations des coefficients techniques et de demande finale, puis le système et ses extensions sont recalculés à partir d'une matrice de Leontief actualisée. Cette approche permet de propager les effets directs et indirects des hypothèses prospectives dans les chaînes de valeur, ainsi que dans les extensions environnementales et socio-économiques associées.

Les scénarios mobilisés dans MatMat combinent différentes sources d'expertise, que le cadre de scénarisation existant vise à articuler et à mettre en cohérence :

- **La scénarisation des intensités carbone des importations**, qui repose aujourd'hui sur les scénarios internationaux du *World Energy Outlook* (WEO) de l'AIE, en particulier pour intégrer des évolutions transversales relatives à l'efficacité énergétique et carbone des secteurs étrangers. Cette source présente toutefois plusieurs limites : les versions agrégées à l'échelle mondiale sont accessibles publiquement, mais le détail par pays ou région relève de données sous licence payante. Le niveau de détail sectoriel reste par ailleurs relativement limité. L'un des enjeux est donc d'identifier des scénarios alternatifs, idéalement sous licence libre, offrant un niveau de détail sectoriel et régional plus adapté aux besoins du modèle.

- **Les résultats de modélisation en équilibre général calculable**, issus notamment de modèles tels que ThreeME ou Imaclim-S France, qui renseignent l'évolution globale de la demande finale, des échanges commerciaux et des grands agrégats économiques.
- **Les hypothèses et résultats relatifs au système énergétique domestique**, qui permettent de représenter des gains d'efficacité énergétique et carbone, des substitutions entre vecteurs énergétiques, ainsi que certains investissements bas-carbone.
- **Les hypothèses et résultats relatifs à l'agriculture et à l'alimentation**, issus notamment de la modélisation [MoSUT](#), qui portent sur l'évolution des régimes alimentaires humains et animaux, la réduction du gaspillage alimentaire, les rendements agricoles, le développement de l'agriculture biologique ou encore l'usage des fertilisants.
- **Les stratégies d'efficacité matière et d'économie circulaire**, issues notamment de la modélisation [MODEIRE](#), qui couvrent l'usage de matières dans différents secteurs industriels, la construction et d'autres secteurs consommateurs de matériaux.

Dans ces différents cas, MatMat mobilise principalement les résultats produits par d'autres modèles ou cadres d'expertise, afin de les traduire en hypothèses sectorielles hétérogènes compatibles avec son architecture Entrées-Sorties. Ce cadre de scénarisation présente toutefois plusieurs limites au regard des besoins actuels :

1. Les résultats de modélisation utilisés en entrée de MatMat ne sont pas nécessairement directement gouvernables, utilisables ou ajustables de manière autonome dans le cadre de MatMat. Le modèle dépend donc, pour certains volets de scénarisation, de résultats produits par des travaux externes, ce qui constitue un enjeu pour la consolidation, la traçabilité et l'extension future du cadre de scénarisation.
2. Les méthodes de traduction des hypothèses et résultats de modélisation en chocs Entrées-Sorties ont été développées progressivement, au fil des besoins de l'ADEME, sans toujours faire l'objet d'une formalisation, d'une documentation ou d'une comparaison systématique avec d'autres approches existantes dans la littérature. Il apparaît donc utile d'identifier les pistes de consolidation, d'amélioration et d'extension de ces méthodes.
3. La méthode de résolution du système Entrées-Sorties repose aujourd'hui sur l'équation de Leontief et ne mobilise pas de méthode de rééquilibrage ou de projection matricielle de type RAS, alors que ce type d'approche est utilisé dans d'autres cadres de modélisation Entrées-Sorties pour actualiser ou projeter des matrices sous contraintes (voir par exemple le modèle [MARIO](#)). Il s'agit donc de confronter l'approche actuelle de MatMat à d'autres méthodes, afin d'en identifier les forces, les limites et les conditions de pertinence.
4. Enfin, certains secteurs ou leviers de transformation restent moins couverts, notamment plusieurs activités de services (santé, l'éducation, les activités de défense, les loisirs, le numérique, etc.) et l'économie circulaire au-delà du recyclage des matériaux. Cette situation justifie un travail de préfiguration visant à identifier les conditions d'extension du cadre de scénarisation à de nouveaux secteurs, leviers et usages prospectifs.

2.2.2. Périmètre relatif à la base de calibration

Le premier volet de la prestation porte sur la base de données de calibration de MatMat pour la France. Il vise à préfigurer sa consolidation, son extension et sa mise à jour, afin de mieux répondre aux besoins actuels et futurs de l'ADEME et de ses partenaires. Ce volet devra permettre d'identifier et de hiérarchiser les besoins relatifs à la base de calibration, de référencer et caractériser les bases de données existantes ou en cours de développement susceptibles d'y répondre, d'analyser les méthodes pertinentes pour mettre en cohérence ces différentes sources au sein d'une base plus robuste et reproductible, et de préciser les conditions de leur intégration future dans l'environnement MatMat, autant que possible de manière automatisée.

Un premier enjeu concerne la convergence de la base de calibration de MatMat avec les travaux d'évaluation conduits au SDES et à l'INSEE¹⁵. Dans cette perspective, une piste à examiner consisterait à repartir des tables Entrées-Sorties de l'INSEE au niveau le plus détaillé disponible, notamment le TES à 139 secteurs en prix de base, afin de construire une base SRIO France plus directement cohérente avec les statistiques nationales. Cette orientation devra toutefois être instruite, discutée et, le cas échéant, amendée dans le cadre de la prestation. Elle ne constitue donc pas, à ce stade, une prescription méthodologique fermée.

Cette piste soulève plusieurs enjeux de désagrégation sectorielle, d'hybridation et de mise en cohérence des flux. D'une part, un niveau de détail sectoriel suffisamment fin est nécessaire pour limiter l'hétérogénéité des intensités environnementales au sein d'un même secteur agrégé, notamment pour des secteurs tels que l'agriculture, l'industrie lourde ou l'industrie énergétique dans le cas du carbone. D'autre part, un niveau de détail sectoriel et physique plus fin peut faciliter l'intégration d'expertises sectorielles prospectives produites par l'ADEME et ses partenaires.

Ces enjeux concernent en particulier les secteurs et filières dont la représentation est déterminante pour l'analyse des transitions écologiques. C'est le cas des filières clés du recyclage, pour lesquelles la distinction entre production de matériaux primaires et secondaires peut être structurante, de la gestion des déchets, en distinguant les différents modes de traitement, et, plus largement, des secteurs ou activités associés à l'économie circulaire, tels que la réparation, le réemploi ou l'écoconception. Le secteur de la construction constitue également un secteur d'intérêt à examiner, dans la mesure où il agrège des réalités très différentes selon les types d'ouvrages (génie civil, bâtiment résidentiel, bâtiment tertiaire, et selon les natures d'activité (notamment construction neuve, rénovation et entretien). L'un des attendus de la prestation sera donc d'aider à préciser le besoin de détail sectoriel pertinent pour MatMat, en fonction des usages prospectifs visés, des données disponibles, des contraintes méthodologiques et du coût de mise en œuvre. L'identification du besoin pourra notamment s'appuyer sur des échanges avec les services concernés de l'ADEME, ainsi qu'avec certains partenaires ou services statistiques pertinents.

Ce volet devra inclure une cartographie des bases de données existantes ou en cours de développement susceptibles d'être mobilisées pour la consolidation, l'hybridation ou la désagrégation de la base de calibration. Cette analyse devra couvrir un large périmètre de bases et d'approches, notamment les bases EEIO, PIOT, HIOT, IOT multicouches, les bases MFA, ainsi que les bases intégrant des extensions physiques, environnementales ou socio-économiques. Les bases identifiées devront être comparées au regard de leur niveau de détail sectoriel et régional, de leur couverture thématique, de leur accessibilité, de leur licence d'utilisation, de l'actualité ou de la fréquence d'actualisation des données, et de leur intérêt potentiel pour MatMat. Les bases multirégionales pourront notamment être analysées pour la calibration des impacts environnementaux incorporés dans les importations selon l'approche SNAC-s, tandis que les approches de type MFA pourront être examinées pour leur intérêt dans les travaux de désagrégation et d'hybridation physique.

La prestation devra en outre permettre d'identifier les méthodes mobilisables pour l'adaptation, la désagrégation, l'hybridation et la mise en cohérence de bases de données hétérogènes, en vue de leur intégration dans une base de calibration plus exhaustive, robuste, cohérente et facilement actualisable. Une attention particulière devra être portée aux méthodes permettant de répondre à un besoin multi-couche, combinant flux monétaires en prix de base et en prix d'acquisition, flux physiques et extensions environnementales. Les méthodes étudiées devront également être analysées au regard de leur capacité à préserver ou contrôler les équilibres comptables, physiques et environnementaux, ainsi qu'à être généralisées dans MatMat. Cela pourra notamment impliquer d'examiner les conditions de passage entre prix de base et prix d'acquisition, en tenant compte des taxes, subventions et marges de commerce et de transport, ainsi que de l'articulation avec les données de valeur ajoutée et d'emploi.

Un enjeu spécifique concerne la calibration des impacts environnementaux incorporés dans les importations selon l'approche SNAC-s. Cette approche nécessite de mobiliser une base multirégionale permettant d'estimer le contenu environnemental des importations, tout en articulant cette information avec une base SRIO France potentiellement plus détaillée sectoriellement. La prestation devra donc examiner les différentes options disponibles pour cette articulation : choix de la ou des bases MRIO mobilisables, niveau de cohérence nécessaire entre la base SRIO France et la base MRIO utilisée pour les importations, méthodes de correspondance sectorielle et régionale, et arbitrages entre détail sectoriel, détail régional, qualité des extensions environnementales, accessibilité et reproductibilité.

Historiquement, MatMat s'est notamment appuyé sur EXIOBASE, qui présente un niveau de détail sectoriel et régional relativement fin, avec environ 200 produits, 163 industries et 49 régions. D'autres bases sont toutefois mobilisées dans les travaux institutionnels, notamment FIGARO d'Eurostat ou ICIO de l'OCDE, qui présentent un niveau de détail régional potentiellement plus important mais un niveau de détail sectoriel plus limité. D'autres bases, comme GLORIA, pourraient également constituer des compromis intéressants, par exemple au regard de leur couverture régionale et sectorielle. Le prestataire devra analyser ces différentes options, en explicitant leurs forces, limites et conditions d'usage pour MatMat.

Les travaux conduits dans ce volet devront alimenter la feuille de route globale de la prestation. Ils devront notamment permettre d'identifier les données et méthodes à privilégier, les points à approfondir, les risques méthodologiques ou techniques, les éventuels développements nécessaires dans l'environnement MatMat, ainsi que les priorités de consolidation et d'extension de la base de calibration.

2.2.3. Périmètre relatif au cadre de scénarisation

Le second volet de la prestation porte sur le cadre de scénarisation de MatMat. Il vise à préfigurer sa consolidation, son extension et sa mise à jour, afin de renforcer la capacité du modèle à traduire des hypothèses prospectives hétérogènes en données d'entrée compatibles avec son architecture Entrées-Sorties. Ce volet devra permettre d'identifier et de hiérarchiser les besoins de scénarisation de l'ADEME, en distinguant les besoins de consolidation du cadre existant, les besoins d'extension à de nouveaux secteurs ou leviers de transformation, et les besoins liés à l'intégration de nouvelles sources d'expertise prospective.

La prestation devra inclure une cartographie des méthodes de scénarisation mobilisables dans des approches Entrées-Sorties, en mettant en perspective la méthode actuellement utilisée dans MatMat avec d'autres approches existantes dans la littérature. Cette revue devra notamment couvrir les approches proches de celle mobilisée dans MatMat, fondées sur l'application de chocs aux coefficients techniques et à la demande finale, puis sur le recalcul du système à partir d'une matrice de Leontief actualisée. Ces approches devront être comparées à des méthodes alternatives, en particulier les méthodes de type RAS ou apparentées, permettant d'actualiser ou de projeter des matrices Entrées-Sorties sous contraintes.

Une attention particulière devra également être portée aux modalités d'articulation entre un cadre Entrées-Sorties comme MatMat et d'autres modèles ou cadres analytiques, tels que les IAM, CGE, MFA, LCA ou équivalents. Il s'agira d'analyser comment les résultats, hypothèses ou données issus de ces modèles peuvent être mobilisés pour alimenter, contraindre ou enrichir la scénarisation dans MatMat, sans que le présent marché ait pour objet de développer un couplage opérationnel complet avec ces modèles.

Cette analyse devra notamment couvrir les scénarios internationaux mobilisables pour projeter les évolutions environnementales, technologiques ou sectorielles à l'échelle mondiale. MatMat s'appuie aujourd'hui notamment sur les scénarios du WEO de l'AIE, qui présentent certaines limites pour les besoins du modèle : détail sectoriel et régional parfois insuffisant, couverture partielle de certains secteurs ou leviers de transformation, notamment dans l'agriculture ou l'industrie, et contraintes d'accès aux données détaillées. La

prestation devra donc identifier des sources alternatives, si possible en accès libre, offrant une couverture sectorielle, régionale et thématique mieux adaptée aux besoins de scénarisation internationale de MatMat.

Le volet scénarisation devra également inclure une analyse des sources de scénarios, modèles et expertises prospectives mobilisables pour alimenter MatMat. Cette analyse pourra notamment couvrir les scénarios internationaux utilisés pour la projection des intensités environnementales des importations, les résultats de modélisations macroéconomiques, énergétiques, agricoles, alimentaires, matières ou économie circulaire, ainsi que les travaux sectoriels produits par l'ADEME ou ses partenaires. Ces sources devront être analysées au regard de leur niveau de détail sectoriel et régional, de leur couverture thématique, de leur accessibilité, de leur licence d'utilisation, de leur actualisation, de leur cohérence avec les besoins de MatMat et de leur capacité à être traduites en chocs Entrées-Sorties.

La prestation devra comparer ces approches au regard des types de variables scénarisées, des hypothèses mobilisées, des contraintes de cohérence, des données nécessaires et des conditions d'intégration dans MatMat. Elle devra également analyser les secteurs et leviers d'atténuation couverts dans la littérature, en distinguant les secteurs déjà relativement bien pris en compte dans MatMat (énergie, transport, bâtiment, industrie, agriculture et alimentation) et les secteurs aujourd'hui moins couverts, notamment la santé, l'éducation, les activités de défense, les loisirs, le numérique, l'économie circulaire, etc.

Sur cette base, le prestataire devra réaliser un diagnostic critique du cadre de scénarisation existant dans MatMat. Il s'agira de caractériser les forces et faiblesses de la méthode actuelle, d'identifier les conditions dans lesquelles elle peut être consolidée à iso-périmètre, et de préciser les besoins d'extension au regard des usages prospectifs futurs de MatMat. Cette analyse devra notamment examiner la dépendance actuelle à des résultats produits par d'autres modèles ou cadres d'expertise, les modalités de traduction de ces résultats en chocs Entrées-Sorties, les limites éventuelles liées à l'absence actuelle de méthode de rééquilibrage ou de projection matricielle de type RAS, ainsi que la couverture différenciée des secteurs et leviers de transformation.

Les travaux conduits dans ce volet devront alimenter la feuille de route globale de la prestation. Ils devront notamment permettre d'identifier les méthodes de scénarisation à consolider, tester ou approfondir, les sources de scénarios à privilégier, les secteurs et leviers à étendre en priorité, les risques méthodologiques ou techniques, ainsi que les éventuels développements nécessaires dans l'environnement MatMat.

2.2.4. Articulation calibration et scénarisation, priorisation et feuille de route globale

Le troisième volet vise à mettre en cohérence les analyses conduites sur la calibration et la scénarisation, afin de les traduire en propositions méthodologiques et opérationnelles pour la montée en maturité du modèle MatMat. Il devra déboucher, d'une part, sur une proposition de méthode cible pour la consolidation et l'extension de la base de calibration et, d'autre part, sur une proposition de cadre cible de scénarisation.

Pour la base de calibration, la proposition devra préciser l'architecture cible de la base, les sources de données à mobiliser, les méthodes à mettre en œuvre, les éventuels développements logiciels associés dans l'environnement MatMat, les risques identifiés et les étapes de mise en œuvre.

Pour le cadre de scénarisation, la proposition devra préciser les méthodes à mobiliser, les données d'entrée nécessaires, les secteurs ou leviers prioritaires, les éventuels développements logiciels associés, les risques identifiés et les étapes de mise en œuvre. Elle devra également identifier les modèles, cadres analytiques ou sources externes susceptibles d'être mobilisés pour compléter le cadre de scénarisation de MatMat, notamment pour couvrir des secteurs, leviers ou hypothèses aujourd'hui insuffisamment représentés.

Au-delà des deux volets pris séparément, la prestation devra permettre d'articuler les enjeux de calibration et de scénarisation dans une trajectoire cohérente de montée en maturité du modèle MatMat. Le prestataire devra notamment identifier les dépendances entre la base de calibration, les données de scénarisation, les formats de données, les traitements logiciels, les exigences de documentation et les conditions de maintenance ou d'actualisation future.

La prestation devra aboutir à une feuille de route globale, priorisée et opérationnelle, permettant à l'ADEME d'arbitrer les travaux à engager dans une phase ultérieure. Cette feuille de route devra préciser les actions à conduire, leur ordre de priorité, les livrables attendus, les compétences nécessaires, les risques méthodologiques ou techniques, ainsi que les éventuels prérequis en matière d'accès aux données, de développement logiciel ou de documentation. La priorisation proposée devra être explicitée au regard de critères tels que l'intérêt pour les usages prospectifs de MatMat, la faisabilité méthodologique et technique, la maturité des données disponibles, la charge de mise en œuvre et les dépendances entre chantiers.

3. Détail de la prestation attendue

La présente prestation vise à accompagner l'ADEME dans la préfiguration méthodologique de la consolidation et de l'extension de la base de calibration et du cadre de scénarisation du modèle MatMat pour la France. Elle est prévue pour une durée d'exécution maximale de 15 mois, incluant 12 mois de réalisation effective suivis de 3, aux ajustements éventuels et à la validation des livrables en fin de marché.

La prestation s'organise selon un phasage structuré en quatre grandes étapes :

1. Lancement, prise en main de l'existant et cadrage du besoin
2. Préfiguration et cadrage relatifs à la base de données de calibration
3. Préfiguration et cadrage relatifs au cadre de scénarisation
4. Articulation des deux volets, priorisation et élaboration de la feuille de route globale

Les actions attendues pour chacune de ces phases sont décrites ci-après, ainsi que les compétences attendues pour réaliser cette prestation. Elles devront être conduites de manière cohérente avec les objectifs, les priorités et les principes exposés en section 2.2.

Le marché n'est pas alloté, car sa décomposition en lots distincts serait de nature à rendre techniquement difficile et économiquement moins efficace l'exécution de la prestation attendue. Les différentes dimensions couvertes par le marché sont étroitement imbriquées, tant du point de vue technique que méthodologique. La séparation de ces dimensions entre plusieurs titulaires pourrait compromettre la cohérence d'ensemble, la qualité de l'accompagnement technique et la continuité des travaux. Il est donc attendu que l'ensemble de la prestation soit confié à un prestataire unique ou à un groupement de prestataires coordonné, disposant de l'ensemble des compétences nécessaires à la bonne réalisation du marché, telles que précisées en section 4.1.

3.1. Lancement, prise en main de l'existant et cadrage du besoin

Objectif : Cette première phase vise à installer le cadre de travail de la prestation, à permettre au prestataire de prendre connaissance de l'existant et à préciser les modalités d'analyse des deux volets de la mission. Elle devra permettre d'établir un premier cadrage opérationnel de l'étude, d'identifier les ressources utiles, de préciser les besoins de l'ADEME au regard des objectifs présentés en section 2.2 et de développer la méthode de travail pour la suite de la prestation. Ce cadrage n'a pas vocation à figer définitivement l'ensemble des besoins ou des interlocuteurs à mobiliser. Des échanges complémentaires avec l'ADEME et ses partenaires pourront se poursuivre au cours des phases suivantes, en fonction des besoins identifiés.

Période envisagée : T0 à T0+1 mois (1 mois).

Tâches principales :

1. Prendre connaissance des travaux déjà réalisés sur MatMat, notamment les rapports, publications, documentations, données, scripts et éléments de code source utiles à la prestation.
2. Identifier les documents, bases de données, scripts, interlocuteurs et partenaires susceptibles d'être mobilisés dans le cadre de l'étude.
3. Préciser, avec l'ADEME, les besoins prioritaires relatifs à la base de calibration et au cadre de scénarisation.
4. Proposer une méthode de travail détaillée, incluant les modalités d'analyse et les échanges prévus.
5. Organiser et animer une réunion de cadrage avec l'ADEME, afin de présenter, discuter et valider le cadrage du besoin, la méthode de travail proposée et l'organisation de la suite de la prestation.

Livrables attendus :

1. Une note de cadrage méthodologique précisant la compréhension du besoin et l'organisation proposée de la mission.
2. Une grille d'analyse préliminaire pour les volets calibration et scénarisation, permettant de structurer les travaux de cartographie, de diagnostic et de comparaison des méthodes.
3. Un support de présentation pour la réunion de cadrage, accompagné d'un compte rendu synthétique et d'un relevé de décisions.

3.2. Préfiguration et cadrage relatifs à la base de données de calibration

Objectif : Cette phase vise à approfondir le volet relatif à la base de données de calibration de MatMat. Elle devra permettre d'identifier les besoins de consolidation et d'extension, de cartographier les bases de données et sources mobilisables, d'analyser les méthodes pertinentes d'adaptation, d'hybridation, de désagrégation et de mise en cohérence, et de proposer une première feuille de route centrée sur la calibration.

Période envisagée : T0+1 à T0+6 mois (5 mois)

Tâches principales :

1. Identifier et hiérarchiser les besoins relatifs à la base de calibration, en lien avec les usages actuels et futurs de MatMat.
2. Réaliser une cartographie des bases de données, sources statistiques et ressources méthodologiques mobilisables pour la consolidation, l'extension, l'hybridation ou la désagrégation de la base de calibration.
3. Répertoire dans la littérature et analyser les méthodes d'adaptation, d'hybridation, de désagrégation sectorielle et de mise en cohérence de données économiques, physiques et environnementales.
4. Examiner les méthodes d'articulation entre une base SRIO France et une base MRIO pour la calibration des impacts environnementaux incorporés dans les importations (approche SNAC-s).
5. Identifier les conditions d'intégration future de ces méthodes dans l'environnement MatMat.
6. Proposer une première priorisation des chantiers relatifs à la base de calibration.

Livrables attendus :

1. Un rapport intermédiaire de préfiguration relatif à la base de calibration.
2. Une synthèse opérationnelle des bases, sources et méthodes analysées.
3. Une première feuille de route provisoire limitée au volet calibration, précisant les priorités, risques, dépendances, compétences nécessaires et pistes de mise en œuvre.

4. Un support de restitution intermédiaire à présenter à l'ADEME.

3.3. Préfiguration et cadrage relatifs au cadre de scénarisation

Objectif : Cette phase vise à approfondir le volet relatif au cadre de scénarisation de MatMat. Elle devra permettre d'identifier les besoins de consolidation et d'extension, de cartographier les méthodes de scénarisation mobilisables dans des approches Entrées-Sorties, de comparer ces méthodes à la pratique actuelle de MatMat, et d'analyser les modalités d'articulation avec d'autres modèles, cadres analytiques ou sources d'expertise prospective.

Période envisagée : T0+6 à T0+11 (5 mois)

Tâches principales :

1. Identifier et hiérarchiser les besoins relatifs au cadre de scénarisation, en lien avec les usages prospectifs actuels et futurs de MatMat.
2. Réaliser une cartographie des méthodes de scénarisation Entrées-Sorties existantes, incluant notamment les approches similaires à MatMat, ainsi que les méthodes de type RAS ou apparentées.
3. Analyser les modalités d'articulation entre MatMat et d'autres modèles, cadres analytiques ou sources d'expertise prospective, tels que les IAM, CGE, MFA, LCA ou équivalents.
4. Examiner les sources de scénarios internationales, nationales ou sectorielles susceptibles d'alimenter le cadre de scénarisation de MatMat.
5. Réaliser un état des lieux des secteurs et leviers de transformation couverts dans la littérature et dans les travaux existants.
6. Réaliser un diagnostic critique du cadre de scénarisation existant de MatMat, en caractérisant ses forces, limites, conditions d'usage et besoins d'extension.
7. Identifier les pistes de consolidation, d'amélioration et d'extension à intégrer dans la feuille de route globale.

Livrables attendus :

1. Une note ou un rapport de préfiguration relatif au cadre de scénarisation.
2. Une synthèse comparative des méthodes de scénarisation, modèles, sources et cadres analytiques examinés.
3. Un diagnostic critique du cadre de scénarisation existant.

3.4. Articulation, priorisation et feuille de route globale

Objectif : Cette phase vise à mettre en cohérence les travaux conduits sur la base de calibration et le cadre de scénarisation, afin de produire une vision consolidée des suites à donner. Elle devra permettre de formuler une méthode cible pour la base de calibration, un cadre cible pour la scénarisation et une feuille de route globale priorisée pour une phase ultérieure de mise en œuvre.

Cette phase devra s'appuyer sur les analyses produites au fil de l'eau et sur les échanges conduits tout au long de la prestation, afin que l'articulation entre calibration, scénarisation et architecture MatMat soit progressivement construite, et non concentrée en fin de marché.

Période envisagée : T0+11 à T0+12 mois (1 mois)

Tâches principales :

1. Mettre en cohérence les analyses conduites sur la calibration et la scénarisation.
2. Proposer une méthode cible pour la consolidation et l'extension de la base de calibration.
3. Proposer un cadre cible pour la consolidation et l'extension du cadre de scénarisation.
4. Identifier les dépendances entre données de calibration, données de scénarisation, formats de données, traitements logiciels, documentation et conditions d'actualisation future.
5. Prioriser les chantiers à engager, au regard de leur intérêt pour les usages prospectifs de MatMat, de leur faisabilité méthodologique et technique, de la maturité des données disponibles, de la charge de mise en œuvre et des dépendances entre chantiers.
6. Elaborer une feuille de route globale permettant à l'ADEME d'arbitrer les travaux à engager dans une phase ultérieure.

Livrables attendus :

1. Un rapport final de préfiguration méthodologique, couvrant les volets calibration, scénarisation et articulation globale.
2. Une feuille de route globale priorisée et opérationnelle.
3. Les annexes utiles à l'analyse, notamment tableaux comparatifs, bibliographie commentée, cartographies de sources ou de méthodes, et éléments de diagnostic.
4. Un support de présentation pour la restitution finale.

3.5. Tranche optionnelle : Test exploratoire d'une méthode de désagrégation sectorielle

La présente section décrit la tranche optionnelle susceptible de compléter le périmètre de la tranche ferme. Cette tranche n'est pas automatiquement incluse dans le marché initial. Elle pourra être affirmée par l'ADEME en fonction des besoins constatés, des résultats produits dans le cadre de la tranche ferme, et de l'évolution de la trajectoire du projet.

Objectif : Cette tranche optionnelle vise à tester, sur un périmètre restreint, l'une des méthodes de désagrégation sectorielle identifiées comme prioritaire dans le cadre de la préfiguration relative à la base de calibration. Elle a pour objectif d'évaluer de manière exploratoire la faisabilité méthodologique et technique de standardiser dans MatMat une approche de désagrégation sectorielle.

Le test attendu devra être limité à un cas d'usage circonscrit, par exemple un secteur, une filière ou un sous-ensemble de flux jugé prioritaire par l'ADEME. Il pourra s'agir d'un cas simplifié ou stylisé, dès lors qu'il permet d'éclairer concrètement les conditions de généralisation de la méthode. Le test devra être réalisé hors déploiement complet dans le modèle, mais en cohérence avec l'architecture logicielle de MatMat et à partir de la bibliothèque Python existante.

Période envisagée : T0+6 à T0+11 mois (5 mois)

Contenu attendu :

1. La sélection, en accord avec l'ADEME, du périmètre sectoriel ou méthodologique à tester.
2. La formalisation de la méthode de désagrégation à appliquer.
3. L'identification des données nécessaires au test et l'analyse de leur disponibilité.
4. La réalisation d'un prototype exploratoire ou d'un traitement simplifié.
5. L'analyse des résultats obtenus, des limites rencontrées et des conditions de généralisation.
6. L'identification des implications éventuelles pour la feuille de route globale.

Livrables attendus :

1. Une note de cadrage du test exploratoire.
2. Les scripts ou traitements produits accompagnés d'une courte documentation d'usage.
3. Une note de retour d'expérience présentant la méthode testée, les résultats obtenus, les limites identifiées et les recommandations pour une éventuelle mise en œuvre ultérieure.

Condition de déclenchement : Cette tranche optionnelle pourra être affermie par l'ADEME au plus tard T0+7 mois, en fonction des résultats issues de la phase 2, pour une durée maximale d'exécution de 5 mois. Sa réalisation ne devra pas remettre en cause le calendrier de la tranche ferme, ni conditionner la remise des livrables attendus au titre de la feuille de route globale.

3.6. Formats, validation et valorisation des livrables

Les livrables devront être remis dans des formats éditables, réutilisables et compatibles avec les usages de l'ADEME. Les rapports et notes seront remis au format DOCX, les supports de présentation au format PPTX, les tableaux comparatifs au format XLSX, et, le cas échéant, les scripts ou traitements exploratoires au format Python documenté. Une version PDF pourra également être transmise pour validation formelle.

Le rapport final devra être rédigé en français et respecter, le cas échéant, la trame documentaire fournie par l'ADEME. Il devra être suffisamment structuré, documenté et autoportant pour pouvoir être mobilisé par l'ADEME dans la préparation d'une phase ultérieure de mise en œuvre, ainsi que dans le cadre d'éventuelles actions de diffusion ou de valorisation.

Chaque livrable principal fera l'objet d'une version provisoire transmise pour relecture à l'ADEME, puis d'une version consolidée intégrant les retours formulés. Le rapport final pourra faire l'objet d'une diffusion sur les canaux institutionnels de l'ADEME, notamment la Librairie ADEME, ainsi que, le cas échéant, sur des plateformes de diffusion scientifique telles que HAL. Dans cette perspective, le prestataire pourra être amené à produire un résumé en anglais du rapport final.

En complément, le prestataire pourra proposer, sans obligation dans le cadre du présent marché, une piste de valorisation scientifique des travaux réalisés. Celle-ci pourra prendre la forme d'une note de cadrage, d'un plan d'article ou d'une version en anglais de certains résultats au format article, sous réserve de l'accord de l'ADEME, des règles de diffusion applicables, des droits associés aux données mobilisées et des règles relatives à la contribution des auteurs.

4. Critères d'exécution et spécifications techniques

4.1. Compétences et expériences attendues du prestataire

Le prestataire, ou le groupement de prestataires, devra disposer des compétences nécessaires pour traiter de manière intégrée les dimensions méthodologiques, économiques, environnementales, statistiques et, le cas échéant, logicielles de la prestation. Les compétences attendues devront permettre de couvrir à la fois les enjeux de calibration, de scénarisation, d'analyse Entrées-Sorties et d'intégration future dans l'environnement MatMat.

Les compétences métiers suivantes sont considérées comme indispensables :

- Expertise en écologie industrielle, économie de l'environnement, économie écologique, comptabilité environnementale ou disciplines équivalentes.
- Expérience avérée dans la manipulation, l'analyse ou la construction de tables Entrées-Sorties, notamment pour des usages de modélisation macroéconomique, environnementale ou prospective.
- Capacité à analyser et comparer des sources de données économiques, physiques, environnementales et socio-économiques hétérogènes.
- Capacité à réaliser des revues de littérature académique et institutionnelle, à en tirer des enseignements opérationnels et à les traduire en recommandations méthodologiques.
- Compréhension des enjeux de scénarisation prospective appliqués aux transitions écologiques, notamment en matière d'énergie, de climat, de matières, d'économie circulaire, d'agriculture, d'alimentation, de construction ou de services.
- Capacité de synthèse, de pédagogie et de restitution auprès d'un public composé à la fois d'experts techniques, de chargés d'études et de décideurs publics.

Une expérience dans l'articulation entre approches Entrées-Sorties et autres cadres de modélisation ou d'analyse (tels que les modèles IAM, CGE, MFA, LCA, modèles sectoriels, etc.) sera également appréciée.

Compte tenu de l'environnement technique de MatMat, des compétences en développement logiciel scientifique seront fortement appréciées, en particulier si le prestataire propose des recommandations directement transposables dans l'architecture logicielle du modèle. Ces compétences pourront notamment porter sur :

- La maîtrise du langage Python appliqué à des projets scientifiques, statistiques ou analytiques.
- La pratique de l'écosystème scientifique Python, notamment pandas et NumPy.
- La capacité à comprendre et manipuler des structures de données complexes.
- La connaissance des principes de programmation orientée objet et d'architecture logicielle modulaire.
- La capacité à formuler des recommandations compatibles avec un code maintenable, testable, documenté et évolutif.
- La pratique de la gestion de versions avec Git, GitHub ou outils équivalents.
- La compréhension des bonnes pratiques de documentation logicielle, de structuration de dépôts, de gestion des branches, des issues, des pull requests et des releases.

Ces compétences logicielles ne visent pas à transformer la prestation en marché de développement informatique complet. Elles sont attendues principalement pour garantir que les recommandations méthodologiques, les pistes d'automatisation et les feuilles de route proposées soient réalistes, compatibles avec l'architecture existante de MatMat et appropriables dans une phase ultérieure de mise en œuvre.

Le prestataire devra enfin démontrer sa capacité à travailler en interaction avec les équipes de l'ADEME, et le cas échéant avec ses partenaires institutionnels, scientifiques ou techniques. Il devra être en mesure de produire des livrables clairs, structurés et exploitables, adaptés à la fois aux besoins de cadrage stratégique et aux besoins de mise en œuvre opérationnelle ultérieure.

4.2. Démarches environnementales

Dans une logique d'écoresponsabilité, le prestataire devra intégrer, dans la mise en œuvre de la prestation, des démarches visant à limiter l'empreinte environnementale de ses activités. Les mesures attendues relèvent de bonnes pratiques applicables tout au long de l'exécution du marché et devront être proportionnées à la nature de la prestation.

Sans caractère exhaustif, les actions suivantes sont encouragées :

- Limiter les déplacements physiques lorsque ceux-ci ne sont pas nécessaires, en privilégiant les réunions à distance, les outils collaboratifs et le télétravail lorsque cela est pertinent.
- Privilégier, lorsque des déplacements sont nécessaires, les modes de transport les moins émissifs compatibles avec les contraintes de la prestation.
- Dématérialiser les échanges et les livrables, sauf demande contraire de l'ADEME.
- Utiliser des formats ouverts, interopérables et réutilisables pour les documents, tableaux, scripts ou supports transmis.
- Limiter la duplication inutile des fichiers, données et traitements, et favoriser l'organisation claire des ressources numériques produites.
- Privilégier la réutilisation de composants, bibliothèques ou outils existants lorsque cela est pertinent, afin d'éviter des développements redondants ou difficilement maintenables.
- Veiller à la sobriété des traitements numériques proposés, notamment en évitant les calculs inutilement coûteux, les dépendances superflues ou les architectures techniques disproportionnées par rapport aux besoins de la prestation.

Lorsque des traitements informatiques ou prototypes exploratoires sont proposés, le prestataire veillera à rechercher un équilibre entre performance, lisibilité, maintenabilité et sobriété numérique. Les éventuelles recommandations relatives aux données, scripts ou développements futurs devront intégrer, lorsque cela est pertinent, des principes de sobriété, de mutualisation et de réutilisabilité.

Les démarches environnementales proposées par le prestataire devront rester adaptées à l'objet du marché. Elles ne devront pas nuire à la qualité scientifique, méthodologique ou opérationnelle des travaux attendus, mais contribuer à une exécution plus sobre, plus réutilisable et plus cohérente avec les missions de l'ADEME.

5. Organisation et pilotage de la prestation

5.1. Encadrement et suivi de la prestation

Le pilotage de la prestation sera assuré par Antoine Teixeira, chef de projet ADEME au sein de la Direction Exécutive Prospective et Recherche (DEPR) et du Service Économie Finance (SEF). Il assurera un accompagnement étroit du prestataire, notamment lors de la phase initiale de prise en main des ressources pertinentes, lors des échanges méthodologiques et tout au long de la production et de la restitution des livrables.

En complément de son rôle de pilotage, de suivi et de validation des livrables, le chef de projet ADEME contribuera aux réflexions conduites dans le cadre de la prestation, en apportant son expertise sur les approches Entrées-Sorties, son retour d'expérience sur le développement et l'utilisation du modèle MatMat, ainsi que sa connaissance des besoins internes et partenariaux associés au modèle. Il veillera également à favoriser la bonne articulation entre le prestataire et les différentes expertises mobilisées au sein de la communauté MatMat, notamment les utilisateurs, développeurs, contributeurs scientifiques et partenaires institutionnels.

Le prestataire devra organiser à minima trois réunions de pilotage, en présentiel ou à distance :

1. Une réunion de cadrage, organisée à l'issue de la phase initiale de prise en main et de cadrage des travaux, autour de T0+1 mois.
2. Une réunion intermédiaire, autour de T0+6 mois, consacrée à la présentation des travaux relatifs à la base de calibration et de la feuille de route provisoire associée.

3. Une réunion de restitution finale, autour de T0+12 mois, consacrée à la présentation du rapport final, de la feuille de route globale et des perspectives de mise en œuvre.

Ces réunions associeront un comité de pilotage composé de représentants de l'ADEME, notamment de la DEPR, ainsi que, le cas échéant, de partenaires institutionnels, scientifiques ou techniques mobilisant ou contribuant au modèle MatMat, tels que le CIRED, la DGEC, l'INSEE, le SDES, RTE, l'INRIA ou d'autres partenaires pertinents.

En complément de ces réunions de pilotage, des réunions de suivi opérationnel entre le prestataire et le chef de projet ADEME seront programmées régulièrement, en visioconférence ou en présentiel. Elles auront lieu au moins toutes les deux semaines, sauf accord contraire entre les parties. Ces réunions permettront de suivre l'avancement des travaux, de traiter les points méthodologiques ou techniques en cours, d'identifier les éventuels blocages et de préparer les échéances de restitution.

Le prestataire devra assurer la traçabilité des échanges structurants réalisés dans le cadre de la prestation, notamment au moyen de comptes rendus synthétiques ou de relevés de décisions pour les réunions de pilotage. Ces documents devront préciser les principaux points discutés, les arbitrages retenus, les actions à conduire, les responsables associés et les échéances prévues.

Enfin, le marché étant à prix forfaitaire, toute évolution du périmètre des prestations devra faire l'objet d'une validation préalable de l'ADEME. Le prestataire s'engage à ne pas engager de tâches non prévues au présent cahier des charges sans accord écrit préalable de l'ADEME.

5.2. Calendrier de réalisation des prestations

Le candidat devra proposer, dans son offre, un calendrier prévisionnel détaillé, précisant :

- La répartition des différentes phases du projet.
- Les échéances de remise des livrables.
- Les dates prévisionnelles des réunions.
- Les éventuels jalons intermédiaires.

La prestation est prévue pour une durée maximale de 15 mois à compter de sa notification. Elle devra permettre la production d'un livrable intermédiaire à environ 6 mois, centré sur la préfiguration relative à la base de calibration, puis d'un livrable final à environ 12 mois, couvrant l'ensemble des objectifs de la mission. Les 3 derniers mois seront consacrés à l'analyse par l'ADEME des livrables remis, à la prise en compte des demandes d'ajustement et à la validation finale de la prestation.

Le phasage de la mission devra permettre de traiter prioritairement le volet relatif à la base de calibration, afin de disposer d'une première feuille de route provisoire sur ce sujet à mi-parcours. Il devra ensuite permettre l'analyse du cadre de scénarisation, puis l'articulation globale entre les deux volets dans une feuille de route consolidée.

Le lancement de la prestation est envisagé entre mi-octobre et mi-novembre 2026.

À titre indicatif, la Figure 3 propose un diagramme de Gantt synthétisant le phasage prévisionnel envisagé pour la mise en œuvre des différentes étapes du projet. Ce diagramme servira de base au cadrage du calendrier proposé par les candidats dans leur offre.

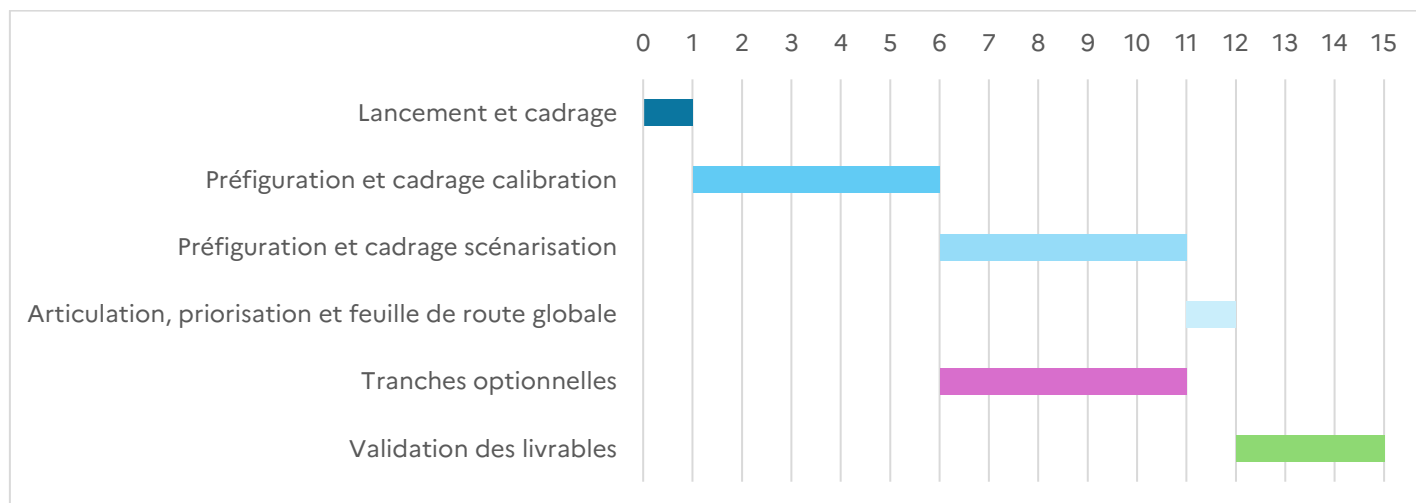


Figure 3 : Diagramme de Gantt indicatif des phases du projet.

6. Références

- Teixeira, A. & Grand, J. MatMat: A modular and open-source EEIO framework for country-driven multi-dimensional environmental and socio-economic impact assessment of forward-looking scenarios. in ISIE-SEM conference 2026 (2026).
- Teixeira, A. MatMat - Hybrid Input-Output framework to estimate country-level carbon and material footprints in future scenarios. Preprint at <https://hal.science/hal-04672116> (2024).
- Teixeira, A., Lefèvre, J., Saussay, A. & Vicard, F. Construction de matrices de flux de matières pour une prospective intégrée énergie-matières-économie: Revue de littérature et cadrage méthodologique pour le développement du modèle MatMat. <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/3880-construction-de-matrices-de-flux-de-matieres-pour-une-prospective-integree-energie-matieres-economie.html> (2020).
- Teixeira, A. & Fontaine, B. Hybrid Input-Output calibration database for the French MatMat model: SNAC-S-based GHG emissions and raw material consumption-based assessment (2015–2019). (2026).
- Teixeira, A. & Vicard, F. Scenario-Based Consumption-Based GHG Emissions and Material Extraction Results for ADEME Transition (s) 2050 Pathways in France (2015–2050) Using the MatMat EEIO Model. (2026).
- Teixeira, A., Lefevre, J. & Gherzi, F. Upscaling materials recycling to enhance sustainability and economic resilience. in 14ème Journées Thématiques FAERE (2024).
- Teixeira, A. & Lefèvre, J. Global supply chains and domestic climate policy: Addressing the substantial material-related carbon footprint of final consumption in France. Journal of Industrial Ecology <https://doi.org/10.1111/jiec.70001> (2025) doi:10.1111/jiec.70001.
- Teixeira, A. & Vicard, F. Reducing GHG emissions and raw materials embodied in imports: assessing a cross-sectoral sufficiency-oriented national climate strategy in France. Journal of Industrial Ecology 30, 213–225 (2026).
- Fontaine, B., Lefèvre, J., Teixeira, A. & Vicard, F. Sufficiency as a key driver of domestic and imported emissions reductions in France's net-zero transition. Environmental Research Letters 21, 134028 (2026).
- Vicard, F. & Teixeira, A. Feuilleton Évaluation Des Empreintes Carbone et Matières Des Scénarios Transition(s) 2050. <https://bibliothèque.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/6250-prospective-transitions-2050-feuilleton-empreintes.html> (2024).
- Teixeira, A. & Grand, J. MatMat v0.9.0-beta: A modular open-source EEIO framework for prospective environmental and socio- economic impact assessment. Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.20777138> (2026).

12. Rasul, K., Schmidt, S., Hertwich, E. G. & Wood, R. EXIOBASE energy accounts: Improving precision in an open-sourced procedure applicable to any MRIO database. *Journal of Industrial Ecology* 28, 1771–1785 (2024).
13. Merciai, S. An input-output model in a balanced multi-layer framework. *Resources, Conservation and Recycling* 150, 104403 (2019).
14. Teixeira, A. Balancing materials needs with carbon footprint mitigation: an integrated climate-economy-materials prospective for France. (2024).
15. Larrieu, S., Baude, M. & Teixeira, A. Estimating the French carbon footprint from 1990 to 2024-An official statistics methodology based on FIGARO. in *15e Journées de méthodologie statistique de l'Insee-JMS 2025* (2025).