

SHIFT PROJECT ET ECOVAMED : ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DES PRINCIPES ACTIFS

Décarbonons les Industries du médicament

SANTÉ, CLIMAT, RÉSILIENCE :

DÉCARBONONS LES INDUSTRIES DU MÉDICAMENT

Rapport final – Juin 2025

DANS LE CADRE DU PROGRAMME
DÉCARBONONS LA FRANCE !



Introduction - The Shift Project

Pour renforcer la robustesse de ses travaux sur la décarbonation des industries du médicament, diversifier les sources de données utilisées et mobiliser un acteur expert de la question de l'empreinte environnementale des médicaments, The Shift Project a sollicité la contribution de la société Ecovamed afin d'estimer les émissions de gaz à effet de serre associées à la production des principes actifs.

Les objectifs de ce mécénat en nature étaient d'obtenir les émissions de gaz à effet de serre par poste (consommation d'électricité, de vapeur, transport, matières premières fossiles, fin de vie et émissions de procédés) :

- pour la production de 5 principes actifs (API) différents, obtenue de manière précise,
- pour la production de l'ensemble des API, obtenue par extrapolation.

Les 5 principes actifs choisis pour être analysés précisément ont été sélectionnés de telle sorte qu'ils correspondent à d'importants volumes de consommation et qu'ils soient représentatifs des API produits.

The Shift Project remercie Ecovamed pour ce document qui présente la méthodologie suivie et les résultats obtenus. De tels résultats devraient nous permettre par la suite de quantifier avec finesse des leviers de décarbonation portant sur les différents postes d'émissions des API.

Tout comme notre rapport intermédiaire, ce document est ouvert à vos retours. N'hésitez pas à nous les partager à l'adresse indus-santé@theshiftproject.org

Bonne lecture !



Décomposition en flux énergétique et émissions directes de GES de la fabrication des principes actifs

Mai 2025



- Une société indépendante, spécialiste de l'évaluation de l'**empreinte carbone des produits de santé**, grâce à une approche simple et robuste, qui permet de réduire les coûts avec un niveau de qualité amélioré.
- Spécialiste de l'**Analyse de Cycle de Vie** des produits de santé et des parcours de soins
- Développement d'une **base de données sur l'empreinte carbone des médicaments**

À propos d'Ecovamed

Une start-up souhaitant promouvoir
un approvisionnement durable
des produits de santé

Préambule

- ✓ L'empreinte carbone du berceau à la porte d'un principe actif peut se résumer aux émissions de scope 1 de l'ensemble des acteurs de la chaîne d'approvisionnement si l'ensemble des entreprises intervenant directement et indirectement dans la production sont prises en compte (extraction des matières premières, producteurs d'énergie, culture des intrants végétaux, transports entre l'ensemble des acteurs, traitement des déchets, fabrications des matières premières, des équipements et des usines, émissions fugitives).
- ✓ Il devrait donc être possible de résumer l'empreinte carbone d'un principe actif avec les 3 éléments suivants :
 1. consommation d'énergie de l'ensemble des acteurs cités ci-dessus (kWh d'électricité, MJ de chaleur, tonnes.km de transport exprimées en litre de carburant).
 2. émissions directes de GES: incinération de déchets, traitement biologique des eaux usées, émissions issues de l'agriculture (N_2O , CH_4 , CO_2 , changement d'affectation des sols), émissions des procédés chimiques (inclus fabrication ciment et acier) ou biologiques (N_2O , CO_2).
 3. Consommation de matières premières fossiles à usage non énergétique (pétrochimie, carbochimie), exprimées en kg de pétrole, kg de charbon ou m^3 de gaz naturel.

Note : les consommations d'énergies pour le traitement des déchets et l'extraction des matières premières fossiles n'est pas inclus dans la partie 1

- ✓ L'obtention d'une telle décomposition pourrait permettre d'appréhender sous un nouvel angle les leviers de décarbonation de la consommation française de principes actifs.

Objectifs du projet

Le programme pluriannuel de travail sur la Santé, le Climat et la Résilience de *The Shift Project*, vise à améliorer la compréhension du système de santé au prisme de la double contrainte carbone : climatique et énergétique. Il vise ainsi à renforcer la capacité des acteurs du système de santé à identifier les risques qui pèsent sur le système, à en assurer la résilience afin de mener la décarbonation au bon rythme, y compris la décarbonation des activités d'autres secteurs dont il dépend.

Dans cette optique, *The Shift Project* souhaite :

- ✓ Obtenir une décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » de plusieurs principes actifs.
- ✓ Avoir une extrapolation de cette décomposition aux 32 000 - 33 000 tonnes de principes actifs consommés en France chaque année.

Champ de l'étude

Les principes actifs suivants ont été analysés, pour avoir un échantillon des différents procédés de fabrication (synthèses issues de la pétrochimie ou de la carbochimie, fermentations, extraction de matières d'origine animale) :

- ✓ **Paracétamol** : il s'agit du principe actif le plus consommé en volume en France (5 400 tonnes/an).
- ✓ **Macrogol** : les grades 4000 et 3350 sont les deuxième et troisième principes actifs les plus consommés en volume en France, sachant que ces deux grades correspondent au même polymère (polyéthylène glycol) avec des masses molaires différentes, le macrogol pourrait être considéré comme le premier principe actif en volume, avec 7 300 tonnes/an.
- ✓ **Metformine** : si on considère le chlorhydrate et la base libre de la metformine, il s'agit du 4^{ème} principe actif le plus consommés en France, avec 1 400 tonnes/an.
- ✓ **L-Alanine** : parmi les principes actifs produits par fermentation, il s'agit du 4^{ème} principe actif le plus important en volume (44 tonnes/an).
- ✓ **Enoxaparine sodium** : il s'agit d'un des principaux principes actifs produits à partir de matière première d'origine animale, avec un volume de 3 tonnes par an.

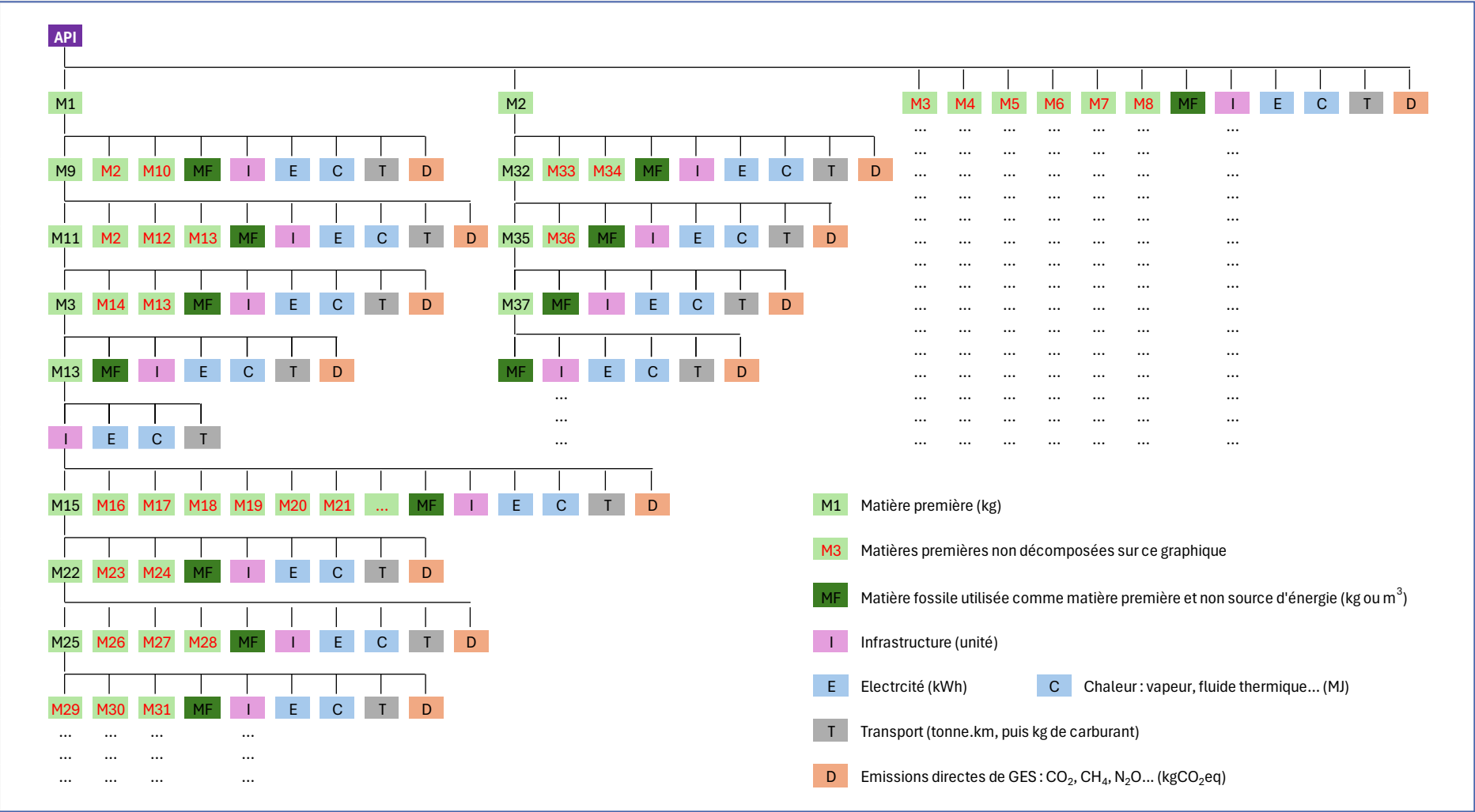
Méthodologie

La décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » de la production des principes actifs a été réalisée selon la méthodologie suivante :

1. Identification du procédé de fabrication dans les brevets et autres documents publics.
2. Réalisation de l'inventaire de cycle de vie du berceau à la porte de l'usine de fabrication du principe actif (quantité de matières premières, d'énergie, de transport, d'infrastructure et de déchets pour fabriquer 1 kg de principe actif), **en réalisant une décomposition qui remonte jusqu'aux « briques élémentaires » qui ne nécessitent qu'énergie / émissions directes / transport / matières fossiles pour leur fabrication** : cf. illustration page suivante pour le paracétamol.
3. Pour chaque brique, collecte des flux nécessaires à leur fabrication selon les inventaires présent dans la base ecoinvent® 3.10 : matières, infrastructure, énergie (électricité et chaleur), émissions directes (en CO₂eq), transport (en tonne.km), matières fossiles (en kg de pétrole, kg de charbon et m³ de gaz fossile). Un critère de coupure de 1% a été appliqué. Le processus est répété pour chaque brique matière et infrastructure, jusqu'à avoir des « briques élémentaires ».
4. Intégration de tous les flux pour 1 kg de principe actif.
5. Vérification que l'ordre de grandeur de l'empreinte carbone du principe actif est bon, en prenant des valeurs moyennes de facteurs d'émissions de l'électricité et de la chaleur.

Décomposition élémentaire (exemple du Paracétamol)

Seules les briques matières en police noire ont été décomposées sur ce schéma (12 briques), mais les 25 autres briques en police rouge ont également été décomposées, et ont donnée lieu à plusieurs dizaines de nouvelles briques qui ont également été décomposées...



Hypothèses générales

Les empreintes carbone ont été évaluées avec les hypothèses suivantes :

- ✓ Production en Asie (Chine et Inde), avec la Chine comme choix prioritaire lorsque des facteurs d'émissions spécifiques existent pour la Chine.
- ✓ Prise en compte des émissions liées à la fabrication des matières premières et des infrastructures (usines), transport des matières premières, l'intégralité de la consommation d'énergie des usines, traitement des déchets.
- ✓ Transport des matières premières : 500 km par défaut, puis répartition des types de transport selon les données Carbone 4 pour le transport des marchandises (22% camion, 70% bateau, 8% train, 0,2% avion). Le transport des principes actifs vers les usines de production de médicaments n'a pas été pris en compte
- ✓ Les catégories d'émissions suivantes n'ont pas été prises en compte : émissions fugitives liées aux fuites de gaz réfrigérants, achats de services et biens indirects (incluant les contrôles qualité), emballages des matières et des produits finis, investissement annuels, déplacement domicile-travail des employés des usines, émissions corporatives (R&D, sièges, filiales commerciale...), déplacement d'affaires. Ces exclusions sont justifiées par le fait que ces processus ne sont pas pris en compte dans la base ecoinvent®.
- ✓ La vérification des empreintes carbone a été réalisée en prenant les facteurs d'émissions de l'électricité et de la chaleur industrielle pour une production à 62% en Asie (50/50 Chine/Inde), 33% en Europe et 5% aux USA (Données fournies par The Shift Project).
- ✓ La non qualité (batchs non conformes) n'a pas été prise en compte.

Paracétamol

- ✓ Hypothèses: une fabrication en Chine/Inde a été considérée, à partir du procédé classique chlorobenzène -> amino-phénol -> paracétamol
- ✓ Empreinte carbone : entre 18 et 20 kgCO₂eq/kg, en fonction des pays et des voies décrites dans la littérature et les brevets.
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » :
 - ✓ 10,5 kWh d'électricité
 - ✓ 51,7 MJ de vapeur
 - ✓ 3,0 kgCO₂eq d'émissions directes (issues principalement du traitement des déchets)
 - ✓ 5,3 tonnes.km de transport (équivalent à environ 0,06 kg de carburant)
 - ✓ 1,3 kg de pétrole (hors usage énergétique)
 - ✓ 1,2 kg de charbon (hors usage énergétique)
 - ✓ 0,6 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane (hors usage énergétique)

Macrogol

- ✓ Hypothèses: une fabrication mondiale a été considérée, à partir du procédé classique éthylène -> oxyde d'éthylène -> macrogol
- ✓ Empreinte carbone : entre 3 et 4 kgCO₂eq/kg
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » :
 - ✓ 1,6 kWh d'électricité
 - ✓ 2,2 MJ de vapeur
 - ✓ 0,9 kgCO₂eq d'émissions directes (issues principalement du traitement déchets)
 - ✓ 0,7 tonnes.km de transport (équivalent à environ 0,01 kg de carburant)
 - ✓ 0,8 kg de pétrole (hors usage énergétique)
 - ✓ 0,4 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane (hors usage énergétique)

Metformine

- ✓ Hypothèses: une fabrication en Chine/Inde a été considérée, à partir du procédé classique carbure de calcium --> dicyanamide -> metformine
- ✓ Empreinte carbone : entre 20 et 26 kgCO₂eq/kg
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » :
 - ✓ 10,6 kWh d'électricité
 - ✓ 71,2 MJ de vapeur
 - ✓ 6,9 kgCO₂eq d'émissions directes (issues des déchets et de la fabrication d'ammoniac)
 - ✓ 13,1 tonnes.km de transport (équivalent à environ 0,14 kg de carburant)
 - ✓ 0,7 kg de pétrole (hors usage énergétique)
 - ✓ 2,3 kg de charbon (hors usage énergétique): production carbure de calcium
 - ✓ 0,3 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane (hors usage énergétique)

L-Alanine

- ✓ Hypothèses: une fabrication en Asie a été considérée, à partir d'un procédé par fermentation de glucose et une simple purification sur résine
- ✓ Empreinte carbone : entre 22 et 27 kgCO₂eq/kg
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » :
 - ✓ 15,9 kWh d'électricité
 - ✓ 84,5 MJ de vapeur
 - ✓ 1,7 kgCO₂eq d'émissions directes (fabrication d'ammoniac, culture céréales pour glucose)
 - ✓ 4,8 tonnes.km de transport (équivalent à environ 0,05 kg de carburant)
 - ✓ 0,1 kg de charbon (hors usage énergétique): production d'ammoniac
- ✓ Le ratio énergie/émissions directes est de 92/7 car il s'agit d'une fermentation ne nécessitant pas une purification avec beaucoup de solvants. Pour les fermentations qui nécessitent des purifications plus poussées, ce ratio énergie/émissions directs devrait être plus faible (typiquement 70/25)

Enoxaparine sodium

- ✓ Hypothèses: une fabrication en Chine a été considérée, à partir d'héparine extraite du mucus de porc, puis transformée en 4 étapes en énoxaparine sodium.
- ✓ Empreinte carbone : entre 8 000 et 10 000 kgCO₂eq/kg. Le principal contributeur est la consommation d'énergie pour l'extraction et la purification de l'héparine (consommation énergétique issue de données publiques, et corrigée dans la version de Mai 2025).
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » :
 - ✓ 5,6 MWh d'électricité
 - ✓ 17,6 GJ de vapeur
 - ✓ 1,9 tonnesCO₂eq d'émissions directes (issues principalement de l'élevage des porcs, y compris le béton des bâtiments et la culture des céréales)
 - ✓ 2 945 tonnes.km de transport (équivalent à environ 144 kg de carburant)
 - ✓ 58 kg de pétrole (hors usage énergétique)
 - ✓ 308 kg de charbon (lié à la construction des bâtiments en béton renforcé pour l'élevage de porc)
 - ✓ 14 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane (hors usage énergétique)

Synthèse

- ✓ Consommation API France : 32 284 tonnes (source: Shift Project)
- ✓ Emissions CO₂ liées à leur production : 1,6 – 1,8 millions de tonnes CO₂eq (avec 23% issus des 27 principes actifs représentant 80% du volume total)
- ✓ Empreinte carbone moyenne : 50 – 56 kgCO₂eq/kg d'API
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » d'un API moyen* :
 - ✓ 30 kWh/kg d'électricité → 971 GWh/an
 - ✓ 114 MJ/kg de vapeur → 3699 TJ/an
 - ✓ 11 kgCO₂eq/kg d'émissions directes → 350 tonnesCO₂eq/an
 - ✓ 18 tonnes.km de transport (0,14 kg de carburant) → 6350 tonnes de carburant
 - ✓ 1,0 kg de pétrole (hors usage énergétique) → 32 713 tonnes de pétroles
 - ✓ 2,3 kg de charbon (hors usage énergétique) → 73 713 tonnes de charbon
 - ✓ 0,4 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane → 13 838 m³ de gaz

* 53 kgCO₂eq/kg. Basé sur 32% Paracétamol + 25% Macrogol + 28% Metformine + 14,6% L-Alanine + 0,4% Enoxaparine sodium

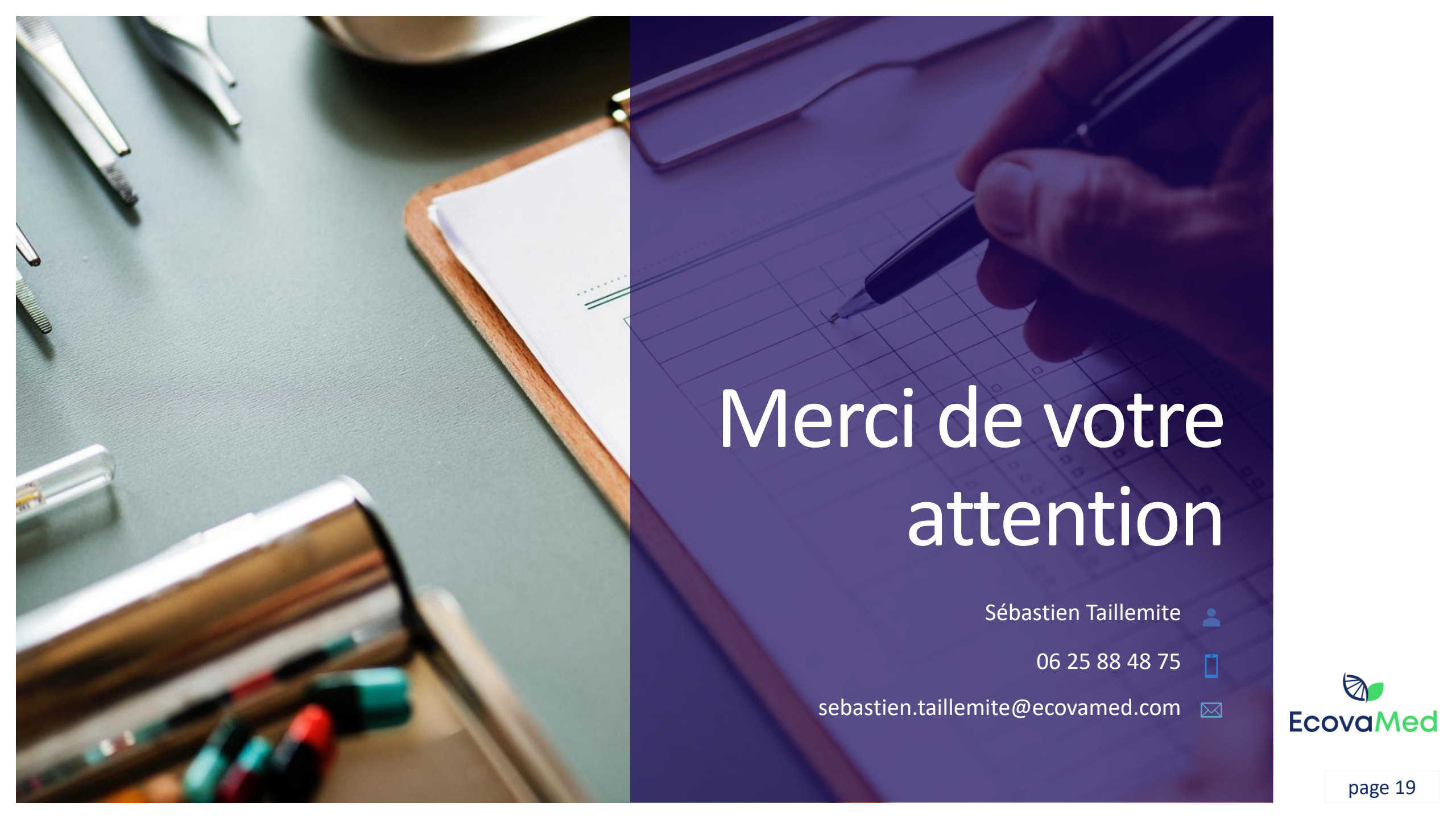
Limites

- ✓ Les masses de 299 principes actifs manquent et il s'agit de principes actifs complexes (ex. vaccins, vancomycine, enzymes...). Potentiellement 0,05-0,20 millions de tonnes CO₂eq supplémentaires.
- ✓ Il est possible que la ratio moyen électricité/vapeur, à 47/53 en kWh, soit un peu trop déséquilibré en faveur de l'électricité, en raison des API qui ont été modélisés. Un ratio 40/60 pourrait être plus proche de la réalité.
- ✓ Les inventaires de cycle de vie de certains building block ont été choisis selon les procédés les plus courants en Chine, ce qui peut avoir tendance à surévaluer la part du charbon qui est utilisée en tant que matière. Ceci est vrai par exemple pour le méthanol, l'ammoniac, l'hydrogène. Il est donc possible que les ratios charbon/pétrole et charbon/gaz naturel soient plus élevés que la réalité (cf. page 18).
- ✓ Les principes actifs modélisés ont des PMI « fossiles » assez faibles, les quantités de matières fossiles utilisées comme matières premières sont peut-être sous-estimées d'environ 30% (basé sur le PMI d'API complexes)
- ✓ La non prise en compte des émissions fugitives, des achats de services et biens indirects, des investissements annuels, des déplacements domicile-travail et des émissions corporatives sous-estime probablement les émissions totales de 10-15%, sachant que ces catégories d'émissions sont généralement inférieures à 5% des émissions totales pour les principes actifs à grand volume (ce qui justifie leur exclusion pour ces produits, selon les critères de coupure classiques en ACV), et peuvent représenter 5-25% des émissions totales pour les principes actifs plus complexes (20% des volumes totaux). Les émissions totales annuelles dues à la consommation des principes actifs dont la masse a été évaluée pourraient donc être de l'ordre de 2 millions de tonnes CO₂eq.

Extrapolation issue des limites présentées page 15

- ✓ Consommation API France : 34 000 tonnes
- ✓ Emissions CO₂ liées à leur production : 2,0 - 2,2 millions de tonnes CO₂eq, incluant toutes émissions des usines
- ✓ Empreinte carbone moyenne : 60-65 kgCO₂eq/kg d'API
- ✓ Décomposition « énergie / émissions directes / ressources fossiles » d'un API moyen* :
 - ✓ 30 kWh/kg d'électricité → 1020 GWh/an
 - ✓ 180 MJ/kg de vapeur → 6120 TJ/an
 - ✓ 10 kgCO₂eq/kg d'émissions directes → 340 000 tonnesCO₂eq/an
 - ✓ 15 tonnes.km de transport (0,16 kg de carburant) → 5500 tonnes de carburant
 - ✓ 2 kg de pétrole (hors usage énergétique) → 68 000 tonnes de pétrole
 - ✓ 1 kg de charbon (hors usage énergétique) → 34 000 tonnes de charbon
 - ✓ 0,4 m³ de gaz naturel/éthane/propane/butane → 13 600 m³ de gaz

- 60 kgCO₂eq/kg



Merci de votre attention

Sébastien Taillemite 

06 25 88 48 75 

sebastien.taillemite@ecovamed.com 

Primary feedstock use for chemical production

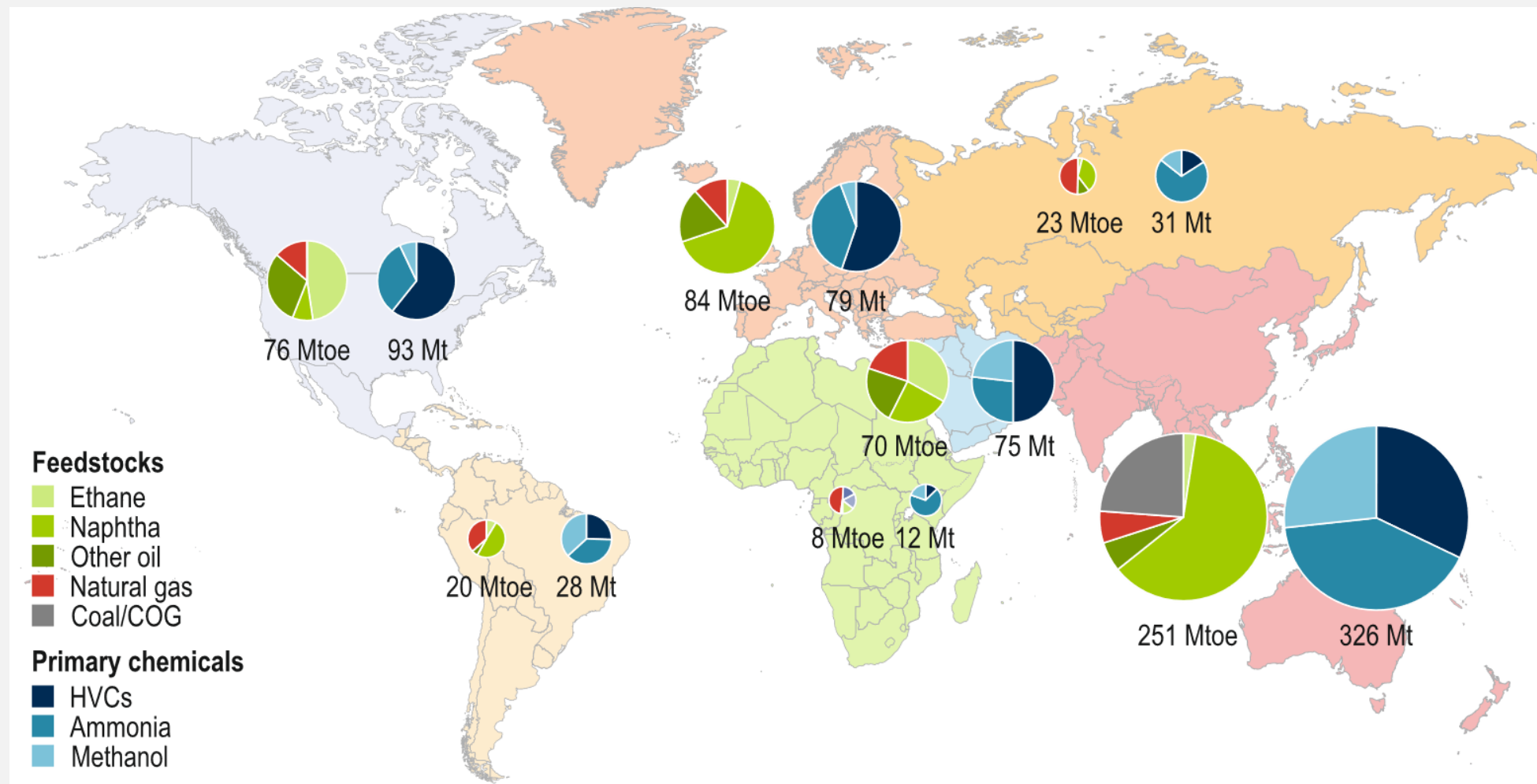


Figure: Primary feedstock use and chemical production by region [1]. The left pie chart of the pair for each region displays feedstock usage, while the right pie chart displays primary chemical production. The pie charts are sized in proportion to the total quantity (million tonnes of oil-equivalent (Mtoe) or million tonnes (Mt)) in each case.

Source: <https://www.chemistryviews.org/raw-material-change-in-the-chemical-industry/>