



SANTÉ, CLIMAT, RÉSILIENCE :

DÉCARBONONS LES INDUSTRIES DU DISPOSITIF MÉDICAL

RAPPORT INTERMÉDIAIRE - JANVIER 2025



DANS LE CADRE DU
PLAN DE TRANSFORMATION
DE L'ÉCONOMIE FRANÇAISE



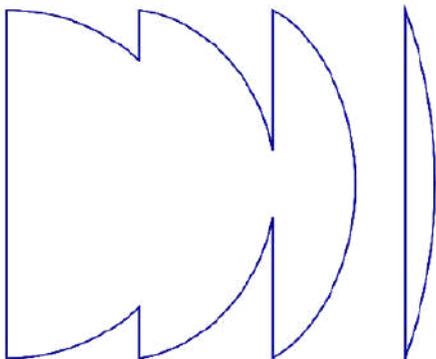
Chère relectrice, cher relecteur,

Vous pouvez lire ce rapport préparatoire sous .pdf et nous faire vos retours par mail à indus-sante@theshiftproject.org, ou ici sous Google Docs, à coup de commentaires et de “Suggestions” directement dans le texte.

Notez qu’en faisant des commentaires et suggestions dans ce document Google Docs, vos propositions seront visibles par tout le monde. Si vous souhaitez faire des modifications directement dans le texte, ce que nous espérons, mais pas sur ce document public, vous pouvez télécharger directement ce document en version Word.

Oui, il se peut que certaines suggestions et certains commentaires soient désagréables : c’est le jeu du débat, de la contradiction et de l’ouverture. Nous comptons sur votre bienveillance, et nous nous efforcerons de veiller à ce que le document reste tout de même agréable à lire.

Au plaisir de débattre et d’avancer ensemble,
Les équipes Santé et Industrie du *Shift Project*



Nota bene : Les interprétations, positions et recommandations figurant dans ce rapport ne peuvent être attribuées ni aux contributeurs, ni aux relecteurs. Le contenu de ce rapport n’engage que le Shift Project.



AVANT-PROPOS

Après avoir mené d'importants travaux sur la [décarbonation du système de santé français](#), puis sur la [décarbonation du secteur de l'autonomie](#) avec la CNSA et l'EN3S, *The Shift Project* s'attèle aux Industries de Santé. Ces travaux sont menés avec le soutien de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) et du Haut Conseil pour l'Avenir de l'Assurance Maladie (HCAAM) au sein de conventions de recherche.

L'objectif : préciser les émissions de gaz à effet de serre (GES) des industries de santé¹ et les voies de décarbonation et de résilience aux chocs énergétiques. Ces constats éclaireront les acteurs économiques et la puissance publique, en particulier sur les actions et les dispositifs susceptibles d'entraîner une décarbonation au bon rythme.

Nos travaux précédents² estiment les émissions de GES des dispositifs médicaux (DM) consommés en France à 10,2 millions de tonnes de CO₂ équivalent (MtCO₂e), et celles des médicaments à 14,5 MtCO₂e, soit respectivement 21 et 29 % des 49 MtCO₂ que représente le système de santé. Ces résultats, obtenus à l'aide de facteurs d'émissions monétaires, doivent être confirmés ou affinés par une analyse physique de la chaîne de valeur, qui permet de mieux déterminer le potentiel réel de décarbonation de leur production.

Les chaînes de valeur des industries de santé sont complexes et mondialisées. En France, elles emploient plus de 200 000 personnes pour près de 95 milliards d'euros de chiffre d'affaires dont la moitié à l'export. Pour assurer sa consommation, la France importe pour près de 50 milliards d'euros, avec un solde légèrement positif pour les médicaments et négatif pour les DM. La France exporte principalement vers l'Union européenne (UE) et les États-Unis. En revanche, si la majorité des importations provient d'entreprises européennes et américaines, la production réelle des médicaments, des DM et de leurs composants n'est pas forcément située dans les pays de cette zone.

Ce travail consiste à décrire le secteur au travers de ses flux physiques (quantités produites, kWh d'électricité consommés pour la production, litres de diesel brûlés pour le transport, etc) pour ensuite mettre en place une méthodologie de traduction de ces flux en émissions de GES.

Pour les dispositifs médicaux, la description en flux physiques consiste à compter les matières premières impliquées dans la production, l'énergie consommée pour leur transformation, etc. Vous trouverez dans ce rapport la description de nos résultats concernant ces flux physiques et une première estimation, encore incomplète, des émissions de gaz à effet de serre associées. **Le projet vise juin 2025 pour finaliser la quantification des émissions de GES et déterminer les leviers de décarbonation.** Des résultats similaires sur les médicaments sont disponibles dans le rapport dédié aux médicaments qui accompagne cette publication.

- **Appel à contributions** : Nous sommes à la recherche de données et d'expertises pour finaliser nos travaux³. Le périmètre couvert est encore incomplet, principalement

¹ Production et transport des médicaments et dispositifs médicaux y compris diagnostic in vitro

² [Décarboner la Santé pour soigner durablement](#)

³ Pour plus de précisions sur les données que nous cherchons voir les parties [ici](#) et [ici](#).



en raison de la difficulté d'accès à des données précises. Cette publication est l'occasion de vous demander de l'aide pour obtenir les bons contacts, accéder aux bonnes sources de données... La qualité de nos résultats finaux dépendra en partie des données ainsi obtenues.

En effet, ce rapport se nourrit des contributions de tous les acteurs concernés et intéressés. Il constitue une nouvelle brique d'un projet de long terme, celui d'une transformation profonde du secteur de la santé dans le cadre du Plan de transformation de l'économie française (PTEF). Notre espoir est de pouvoir éclairer les réflexions et les actions de tous les décideurs politiques et professionnels du secteur pour qu'elles tiennent compte des enjeux énergie-climat. Il s'agit, plus largement, d'informer tous les citoyens et citoyennes intéressés.

Toutes et tous devons prendre conscience que la décarbonation des Industries de Santé est un facteur de résilience du secteur et de notre société, un enjeu de souveraineté pour la France, un enjeu de santé publique et un impératif économique.

Ce travail encore imparfait et incomplet est présenté et discuté lors d'un événement dédié du Shift Project le 16 janvier 2025, selon notre méthode itérative usuelle. Toutes contributions et relectures sont donc les bienvenues : nous avons besoin de vous !



Les équipes Santé & Industrie du PTEF,
The Shift Project



A PROPOS

Clés de lecture pour lecteur plus ou moins pressé et/ou averti

Voici quelques indications pour lire ce rapport, qui est constitué des parties suivantes :

- **Une première partie introductive** : rappel des enjeux énergie-climat et de leurs liens avec les industries du médicament et présentation du présent projet au sein des travaux du Shift Project et notamment de son programme Santé.
- **Une deuxième partie présentant dans les grandes lignes notre méthodologie de travail**, *Pour les lecteurs souhaitant aller à l'essentiel* : Description du périmètre et des méthodologies suivies pour quantifier les volumes et les émissions carbone associées.
- **Une troisième partie présentant les principaux résultats de notre travail**, *Pour les lecteurs souhaitant aller à l'essentiel* : nous précisons le périmètre couvert par ce rapport intermédiaire et nous décrivons nos résultats concernant le périmètre couvert à ce jour.
- **Une quatrième partie présentant les résultats détaillés** : Cette partie reprend chaque catégorie des dispositifs médicaux couverts dans notre périmètre, et détaille l'empreinte carbone associée aux consommations françaises.
- **Une cinquième partie sur les limites de notre travail et les points sur lesquels nous sollicitons votre aide**
- **Un dernière partie sur les leviers de décarbonation** : cette partie est exploratoire et ne vise pas à présenter des conclusions.

Documents complémentaires

Ce rapport est accompagné d'[un rapport similaire sur les médicaments](#).

Pour des **raisons de confidentialité encadrant une partie des données utilisées, nous ne sommes pour le moment pas en mesure de partager les bases de données construites pour ce travail**. Pour le rapport final, nous tâcherons de l'adapter afin qu'elle soit diffusable et ainsi garantir une transparence maximale.

Cela étant, nous restons pleinement disponibles pour échanger sur nos méthodes et partager les hypothèses employées. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter à indus-sante@theshiftproject.org pour toute demande de précision concernant nos méthodologies employés.



Table des matières

AVANT-PROPOS	3
A PROPOS	5
Clés de lecture pour lecteur plus ou moins pressé et/ou averti	5
Documents complémentaires	5
Table des matières	6
À propos du Plan de transformation de l'économie française	8
À propos du think tank The Shift Project	9
Remerciements	10
Votre participation aux travaux : relectures et contributions	13
1. Introduction	14
I - Pourquoi s'intéresser aux industries de santé ?	15
A) Un secteur essentiel	15
B) Un secteur qui contribue fortement au changement climatique	16
C) Les industries de santé face à la double contrainte carbone	22
D) Les interactions avec les autres secteurs	35
II - Les initiatives en cours	35
A) Feuille de route de décarbonation de la filière des industries de santé, comité stratégique de filière - Industries et technologies de santé (CSF-ITS)	36
B) Création d'un outil d'évaluation de l'impact environnemental et social des dispositifs médicaux	38
C) Outil Carebone de l'AP-HP	39
D) Faute de données sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de nombreuses initiatives publiques se concentrent sur la fin de vie	41
2. Méthodologie	43
I - Périmètre	44
A) Chaîne de valeur des industries de santé	44
B) Produits analysés	46
II - Estimations des consommations en France	47
A) Méthodologie générale	50
B) Périmètre d'évaluation	51
C) Sources de données	52
D) Méthodologie détaillée	53
3. Résultats généraux	54
I - Périmètre couvert	55
II - Résultats	56
A) Empreinte carbone	56
B) Flux de matières	59
C) Provenances	61
4. Résultats par catégories	62
I - Industries des dispositifs médicaux : des industries pas comme les autres	63
A) Production en salle propre	64
B) Stérilisation	66
C) Autres contraintes pour les matières premières et les étapes de fabrication	68



II - L’empreinte carbone des consommables à usage unique et des instruments	71
A) Drapage et habillement à usage unique utilisés dans le système de santé	71
B) Les consommables hospitaliers à usage unique en plastique	73
C) Instruments	74
D) Autres consommables hospitaliers	77
E) Consommables utilisés en ville	78
III - L’empreinte carbone des orthèses, des prothèses et des aides techniques	80
A) Dispositifs optiques	80
B) Audioprothèses	83
C) Orthèses	84
D) Prothèses de membres	86
E) Aides techniques	87
IV - L’empreinte carbone des équipements biomédicaux	88
A) Équipements d’imagerie	88
B) Équipements pour pathologies respiratoires	91
C) Autres équipements biomédicaux	92
V - Autres : dispositifs médicaux implantables, numériques, et de diagnostic in-vitro	93
A) Dispositifs implantables	93
B) Dispositifs médicaux numériques	94
C) Dispositifs de diagnostic in-vitro	96
5. Limites et besoins	99
I - Les données, un enjeu crucial et une difficulté majeure pour ce projet	100
II - Appel à contribution	100
6. Leviers de décarbonation : des pistes de réflexion	102
I - Qu’est-ce qu’un levier de décarbonation ?	103
II - Méthodologie de travail pour le chiffrage du potentiel de décarbonation	104
III - Quels leviers potentiels pour décarboner les industries des DM ?	105
A) Leviers potentiels pour décarboner les matières premières	105
B) Leviers potentiels pour décarboner la production	106
C) Leviers potentiels pour décarboner les transports	106
D) Leviers potentiels pour décarboner la fin de vie	107
E) Leviers potentiels pour décarboner l’utilisation	110
F) Leviers potentiels pour décarboner les activités connexes	111
ANNEXES	112
ANNEXE I - Détail du calcul pour les verres optiques	113
A) Estimation des consommations	113
B) Empreinte carbone des matières premières	113
C) Empreinte carbone de la production	116
D) Empreinte carbone des emballages	118
E) Empreinte carbone du transport	119
F) Bilan	123
ANNEXE II - Empreinte carbone des compléments nutritionnelles orales	124
Équipe du projet	126
Personnes référentes	127
Soutiens à l’équipe	128



À propos du Plan de transformation de l'économie française

Le Plan de transformation de l'économie française (PTEF) vise à proposer **des solutions pragmatiques pour décarboner l'économie, secteur par secteur**. Initié au début du premier confinement, il s'inscrit dans la perspective du « monde d'après » et a vocation à alimenter le débat public français. Il s'agit de concevoir à grande échelle un programme systémique destiné à libérer l'économie de sa dépendance aux énergies fossiles et de la rendre neutre en carbone à l'horizon 2050 et effectivement compatible avec la limite des 2 °C désormais communément prise pour objectif à l'horizon 2100.

L'élaboration du PTEF repose sur **quatre piliers** :

- Adopter une approche globale, systémique et cohérente du point de vue des lois de la physique et de la technique, et des flux économiques ;
- S'intéresser aux vraies ressources rares : les ressources physiques et les compétences, l'emploi étant au cœur du dispositif ;
- Faire des propositions pragmatiques, opérables dès à présent et sans regret, de façon à ouvrir un chemin de décarbonation réaliste et cohérent au sein d'une transformation de long terme qui impose un rythme de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'environ 5 % par an en moyenne dès aujourd'hui ;
- Ne pas reposer sur le pari de la croissance économique au sens du PIB (produit intérieur brut) (ce qui semble particulièrement adapté à la période actuelle).

Le PTEF est organisé selon **quatre catégories** :

- secteurs « usages » : mobilité quotidienne, mobilité longue distance, logement ;
- secteurs « services » : santé, autonomie, sport, culture, administration publique ;
- secteurs « amont » : agriculture-alimentation, énergie, fret, industrie lourde, industrie automobile ;
- et enfin chantiers transversaux : emploi, résilience des territoires, cohérence climatique et énergétique.

En 2020, tous les travaux sectoriels et transversaux ont été menés de front. En 2021 et 2022, les travaux de recherche ont continué, secteur par secteur, en consultant et en mobilisant le plus grand nombre d'acteurs possible, puis tous les rapports finaux ont été publiés. Le livre résumant le PTEF « Climat, crises : le Plan de transformation de l'économie française » (Odile Jacob, 2022), et s'est déjà vendu à plus de 100 000 exemplaires. Les rapports et vidéos de présentation sont disponibles ici : <https://ilnousfautunplan.fr/> et sur notre site www.theshiftproject.org.

À partir de 2023, certains travaux sectoriels ou thématiques seront approfondis, d'autres mis à jour ou précisés, et de nouveaux pourront être explorés.



À propos du think tank *The Shift Project*

Le *Shift Project* est un *think tank* qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, sa mission est d'**éclairer et d'influencer** le débat sur la transition énergétique et climatique en Europe.

Le *Shift Project* constitue des **groupes de travail** autour des enjeux les plus décisifs de la transition, produit des **analyses** robustes et chiffrées sur ces enjeux et élabore des **propositions** rigoureuses et innovantes. Il mène des campagnes d'**influence** pour promouvoir les recommandations de ses groupes de travail auprès des décideurs politiques et économiques. Il organise également des **événements** qui favorisent les discussions entre parties prenantes et bâtit des **partenariats** avec des organisations professionnelles et académiques, en France et à l'étranger.

Le *Shift Project* a été fondé en 2010 par plusieurs personnalités du monde de l'entreprise ayant une expérience de l'associatif et du public. Il est soutenu par plusieurs **grandes entreprises** françaises et européennes ainsi que par des organismes publics, des associations d'entreprises et, depuis 2020, par des PME et des particuliers.

Depuis sa création, le *Shift Project* a initié **plus de 50 projets d'étude**, participé à l'émergence de deux manifestations internationales (*Business and Climate Summit*, *World Efficiency*) et organisé plusieurs centaines de colloques, forums, ateliers et conférences. Il a pu influencer significativement plusieurs débats publics et décisions politiques importantes pour la transition énergétique, en France et au sein de l'Union européenne.

L'ambition du *Shift Project* est de mobiliser les entreprises, les pouvoirs publics et les corps intermédiaires sur les risques, mais aussi et surtout sur les opportunités engendrées par la « double contrainte carbone » que représentent ensemble **les tensions sur l'approvisionnement énergétique et le changement climatique**. Sa démarche est marquée par un **prisme d'analyse particulier**, fondé sur la conviction que l'énergie est un facteur de développement de premier ordre : dès lors, les risques induits par le changement climatique, intimement liés à l'usage de l'énergie, relèvent d'une complexité systémique et transdisciplinaire particulière. Les enjeux climat-énergie conditionnent l'avenir de l'humanité ; il est donc nécessaire d'intégrer cette dimension le plus rapidement possible à notre modèle de société.

Il est épaulé par un réseau de dizaines de milliers de bénévoles regroupés au sein d'une association loi 1901 : **The Shifters**, créée en 2014 pour apporter un soutien bénévole au Shift Project. Initialement conçu comme une structure permettant d'accueillir toute personne souhaitant aider le Shift par un travail de recherche, de relais ou de soutien, les Shifters réalisent de plus en plus de travaux indépendants, mais toujours avec un objectif : contribuer efficacement à la sortie des énergies fossiles à l'échelle française et européenne.



Remerciements

Initié mi 2023 avec le soutien de la Caisse nationale de l'Assurance Maladie (CNAM) et mené également avec le soutien du Haut conseil pour l'avenir de l'assurance maladie (HCAAM), ce travail a été conduit par **Baptiste Verneuil** (Chargé de projet au *Shift Project* et pilote du rapport sur les dispositifs médicaux), **Mathis Egnell** (Ingénieur de projet au *Shift Project*, pilote du rapport), **Erwan Proto** (ingénieur de projet au *Shift Project*), **Robin Henocque** (Pharmacien, Shifter et chargé de projet Décarbonation des industries de santé), **Clara Mourgues** (pharmacienne, anciennement chargée de projet au *Shift Project*), **Thomas Rambaud** (conseiller technique et copilote du projet Industries de Santé au *Shift Project*, consultant dans une entreprise de service en santé, membre des *Shifters*) et **David Grimaldi** (conseiller scientifique et copilote du projet Industries de Santé au *Shift Project*, réanimateur, membre des *Shifters*), avec le soutien sans faille de **Claire Traon** (Directrice de mission Transition écologique et santé environnementale, CNAM) et **Bertrand Paradis** (Responsable adjoint du Département des Produits de Santé, CNAM).

Ils ont également été soutenus par **Laurie Marraud** (initiatrice du Programme de recherche Santé-Climat-Résilience au *Shift Project*, maîtresse de conférence en santé publique à l'EHESP et titulaire de la Chaire RESPECT), **Jean-Noël Geist** (coordinateur du Programme de recherche Santé-Climat-Résilience au *Shift Project*), **Héloïse Lesimple** (cheffe de projets affaires publiques au *Shift Project*) et **Mona Poulain** (chargée de communication et événementiel au *Shift Project*).

Ce projet a aussi reçu le soutien de nombreux professionnels du secteur et plus largement de la santé qui ont contribué bénévolement. En acceptant de faire partie du groupe de travail autour de ce rapport, ils ont pris le temps de partager leur connaissance du secteur afin d'estimer au mieux son empreinte carbone et d'identifier les freins et les leviers à sa transition.

Aussi, nous tenons ici à remercier les membres du groupe de travail : **Catherine Perdereau** (Consultante indépendante, GalenXpert, membre des *Shifters*), **Patricia le Gonidec** (Pharmacienne), **Clémence Marque** (Pharmacienne, Présidente d'Adrastia), **Sébastien Taillemite** (Directeur, Ecovamed), **Caroline Rossigneux** (Directrice des affaires publiques, de la RSE, de la communication et des grands comptes, Merck ; membre des *Shifters*), **Marion Prud'homme** (Directrice Affaires Cliniques et Innovation, Sophysa ; membre des *Shifters*), **Max Piffoux** (Interne en médecine, PhD, Hospices Civils de Lyon / Centre Léon Bérard), **Marie Kernec** (Directrice, EHESP International), **Charles Flahault** (Chargé de projet décarbonation des industries de santé, DGE), **Solenn Enoc** (Responsable RSE, Provepharm), **Denis Le Hazif** (Directeur HSE, Laboratoires Mayoly Spindler), **Ines de Maisoncelle** (Cheffe de projet empreinte carbone, AP-HP), **Cécile Klinguer** (Directrice du département Transformation écologique et Santé environnementale, AP-HP), **Eric Bourillot** (Professeur assistant, Université de Bourgogne), **Eric Finot** (Professeur, Université de Bourgogne), **Fouad Bounouidrate** (Directeur de projet Santenov, Dijon Métropole), **Paul-Adrien Mathon** (Pharmacien industriel, l'Académie de la Qualité Efficace, membre des *Shifters*), **Mathilde Aury** (ingénieure R&D chez Astraveus, membre des *Shifters*). L'équipe remercie pareillement l'ensemble des membres du **cercle thématique santé des Shifters** pour leur aide, leur expertise et leurs conseils dans l'élaboration de cette publication



L'équipe remercie pareillement l'ensemble des personnes qui ont apporté leur aide, leur expertise et leurs conseils dans l'élaboration de cette publication, ainsi que les organisations ayant bien voulu partager certaines données et expertises. Les données de terrain sont essentielles à l'élaboration de nos hypothèses et méthodes. Nous tenons ici à les remercier pour leur contribution. Nous remercions ainsi, les personnes suivantes :

Contribution générale :

- **Dr Jean Barret**, chirurgien-dentiste à Bordeaux ;
- **Luc Besançon**, Délégué Général, NèreS ;
- **Catherine Bourrienne-Bautista**, Secrétaire Générale – FEFIS (Fédération Française des Industries de Santé) ;
- **Bastien Fernandez**, Directeur de Recherche, CNRS ;
- **Nicolas Grélaud**, Directeur Général, OpenHealth Company
- **Dr. Hafsah Hachad**, Néphrologue (APHP) et Doctorante sur la Transition Environnementale en Dialyse (UTC-ITE) ;
- **Dr. Thomas Lamarque**, médecin généraliste ;
- **Marie Liandrat**, interne en médecine générale et membre des Shifters ;
- **Romain Rey** ;
- **Marie-Laetitia des Robert**, PhD, Expert-dirigeant, Randa ;
- **Théo Wittersheim**, Chargé d'édition scientifique et technique, The Shift Project.

Contribution pour la partie matériaux, stérilisation et salles blanches :

- **Robert Barrentine**, Sustainability Project Manager, Saint-Gobain Life Sciences ;
- **Virginie Delay**, Directrice RSE & Conformité, SGH Medical Pharma ;
- **Achille Laurent**, Strategic Project Manager, Ecoinvent® ;
- **Christophe Leloutre**, Responsable National Département Ultra-Propreté et Pharma-Cosmétique, SAMSIC, Délégué Régional ASPEC/Nord & Ouest France.

Contribution pour la partie consommables et instruments :

- **Clémentine Brethomé**, Responsable RSE, Biocorp ;
- **Virginie Chasseigne**, Pharmacienne au CHU de Nîmes ;
- **Pierre-Frédéric Degon**, Directeur des Affaires gouvernementales, Abbott France ;
- **Etienne Dubourdieu**, Responsable Unité CIOdm, PHAST ;
- J&J MedTech France ;
- **Ninon Rouvière**, pharmacienne au CHU de Nîmes ;
- **Justine Zampa**, pharmacienne au CHU de Toulouse.

Contribution pour la partie orthèses, prothèse et aides techniques :

- **Clémence Cornet**, CEO de Redeem Médical ;
- **Jean-Baptiste Delande**, Audioprothésiste, Directeur Général Advanced Bionics SARL, Shifters Annecy ;
- **Romain Jagu**, PhD, Directeur R&D – Ophtalmic Compagnie ;
- **Anton Kaniewski**, Responsable recherche et gestion des risques, Institut Robert Merle d'Aubigné ;
- **Victor Lassalle**, journaliste pour Acuité.fr ;
- **Agnes Magniez**, Responsable RSE, Carl Zeiss Vision France ;
- **Mariska Mourik**, Bénévole, Institut Robert Merle d'Aubigné ;
- **Carole Riehl**, PDG Optic for Good ;



- **Philippe Robin**, directeur général de la SCIC ENVIE Autonomie ;
- **Juliette Sabatier**, Journaliste à L'Ouïe Magazine ;
- **SIGVARIS GROUP France**.

Contribution pour la partie équipements biomédicaux

- **Dr. David Ali**, CRTT, Radiothérapie de Versailles ;
- **Camille Bourillon**, service d'imagerie médicale GHDCSS , GT RSE de la société francophone de radiologie, CT santé The Shifters ;
- **Antoine Bertrand**, Chargé de mission RSE pour Trophy ;
- **Paul-Edouard Brugger**, ingénieur biomédical, Hôpitaux Civils de Colmar ;
- **Camille Chalvin**, Responsable Commerciale Régionale Activités Respiratoires, Air Liquide Medical Systems ;
- **Adrien Michaud**, Vice-Président Transformation et Développement Stratégique, Siemens Healthineers France ;
- **Olivier Pasquier**, Directeur Marketing Produits chez Löwenstein Medical France ;
- **Lucie Porte**, ergothérapeute, Hôpital Raymond Poincaré ;
- **Sarah Thiébaud**, Ergothérapeute, formatrice, co-coordinatrice du Réseau pour le Développement Durable en Ergothérapie (R2DE) ;
- **Mélissa Vincent**, Responsable Recherche & Innovation et Responsable RSE Philips FRANCE ;
- **Benoit Waeckel**, concepteur mécanique dans l'industrie des dispositifs médicaux.
- **Pr. Laurent Zieleskiewicz**, AP-HM.

Contribution pour la partie numérique, implants et diagnostic in-vitro :

- **Dr. Julien Brunier**, Microbiologiste, Responsable RSE-SSE Biogroup Ouest, membre des Shifters ;
- **Jean-Marie Cabrières**, Directeur de la Communication-RSE et site - Roche Diagnostics France ;
- **Fatima Diyani**, Responsable RSE, Roche Diagnostics France ;
- **Françoise Gay-Andrieu**, Responsable Affaires Médicales, Roche Diagnostics France ;
- **Quentin Le Masne**, Cercle Thématique Santé des Shifters ;
- **Dr. François Outteryck**, Groupement des Hôpitaux de l'Institut Catholique de Lille (GHICL) ;
- **Romain Prêcheur**, Middle East/Turkey/Russia CFO, bioMérieux ;
- **Mickaël Vaillant**, Direction des Services Numériques, CHU d'Angers.

Nous remercions également l'**Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM)**, le **Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales (Snitem)**, la **Fédération Française des Industries de Santé (FEFIS)** et **Randéa**. Nous remercions enfin notre partenaire académique la **Chaire RESPECT** (RÉSilience en Santé, Prévention, Environnement, Climat et Transition) de l'**EHESP** pour ses contributions, et nos partenaires sur l'ensemble du programme de recherche la la **CNAM** (Caisse Nationale de l'Assurance Maladie) et le **HCAAM** (Haut Conseil pour l'Avenir de l'Assurance Maladie).



Votre participation aux travaux : relectures et contributions

Ce rapport est un point d'étape intermédiaire : il vise à définir le cadre physique du problème afin de poser les bonnes questions. Bien qu'il soit déjà le fruit d'un travail collectif, il est encore un document de travail imparfait, incomplet et évolutif. Il sera suivi d'un **rapport final en juin 2025**.

Comme vous le constaterez, nous manquons encore de données sur certains sujets. Toutes les sources de données que vous pourrez nous transmettre seront très utiles pour finaliser certains chiffrages. Nous invitons notamment les industriels de santé à nous contacter pour **toute collaboration ou partage de données envisageable** via l'adresse indus-sante@theshiftproject.org. Nous avons préparé une convention concernant le degré de confidentialité d'usage que vous nous permettrez : nous la tenons à votre disposition si vous le souhaitez.

Dans cette logique, nous vous prions d'**envoyer vos remarques, critiques et propositions à l'adresse indus-sante@theshiftproject.org** ou en direct sur sa version Google Docs, sans hésiter, au contraire, à commenter directement dans le document et à proposer en mode « corrections apparentes » des compléments, reformulations, etc.

Encore une fois, vous n'avez pas besoin de lire l'ensemble de ce long document pour nous aider à l'améliorer : toutes les contributions sont les bienvenues.

Nous avons besoin de vous !





01

INTRODUCTION

I – Pourquoi s'intéresser aux industries de santé ?

A) Un secteur essentiel

En 2023, les dépenses en biens médicaux s'élevaient à 802 euros par an et par habitant, dont 60 % pour les médicaments et 40 % pour les dispositifs médicaux (hors ceux utilisés en établissements de santé)⁴.

La production de ces produits de santé repose sur les **industries de santé**, impliquées à chaque étape du cycle de vie des produits, incluant la recherche, le développement, la production, le conditionnement, la mise sur le marché, le marketing. En France, ces industries jouent un rôle économique majeur, avec plus de 200 000 emplois générés et un chiffre d'affaires supérieur à 100 milliards d'euros, dont 43% proviennent des exportations^{5 6}.

Les industries des dispositifs médicaux (DM) représentent en particulier près de 100 000 emplois directs et indirects en France. Selon le Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales (Snitem), le secteur rassemble 1 393 entreprises, majoritairement des PME, réalisant un chiffre d'affaires global de 32,5 milliards d'euros. Avec un taux de croissance annuel moyen de 2,5 % entre 2017 et 2023, l'activité de ces industries témoigne d'une progression soutenue.

Encadré : le dispositif médical, définition

Selon la définition du Code de la Santé Publique (article L5211-1), « *On entend par dispositif médical : tout instrument, appareil, équipement, logiciel, implant, réactif, matière ou autre article, destiné par le fabricant à être utilisé, seul ou en association, chez l'homme pour l'une ou plusieurs des fins médicales mentionnées ci-après et dont l'action principale voulue dans ou sur le corps humain n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens* ».

La production industrielle de ce secteur est extrêmement diversifiée, comportant **plus de 20 000 types de produits**⁷, allant des produits du quotidien comme les pansements, les masques chirurgicaux, les seringues, jusqu'à des équipements sophistiqués comme les scanners, les valves cardiaques, ou les prothèses articulaires.

On inclut ici dans le terme *dispositif médical*, les dispositifs médicaux de diagnostics in-vitro (dit DM-DIV), c'est-à-dire les produits ou instruments destinés à être utilisés in vitro

⁴ INSEE, Dépenses de santé, 2024. *Insee Références*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8242387?sommaire=8242421>

⁵ LEEM, L'industrie pharmaceutique : portrait d'un secteur stratégique pour la France. 2024.

<https://www.leem.org/sites/default/files/2024-10/Portrait%20d%27un%20secteur.pdf>

⁶ Snitem, Panorama et analyse qualitative de la filière des dispositifs médicaux en France, 2024.

<https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2024/02/Snitem-Panorama-chiffre-des-DM-2023.pdf>

⁷ ANSM, Notre périmètre - Les dispositifs médicaux et les dispositifs médicaux de diagnostic in vitro (DMDIV).

<https://ansm.sante.fr/qui-sommes-nous/notre-perimetre/les-dispositifs-medicaux-et-les-dispositifs-medicaux-de-diagnostic-in-vitro/p>



dans l'examen d'échantillons provenant du corps humain (sang, urine, tissus, etc.).

La production de dispositifs médicaux repose sur une **chaîne de valeur complexe et diversifiée**, impliquant une grande diversité de **sous-traitants** : mécanique, plasturgie, conception, matériaux, électronique, stérilisation, métallurgie, conditionnement, textile, etc. Si cette chaîne de valeur repose en partie sur des sous-traitants français, elle dépend *in fine* le plus souvent d'importations étrangères. Par exemple, les DM en plastique sont indirectement issus du pétrole, une ressource importée en quasi-totalité, ce qui souligne la dépendance de ces industries aux marchés internationaux.

La balance commerciale des dispositifs médicaux en France révèle un **déficit de 4,2 milliards d'euros**, contrastant avec une balance commerciale européenne excédentaire de 11 milliards d'euros⁸. Selon le Snitem, la filière française du dispositif médical fait face à des défis majeurs, notamment les réglementations et l'accès au marché, et les difficultés de recrutement⁹.

B) Un secteur qui contribue fortement au changement climatique

1. Les industries de santé : principales sources d'émissions de gaz à effet de serre du système de santé français

S'il y a des secteurs que l'on associe naturellement aux enjeux climatiques et à la nécessité de décarboner, le secteur de la santé n'en fait pas intuitivement partie. Pourtant, pour fonctionner 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, le système de santé français consomme de grandes quantités de ressources, notamment énergétiques¹⁰ : du charbon pour produire nos principes actifs en Asie, du pétrole pour transporter les patients à l'hôpital ou encore, du gaz pour chauffer les cabinets médicaux.

Or, **en plus d'induire des émissions de gaz à effet de serre, ces activités traduisent une forte dépendance du système de santé aux approvisionnements en ces ressources**. De cette dépendance découle une grande vulnérabilité du secteur en cas de perturbation sur leurs chaînes d'approvisionnement. En témoignent les effets de la crise énergétique 2022 qui s'est traduite par une forte augmentation des importations, parfois des pénuries de certains produits et une augmentation des factures énergétiques pour le secteur.

Ainsi, le fonctionnement actuel du système de santé produit un cercle vicieux où les conséquences sanitaires du changement climatique augmentent la pression sur le soin qui, en réponse, augmente sa consommation de ressources et donc sa contribution au dérèglement climatique et sa vulnérabilité. Cette vulnérabilité est d'autant plus importante que le vieillissement de la population et l'augmentation des maladies chroniques entraîneront par ailleurs une hausse de la demande en soins.

⁸ MedTech Europe, Facts & Figures 2024.

<https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2024/07/medtech-europes-facts-figures-2024.pdf>

⁹ Snitem, Panorama et analyse qualitative de la filière des dispositifs médicaux en France, 2024.

<https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2024/02/Snitem-Panorama-chiffre-des-DM-2023.pdf>

¹⁰ Andrieu et al., Health-care systems' resource footprints and their access and quality in 49 regions between 1995 and 2015: an input-output analysis. *The lancet planetary health*, 2023.

[https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanplh/PIIS2542-5196\(23\)00169-9.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanplh/PIIS2542-5196(23)00169-9.pdf)



Fort de ce constat, The Shift Project travaille depuis 2021 sur un vaste programme de travail Santé, Climat, Résilience, visant à comprendre ce que le secteur de la santé peut et doit faire pour sortir de sa dépendance aux énergies fossiles et baisser ses émissions de gaz à effet de serre.

Rappelons que l'objectif prioritaire fixé par l'Accord de Paris¹¹ est de maintenir « l'augmentation de la température moyenne mondiale **bien en dessous de 2°C** au-dessus des niveaux préindustriels » et de poursuivre les efforts « pour **limiter l'augmentation de la température à 1,5°C** au-dessus des niveaux préindustriels. » et que la Loi européenne sur le climat¹² vise l'atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050 pour tous les secteurs d'activité.



Le premier rapport du Shift Project de ce programme santé, intitulé "[Décarboner la Santé pour soigner durablement \(2023\)](#)" a été publié en 2021 et mis à jour deux ans plus tard. Il avait pour objectif de mesurer l'empreinte carbone du secteur de la santé français et d'établir une trajectoire de décarbonation.

Dans ce rapport, l'empreinte nous avons évalué à plus de 49 millions de tonnes équivalent CO₂ (tCO₂eq), soit 8 % de l'empreinte carbone nationale. Ce calcul a permis, entre autres, de mettre en évidence **l'importance prépondérante des émissions liées aux achats de médicaments (29 %) et de dispositifs médicaux au sein du secteur (21 %) (Figure 1)**. Il a également permis de montrer que les émissions générées par le secteur de la santé sont significatives et qu'il est urgent de planifier et d'engager une transformation écologique majeure pour ce secteur.

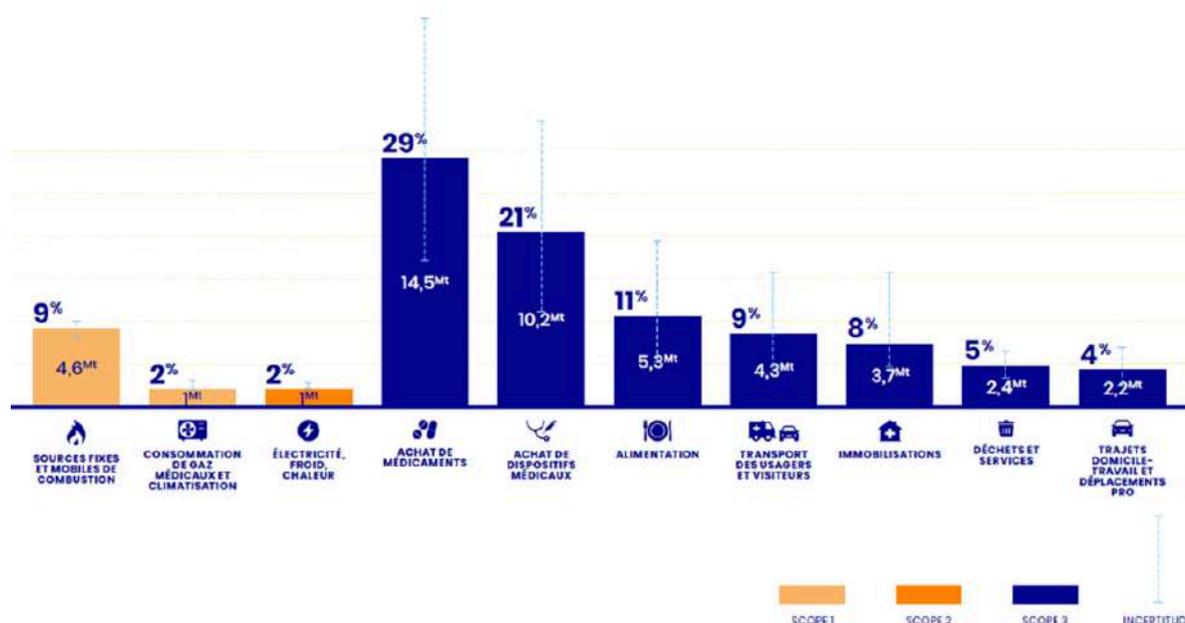


Figure 1 - Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé français (MtCO₂e)
 Source : Calculs The Shift Project 2023 - à noter que les chiffres relatifs aux dispositifs médicaux ont aujourd'hui été modifié, voir encadré 1

¹¹ Adopté par 195 nations le 12 décembre à Paris le 12 décembre 201525. <https://www.economie.gouv.fr/laccord-de-paris>

¹² La loi européenne sur le climat a été publiée dans le Journal officiel le 9 juillet 2021 et est entrée en vigueur le 29 juillet 2021



Encadré 1 : Erratum : rectification de nos résultats de 2023 concernant l’empreinte carbone des dispositifs médicaux

Dans notre rapport publié en 2023, nous avons estimé les consommations françaises de dispositifs médicaux à **32,4 milliards d’euros**, sur la base de calculs détaillés dans notre rapport technique¹³. Toutefois, les travaux menés dans le cadre de la Feuille de Route Décarbonation de la filière Industries et Technologies de Santé¹⁴ ont pointé que ces consommations s’élèvent en réalité à **21 milliards d’euros pour notre année de référence**, 23,6 milliards d’euros aujourd’hui¹⁵.

Cette nouvelle estimation met en évidence une surestimation de notre part : nos calculs, basés sur des données monétaires de consommation, avaient conduit à une empreinte carbone évaluée à **10,2 millions de tonnes équivalent CO₂ (MtCO₂e)**. En appliquant le même facteur d’émissions de l’ADEME¹⁶, cette empreinte carbone révisée serait désormais de **6,6 MtCO₂e**, soit une baisse de 35%.

Il convient de noter que cette rectification, bien qu’elle ajuste nos estimations quantitatives, **ne remet pas en cause les conclusions principales de notre étude**. Les enjeux et recommandations concernant la décarbonation des dispositifs médicaux restent pleinement pertinents et justifiés.

Un deuxième rapport intitulé [“Décarbonons le secteur de l’Autonomie \(2024\)”](#) attribue 7 % des émissions du secteur aux achats de produits de santé et hospitalisations, sur les 1,5 % de l’empreinte carbone du pays que représente le secteur de l’autonomie.

Ainsi, le secteur de la santé contribue aux émissions de gaz à effet de serre et, **les émissions liées à la production des médicaments et des dispositifs médicaux** en représentent une part importante.

Ces résultats ne sont d’ailleurs pas spécifiques à la France et se retrouvent également dans les publications sur les systèmes de santé britannique¹⁷, chinois¹⁸, australien¹⁹ ou encore autrichien²⁰.



¹³ The Shift Project, Décarboner la santé pour soigner durablement, rapport technique, 2023.

https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/04/Rapport-final_-Rapport-technique-v2-2023.pdf

¹⁴ DGE, Feuille de route des industries et technologies de santé – Volet 1 : Filière pharmaceutique. 2023.

<https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Actualites/2023/2023-12-feuille-de-route-decarbonation-pharma.pdf>

¹⁵ Le cabinet Randeau en appui de la Feuille de route a identifié que nous avons comptabilisé deux fois le chiffre d’affaires relatif aux importations françaises de dispositifs médicaux, aboutissant ainsi à une surestimation du chiffre d’affaires total.

¹⁶ 315 kgCO₂e/k€ d’après ADEME, Guide sectoriel à la réalisation d’un bilan de gaz à effets de serre- santé, 2019.

https://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/Guide-Sectoriel-sante_ext

¹⁷ Tennison et al, Health care’s response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7887664/>

¹⁸ Wu et al, The carbon footprint of the Chinese health-care system: an environmentally extended input–output and structural path analysis study, <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2819%2930192-5>

¹⁹ Malik et al, The carbon footprint of Australian health care <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2817%2930180-8>

²⁰ Weisz et al, Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920301828>



2. Un besoin d'approfondir la connaissance de l'empreinte carbone des industries de santé

Comment alors expliquer l'importance des émissions des industries de santé ?

La **première raison se trouve dans le volume**. Plus nous consommons, plus nous émettons. Or, en France, nous consommons beaucoup de médicaments et de dispositifs médicaux. Pour donner quelques chiffres : en France, nous consommons chaque année plus de 56 milliards d'euros de produits de santé, dont environ 42% pour les dispositifs médicaux²¹. 90 % des consultations se termineraient par une ordonnance de médicaments. C'est 72 % en Allemagne et 43 % aux Pays-Bas²². Autre exemple : nous estimons les consommations hospitalières de gants à usage unique à environ 2 milliards par an.

La **seconde raison se trouve dans l'intensité carbone de production**. Autrement dit, pour produire chaque dispositif médical, on émet des gaz à effet de serre et dans certains cas on en émet beaucoup.

Le problème est qu'à ce jour, nos travaux ne nous permettent pas d'expliquer d'où proviennent exactement ces émissions. En effet, pour estimer les émissions de gaz à effet de serre associées à la consommation des produits de santé, des facteurs d'émissions monétaires de l'ADEME ont été utilisés : 500 gCO₂e par euro de médicaments achetés et 315 gCO₂e par euro de dispositif médicaux²³. Si ces derniers ont l'avantage de produire une estimation rapide des émissions de GES à l'échelle macroscopique et ainsi d'obtenir un ordre de grandeur des émissions, ils présentent plusieurs limites. **Une première limite est qu'ils ne permettent pas d'obtenir une vision détaillée et désagrégée des émissions de GES des produits de santé**. En santé, nous avons besoin de poser un diagnostic pour correctement prendre en charge une personne malade. En carbone, le processus est similaire : nous devons poser un diagnostic pour **identifier et quantifier des leviers de décarbonation**.

Or, une rapide revue de la littérature permet de constater que les résultats sont variables. Certaines analyses de cycle de vie de la littérature semblent indiquer que, selon les produits, une large partie des émissions peut provenir principalement des matières premières^{24 25}, des

²¹ Cf chiffres cités précédemment, d'après LEEM et Randa

²² Enquête européenne réalisée en 2005 à la demande de la Caisse d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés auprès de médecins généralistes

²³ ADEME, Guide sectoriel à la réalisation d'un bilan de gaz à effets de serre- santé, 2019.

<https://bilans-ges.ademe.fr/docutheque/Guide-Sectoriel-sante.ext>

²⁴ Edana, sustainability report, 2015.

<https://www.edana.org/docs/default-source/sustainability/edana-sustainability-report---2015.pdf>

²⁵ Birnbach, M. et al., A condom's footprint - life cycle assessment of a natural rubber condom. 2020. Int J Life Cycle Assess 25. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01701-y>



procédés de production²⁶ ²⁷, de la consommation d'énergie pour l'utilisation²⁸ ²⁹, ou même de la fin de vie³⁰.

Une seconde limite liée aux facteurs d'émission monétaires provient de l'incertitude associée à leur usage que l'ADEME estime à 80 %³¹. The Shift Project y a consacré [une note méthodologique entière](#). Pour ce travail sur les industries de santé, The Shift Project tire aussi de son expérience sur la [décarbonation de l'industrie française en général et notamment de la chimie](#).

Il est donc nécessaire d'approfondir le chiffrage de l'empreinte carbone des industries de santé pour identifier les principales sources d'émissions et comprendre comment et jusqu'à quelle hauteur elles pourront décarboner.

De manière macroscopique, le rapport "Décarboner la Santé pour soigner durablement" identifiait logiquement deux façons de réduire les émissions des produits de santé : réduire leur intensité carbone et/ou diminuer les volumes de consommation. Sans information plus précise sur la production des médicaments et DM, nous avons fait plusieurs hypothèses sur leur capacité de décarbonation (baisse de l'intensité carbone des produits de santé de 0 %, 40 %, 60 % et 80 %), qui nous ont permis d'estimer les besoins de baisse des volumes à mettre en correspondance (Figures 2 et 3). Cette modélisation a permis de mettre en évidence que même avec une décarbonation de 80 % des produits de l'industrie de santé, la demande de soin devrait réduire de 30 % afin d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de 80 % d'ici à 2050 fixés par la SNBC dans le but de respecter l'Accord de Paris.



²⁶ Vozzola, Eric et al., Environmental considerations in the selection of isolation gowns: A life cycle assessment of reusable and disposable alternatives. *American Journal of Infection Control*, Volume 46, Issue 8, 881 - 886
[https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553\(18\)30075-0/fulltext](https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(18)30075-0/fulltext)

²⁷ Ace & Tate, Responsibility Report 2022.
https://downloads.cfassets.net/utajj99zkvj6/4Vrk8EdtP4cGV6lxjzUIYq/94097fc2cb53741c5abc264e507f906b/Ace_Tate_Responsibility_Report_2022.pdf

²⁸ McAlister, Scott et al., The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. 2022. *The Lancet Regional Health – Western Pacific*, Volume 24, 100459
<https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2666-6065%2822%2900074-8>

²⁹ Martin, Marisa et al., Environmental Impacts of Abdominal Imaging: A Pilot Investigation, 2018. *Journal of the American College of Radiology*, Volume 15, Issue 10. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.07.015>

³⁰ Rizan C et al., Environmental impact of personal protective equipment distributed for use by health and social care services in England in the first six months of the COVID-19 pandemic. 2021. *Journal of the Royal Society of Medicine*.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/01410768211001583>

³¹ ADEME, Base Empreinte, Service/Produits pharmaceutiques, 2018. <https://base-empreinte.ademe.fr/>



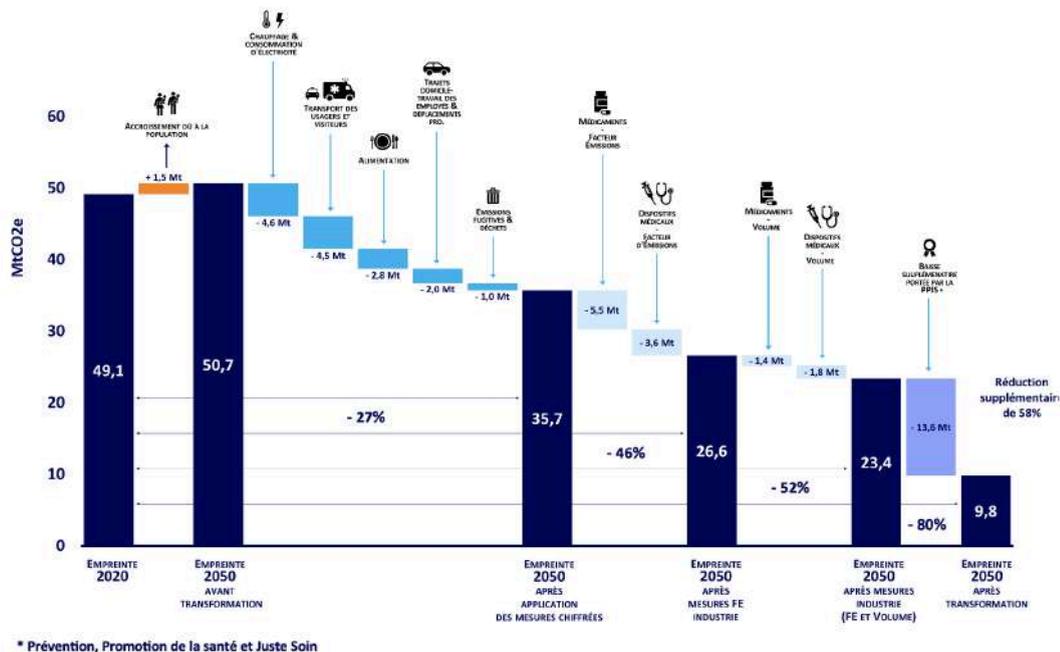


Figure 2 - Évolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé français entre 2020 et 2050 - Cas où les industries de santé baissent leurs émissions de 40% (MtCO₂e)
 Source : Calculs The Shift Project 2023

Dans le travail actuel, nous souhaitons ainsi préciser les calculs des émissions de GES liées à la production des produits de santé sur la base de flux physiques, et objectiver les hypothèses de décarbonation des industries de santé. L'idée est de vérifier de quelle manière l'objectif de réduction de 80% des émissions de carbone du secteur de la santé (objectif proposé dans notre rapport "Décarboner la santé pour soigner durablement" pour une contribution du secteur à l'effort national de décarbonation) peut être atteint : à quel point les industries de santé peuvent-elles décarboner leurs activités ? Quelle part de cette décarbonation sera laissée à la sobriété des soins (prévention, la promotion de la santé et le juste soins) ? Il s'agit de :

- **Chiffrer** l'empreinte carbone des consommations de médicaments et de DM par l'utilisation de données physiques et non monétaires (masse de médicaments, distances pour la logistique, kWh d'électricité pour la production, etc) ;
- **Mettre en lumière les catégories de produits et les parties de la chaîne de valeur les plus carbonées**, pour aider l'industrie à prioriser son travail de décarbonation ;
- **Décrire et chiffrer le potentiel des différents leviers de décarbonation.**



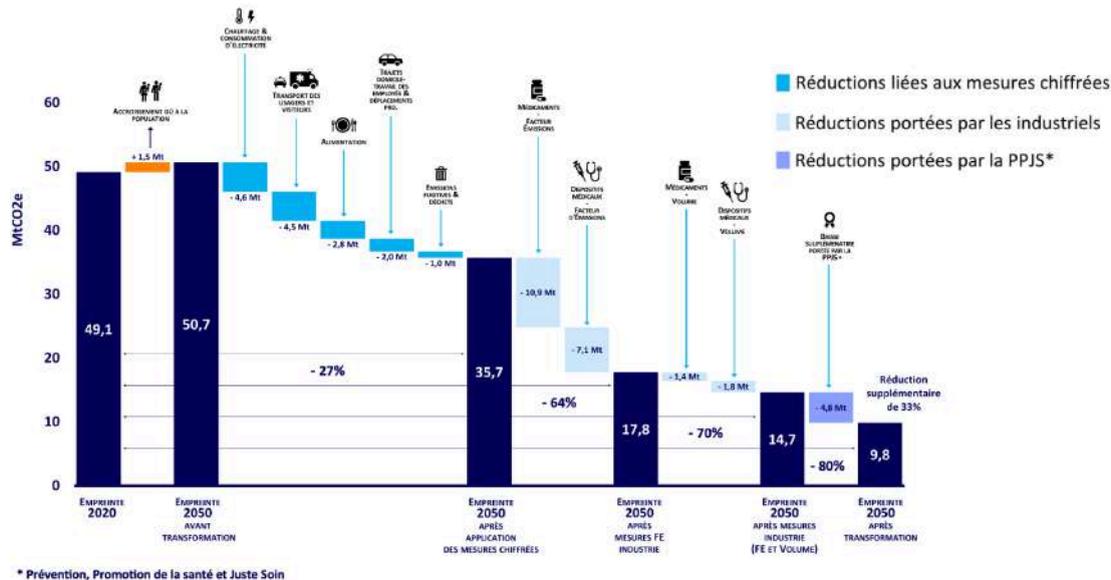


Figure 3 - Évolution des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé français entre 2020 et 2050 - Cas où les industries de santé baissent leurs émissions de 80% (MtCO₂e)
Source : Calculs The Shift Project 2023

C) Les industries de santé face à la double contrainte carbone

Les produits issus des industries de santé revêtent une importance particulière, car ils sont souvent indispensables au maintien de la santé, voire à la survie de nombreuses personnes. Cette spécificité confère à ces industries une responsabilité fondamentale : garantir en toutes circonstances une réponse adéquate à la demande.

Cependant, ces dernières années, la production dans ce secteur a évolué vers des pratiques de flux tendu, entraînant une réduction significative des stocks³². Si cette stratégie permet d'optimiser les coûts et d'accroître l'efficacité, elle fragilise la résilience du système en cas de fluctuations soudaines de la demande. Cette fragilité s'inscrit dans un cadre global où le changement climatique bouleverse les équilibres et impose de repenser les modèles industriels.

1) Qu'est-ce que la double contrainte carbone ?

La pandémie de Covid-19 nous a rappelé que « l'environnement » biologique, géologique, climatique, n'est pas extérieur aux sociétés humaines. **L'ensemble de la société est déjà soumis, et le sera encore davantage, à des contraintes** naturelles fortes avec lesquelles elle ne pourra prospérer qu'au prix de transformations profondes.

Parmi ces contraintes, celle que The Shift Project étudie principalement et a nommé « la **double contrainte carbone** » : en aval le changement climatique et en amont l'épuisement des énergies fossiles.

Le **changement climatique** est causé par des émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine et fait peser sur la société et plus généralement sur le vivant des risques d'une

³² Rapport IGAS N°2021-058R, Les vulnérabilités d'approvisionnement en produits de santé, 2021. https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cqe/produits-sante.pdf



ampleur inédite. Ces risques sont décrits et évalués depuis plus de trois décennies par le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

L'**épuiement des énergies fossiles** (pétrole, charbon, gaz) nous expose à un risque sur leur approvisionnement, particulièrement pour le pétrole en Europe. Dans un contexte de forte dépendance aux hydrocarbures, une baisse de leur disponibilité menace le fonctionnement actuel de la plupart des sociétés humaines. Un risque d'approvisionnement existe également pour certains métaux et pour d'autres matières premières.

Enfin, d'**autres contraintes environnementales** pèsent sur les sociétés humaines et mettent en évidence tout autant de besoins de transformations majeures. Elles découlent de phénomènes tels que la perte de biodiversité, la fragilisation des écosystèmes et des services qu'ils nous rendent, la dégradation des sols, les crises sanitaires, etc. Sans compter les troubles géopolitiques que ces contraintes peuvent provoquer ou aggraver davantage. The Shift Project n'étudie pas directement ces enjeux mais s'intéresse aux moyens d'améliorer la résilience des sociétés et la robustesse de leurs transitions, qui visent à s'affranchir le plus largement et efficacement possible de ces contraintes.

a) D'où vient le changement climatique ?

Depuis la révolution industrielle, **l'humanité a émis des quantités de gaz à effet de serre (GES) à un rythme sans précédent depuis des millions d'années**. Le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal GES émis qui s'accumule dans l'atmosphère pour des dizaines de milliers d'années. Avant la révolution industrielle, la température moyenne à la surface de la Terre était relativement stable depuis plus de 15.000 ans, permettant la sédentarisation et le développement de l'agriculture. Dorénavant, les activités humaines amplifient l'effet de serre naturel, augmentant abruptement la température de la planète avec une modification significative de tout l'équilibre climatique (cycle de l'eau, etc.). L'accumulation des GES dans l'atmosphère conduit à un réchauffement global estimé à 1,3 °C³³ en 2023 par rapport à l'époque pré-industrielle. A ce jour, les émissions mondiales de GES continuent de croître, menaçant d'un réchauffement planétaire de l'ordre de 1,5 °C d'ici au début de la décennie 2030³⁴ au plus tard.

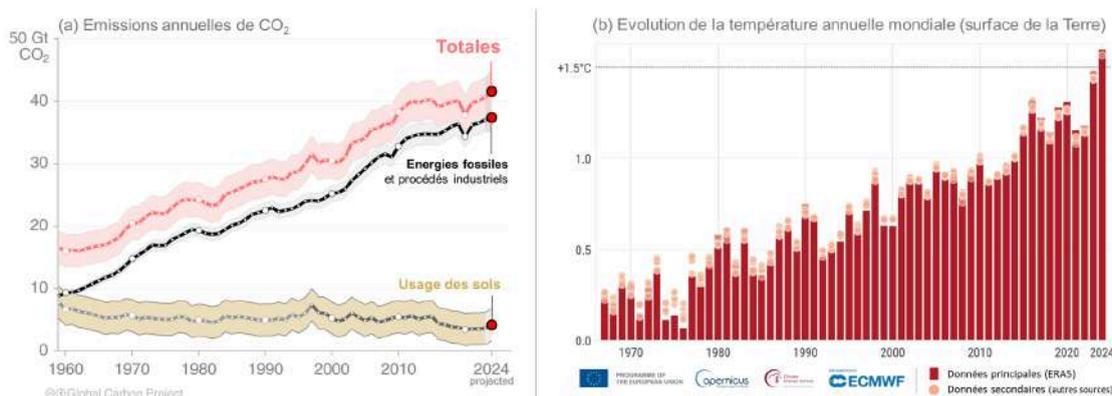


Figure 4 - Hausse des émissions de CO₂ (à gauche) et la température annuelle au niveau mondial à la surface de la Terre, par rapport à l'époque préindustrielle (à droite)
Source : Global Carbon Project 2024, Global Climate Highlight 2024, Copernicus, traductions par The Shift Project

³³ Forster et al. (2024). Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. <https://doi.org/10.5194/essd-16-2625-2024>

³⁴ Le budget carbone restant pour une probabilité de 50 % de limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C est de 235 GtCO₂ au début de 2025. Au rythme des émissions de 2024, ce budget sera consommé en 6 ans. Source : Friedlingstein et al. (2024). Global Carbon Budget 2024. <https://doi.org/10.5194/essd-2024-519>



Les émissions globales de CO₂ (principal gaz à effet de serre³⁵) se sont élevées en 2023 à un niveau record de 41 milliards de tonnes.³⁶ Elles peuvent être décomposées en deux catégories :

1. **Les émissions liées à l'utilisation d'énergies fossiles et aux procédés industriels.** Elles sont les plus importantes et représentent 37 milliards de tonnes de CO₂/an.³ Ces émissions proviennent principalement de la combustion des énergies fossiles (pétrole, gaz ou charbon), par exemple dans les transports (avions, voitures thermiques), pour le chauffage des bâtiments (au fioul ou gaz) ou pour la production d'électricité dans de nombreux pays encore. Plus marginalement, ces émissions proviennent de procédés industriels, soit par "l'oxydation chimique" des énergies fossiles (par exemple pour le raffinage de l'aluminium), soit par "la décomposition des carbonates" (dans la production de ciment³⁷).
2. **Les émissions liées à l'usage des terres, au changement d'affectation des sols et à la foresterie.** Elles représentent près de 4 milliards de tonnes de CO₂/an.³ Ces émissions proviennent de l'agriculture, de la déforestation, de l'artificialisation, etc. Ces activités s'accompagnent d'émissions d'autres gaz à effet de serre comme le méthane, le protoxyde d'azote, etc.

b) Les énergies fossiles, carburant de la croissance actuelle, s'épuisent

L'énergie, principalement d'origine fossile (à près de 80 % aujourd'hui), a été et demeure un facteur essentiel de développement des sociétés thermo-industrielles. L'ensemble de nos biens et services s'appuie (directement ou indirectement) sur de l'énergie pour extraire, déplacer et transformer des ressources dont dépendent tous les secteurs de l'économie (de l'agriculture à l'industrie, en passant par le transport). L'accès à l'énergie joue ainsi un rôle de premier ordre dans l'expansion économique, sociale et démographique des sociétés humaines actuelles, comme l'ont pu jouer l'accès à la santé, à l'eau, à l'éducation, etc.

Cependant, nous sommes entrés dans une nouvelle ère en matière de disponibilité des ressources énergétiques. L'approvisionnement en énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz) et en métaux (cuivre, lithium, nickel, cobalt, etc.) est contraint par leur disponibilité géologique et notre capacité technique et/ou économique à en exploiter les gisements. Bien que leur production soit pour le moment croissante, un pic dans leur extraction est attendu, à commencer par le pétrole, après quoi la quantité extraite chaque année se stabilise et/ou décroît. S'il est difficile d'anticiper avec précision quand chacun de ces pics adviendra, il est indéniable que la capacité d'approvisionnement du système économique est contrainte, à terme. Dans un rapport publié en 2021, The Shift Project estime que **la production pétrolière totale des principaux fournisseurs actuels de l'Union européenne risque de s'établir dans le courant de la décennie 2030 à un niveau inférieur de 10 à 20 % à celui atteint en 2019.**

c) Un futur incertain, des risques à fort impact potentiel

La poursuite au rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre nous expose à des dommages croissants et irréversibles qui présentent des risques considérables. Pour les

³⁵ En 2019, les émissions de CO₂ représentaient 75 % des émissions de gaz à effet de serre. Source : IPCC (2022). Summary for Policymakers, Working Group III to the AR6. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>

³⁶ Friedlingstein et al. (2024). Global Carbon Budget 2024. <https://doi.org/10.5194/essd-2024-519>

³⁷ Inclus l'absorption de CO₂ provenant du processus de carbonatation du ciment.



sociétés humaines, les enjeux énergie-climat se manifestent sous la forme de **risques de deux natures**.

j) Les risques « physiques »

Les risques physiques sont ceux associés aux **conséquences physiques du réchauffement climatique** : hausse de la fréquence et de l'intensité des extrêmes climatiques (canicules, incendies, inondations, sécheresses, tempêtes, etc.), élévation du niveau des mers, perturbation des pluies et des périodes de gel, etc. Parmi ces aléas, l'un des plus parlants est la sécheresse³⁸. Celle des sols va s'accroître, avec des températures moyennes en augmentation et des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes, y compris dès le printemps : de récents travaux indiquent que les épisodes intenses de sécheresse en Europe pourraient être dix fois plus fréquents et 70 % plus longs d'ici 2060³⁹. Au cours des quinze dernières années, la ressource en eau renouvelable en France métropolitaine a diminué de l'ordre de 14 %.⁴⁰

Pour réduire les risques physiques liés au changement climatique, il est essentiel d'un côté de s'adapter en réduisant l'exposition des populations et leur vulnérabilité, et de l'autre en minimisant l'ampleur des conséquences physiques par la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Chaque dixième de réchauffement additionnel aggravera ces risques en :

- menaçant la sécurité alimentaire planétaire (avec la baisse des rendements agricoles sur certaines cultures et zones géographiques)
- augmentant le stress thermique et hydrique (avec la multiplication de pénuries d'eau et des conflits d'usage), questionnant l'habitabilité de certaines régions et alimentant des déplacements massifs de populations et des instabilités géopolitiques et sociales
- menaçant la santé publique (avec la migration des vecteurs de maladies, menaçant l'homme et les animaux d'élevage, la hausse de l'incidence de maladies infectieuses, l'exposition croissante aux chaleurs extrêmes, la dégradation de la santé mentale)
- favoriser des risques humanitaires systémiques, liés à des famines de grande ampleur ou à la submersion de larges parties de littoraux
- perturber les activités économiques et leurs localisations, particulièrement les activités de production industrielle et agricole et les chaînes d'approvisionnement
- plus généralement, dégrader les conditions élémentaires de vie des populations.

Ces risques physiques liés au changement climatique **se distinguent de beaucoup d'autres risques** (juridiques, professionnels, technologiques, etc.), notamment par les aspects suivants :

- Leur **caractère global, parfois irréversible**, et donc **leur ampleur**, qui fait d'eux des risques potentiellement systémiques : ils affectent plus ou moins directement tous les secteurs de l'économie et sont donc en mesure de déstabiliser le secteur financier et celui des assurances.
- La méconnaissance concernant leur **temporalité**, la **manière de se manifester**, leur **combinaison**, bien que l'on soit tout à fait **capable d'évaluer l'ampleur de leurs impacts**. Deux exemples récents en témoignent : la faillite soudaine du fournisseur

³⁸ Les risques liés à la sécheresse sont particulièrement bien caractérisés par le rapport Vers la résilience alimentaire. Faire face aux menaces globales à l'échelle des territoires. (Les Greniers d'Abondance (2020). Première édition, 175 pages) dont ce passage est tiré.

³⁹ Grillakis MG. (2019) Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. Science of The Total Environment. 660:1245-1255

⁴⁰ Ministères de la Transition Ecologique (2024) Explore2 :

<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publicques/explore2-impacts-du-changement-climatique-ressource-eau-horizon-2100>



de gaz et d'électricité PG&E après les incendies en Californie en 2017-2018 et la baisse du niveau du Rhin en 2018, limitant fortement le transport de marchandises sur cet axe.

- La **fenêtre de tir, existante mais très fine**, pour limiter ce réchauffement par des actions soutenues de manière cohérente sur le long terme. The Shift Project défend une **planification de la décarbonation** des activités humaines, rendue possible par une connaissance optimale des émissions de gaz à effet de serre de chaque secteur.
- La **difficulté croissante à résoudre le problème** à mesure que s'allonge le retard. De nombreux facteurs complexifient la transition tant que le réchauffement continue : le coût financier croissant des dégâts à court-terme et la fragmentation géopolitique et sociale associée, le difficile passage à l'échelle de certaines technologies avec la limitation des ressources disponibles (énergies fossiles, minerais, ...), la limite des solutions fondées sur la nature comme la reforestation (par manque d'espace, etc.).
- L'**impossibilité de raisonner en silo**, au risque d'aggraver d'autres enjeux (comme préservation de la biodiversité) et d'aller vers de la « maladaptation » en adoptant des solutions contre-productives à plus long terme (comme la climatisation).

ii) Les risques de « transition » et opportunités

Les **risques de transition** recouvrent l'ensemble des risques associés à la restructuration de l'économie et des modes de vie pour se décarboner. Ils sont, entre autres, liés au changement de notre système de **production**, de **consommation d'énergie** et à la réorganisation territoriale qui en découlerait.

Les industries et les modes de vie des sociétés humaines sont aujourd'hui largement dimensionnés pour l'usage d'hydrocarbures. Passer à un système consommant peu d'énergies fossiles et n'émettant plus de gaz à effet de serre implique donc des transformations profondes et cohérentes.

Pour les entreprises, de tels changements exposent notamment à :

- des risques liés à des mesures politiques (de tarification croissante des émissions de gaz à effet de serre, d'évolution des normes, d'obligations de baisse des émissions, etc.)
- des risques liés à une transition technologique (substituer les technologies actuelles par de nouvelles technologies décarbonées peut être très onéreux, si ce n'est impossible, etc.)
- des risques de réputation et de marché (liés au changement de comportement des consommateurs, au name and shame, etc.).

Pour les populations, un monde en transition est avant tout bénéfique. Il permet de réduire les risques physiques liés au changement climatique et leurs conséquences socio-économiques (impliquant chômage, diminution de revenus, appauvrissement patrimonial, insécurité sanitaire et alimentaire, entre autres), et plus généralement de tendre vers les objectifs de développement durable. La transition expose cependant à d'autres risques sociétaux liés, par exemple, à une transformation de l'aménagement du territoire (une désurbanisation des grandes métropoles, parfois à une densification, etc.) ou à la baisse de la demande. Cela représente aussi une opportunité, par exemple d'adopter de nouveaux modes de vie plus durables, favorisés par des infrastructures et des mesures politiques plus efficaces et favorisant la sobriété. Ou encore une opportunité de rééquilibrage : une répartition juste des efforts à tous les niveaux, individuel comme international, est l'une



des conditions de l'acceptabilité sociale de cette transformation (par une prise en compte différenciée de la responsabilité et des capacités d'action). Pour amoindrir les risques qui lui sont associés, la transition requiert de laisser le temps aux concertations, d'apporter une attention aux conséquences et à leur inégale manifestation, des ressources et un engagement de la puissance publique considérables.

d) Une transformation complexe à mettre en oeuvre

Les **transformations décrites jusque ici** (de système énergétique, agricole, productif, d'aménagement du territoire, etc.) sont par nature complexes à organiser, notamment car elles impliquent une multitude d'acteurs. Par ailleurs, elles nécessitent de questionner le recours aux énergies fossiles, qui ont permis jusqu'ici aux économies modernes de fonctionner et de se développer, et dont la quasi-totalité des pays (France compris) restent encore fortement dépendants. De tels changements affecteraient la plupart des flux d'énergie, de matières premières et transformées, de biens et de personnes. Ils concerneraient directement ou indirectement tous les secteurs de l'économie et auraient alors des conséquences sur l'emploi et les organisations.

Par ailleurs, la mise en oeuvre de telles transformations est davantage complexifiée par l'augmentation de la fréquence des crises liées au dérèglement climatique. Lorsqu'une crise survient, la priorité va naturellement à la gestion de l'urgence : préservation des personnes, de la santé humaines et des biens, réparation des dégâts matériels directs puis rétablissement de l'économie à court terme. Il semble donc illusoire d'envisager que la décarbonation de notre économie soit plus facile à mener par l'avenir, en présence inéluctable de tensions croissantes.

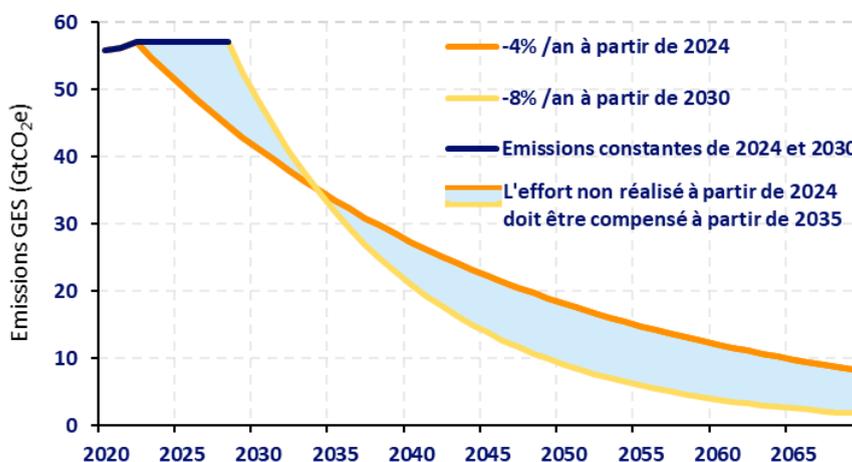


Figure 5 - Trajectoires d'émissions mondiales compatibles avec une hausse de température limitée à 2°C.
Source : Mise en forme par The Shift Project, données UNEP⁴¹

Après de longues années de négociation, un consensus international a émergé sur la nécessité de réduire les émissions de GES dans chaque pays, aboutissant en **2015** à la **signature de l'Accord de Paris par 194 pays**. Cet accord engage chaque pays à agir afin de **contenir le réchauffement planétaire bien en-deçà de 2°C** et de poursuivre l'action menée pour limiter l'élévation des températures à 1,5°C, par rapport à l'ère pré-industrielle.

A ce jour, les efforts des différents Etats en matière d'atténuation du changement climatique restent insuffisants pour respecter cet engagement. Les politiques actuelles ne permettraient

⁴¹ UNEP (2024). Emissions Gap Report 2024. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>



de limiter la **hausse mondiale de la température qu'à 3,1 °C d'ici 2100⁴²**, bien loin de **l'objectif de l'Accord de Paris**.

Pour maintenir le réchauffement planétaire sous les 2 °C, les émissions mondiales devraient être réduites d'au moins 4 % par an à partir de 2024 (et d'au moins 7,5 % par an pour respecter rester sous les 1,5 °C).⁸ Par ailleurs, si la baisse des émissions ne débutait qu'en 2030, ce rythme de réduction annuel des émissions s'élèverait à -8 % par an pour rester sous les 2°C.⁸ Ainsi, d'un côté, plus vite la réduction des émissions mondiales est entamée, plus la transformation des activités pourra se faire graduellement. A contrario, plus nous attendons pour agir, plus les ruptures à venir seront violentes et plus les crises compliqueront la transition. Chaque opportunité ou objectif manqué conduit donc à un risque additionnel.

En France, l'Etat s'est doté d'une Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) pour planifier la réduction des émissions nationales. D'une part, elle fixe un « budget carbone » pour le pays, c'est-à-dire une quantité maximale de gaz à effet de serre qu'il est possible de continuer à émettre d'ici 2050. D'autre part, elle définit une trajectoire de réduction de nos émissions dans tous les secteurs, jusqu'à atteindre la neutralité carbone en 2050, point auquel les quelques émissions françaises résiduelles seraient compensées par les absorptions de nos puits de carbone (forêts, prairies, etc.). Cette stratégie pose ainsi un cadre pour la décarbonation nationale et pour être déclinée au niveau local.

2) Les industries de santé dépendantes à l'approvisionnement en énergie fossile

a) Une dépendance forte au pétrole, au gaz et au charbon

Les ressources fossiles sont omniprésentes dans la chaîne de valeur des industries pharmaceutiques, à la fois à travers des consommations énergétiques et des matières premières utilisées.

- **Des produits de santé dérivés du pétrole**

On retrouve des dérivés du pétrole dans la **composition** même des produits de santé. En effet, des dérivés pétroliers, tels que les plastiques, sont omniprésents, notamment dans les dispositifs médicaux, les emballages⁴³ et comme matière première dans la chimie pharmaceutique^{44 45}, comme nous le confirmerons plus loin dans notre rapport. L'ensemble des plastiques médicaux représentent environ 2% de la consommation totale de plastique mondiale⁴⁶. Concernant les médicaments, de nombreux composés de base de la chimie organique sont dérivés du pétrole. Le craquage du pétrole permet d'obtenir des molécules simples comme l'éthylène, le propylène, le benzène, le toluène et le xylène, composés qui constituent les briques élémentaires de la chimie organique pour la synthèse de molécules

⁴² Ibid.

⁴³ Health Care Without Harm. Measuring and reducing plastics in the healthcare sector. 2021 Sep p. 72. <https://noharm-europe.org/>

⁴⁴ Hess J, Bednarz D, Bae J, Pierce J. Petroleum and Health Care: Evaluating and Managing Health Care's Vulnerability to Petroleum Supply Shifts. Am J Public Health. 2011Sep;101(9):1568-79

⁴⁵ Références inspirées des travaux de Thomas Lamarque, Oil footprint of the French healthcare system : life cycle inventory by tiered hybrid analysis. Université de Strasbourg; 2023.

⁴⁶ Rizan C, Mortimer F, Stancliffe R, Bhutta MF. Plastics in healthcare: time for a re-evaluation. J R Soc Med. 2020 Feb;113(2):49-53. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32031491/>



plus complexes et notamment **pour la synthèse de nombreux principes actifs**⁴⁷. De plus, dans la synthèse d'un principe actif, la réaction chimique nécessite un milieu réactionnel. **Les solvants industriels** comme l'acétone, le toluène et dichlorométhane **sont également issus de la pétrochimie**. Les consommations de ressources fossiles à usage non énergétique utilisées dans la production des principes actifs sont détaillées dans le rapport concernant les médicaments..

- **Des procédés de transformation reposant sur la combustion d'énergie fossile**

Le pétrole, ainsi que les autres sources d'énergie fossiles, sont largement consommés dans certains procédés de transformations énergivores. Les usines de fabrication de principes actifs et d'excipients consomment de l'énergie fossile pour chauffer, refroidir, distiller, synthétiser, purifier et sécher les composés. La consommation d'énergie de procédé représente d'ailleurs dans certains cas la majeure partie de l'utilisation de ressources fossiles dans la fabrication des médicaments⁴⁸.

- **Logistique et chaîne d'approvisionnement**

Comme nous le montrons dans nos deux rapports sur les industries de santé, les consommations françaises de produits de santé reposent en grande partie sur des importations. En effet, les produits dépendent également d'une chaîne d'approvisionnement complexe. Il faut ainsi environ 70 kg de matières premières afin de produire un kg de principe actif⁴⁹. On compte plusieurs milliers de fournisseurs pour la production d'un IRM, et une entreprise comme *Siemens Healthineers* a recours à 40 000 fournisseurs, répartis sur 120 pays⁵⁰.

Ces produits intermédiaires doivent alors être déplacés entre les différents sites de production, à travers du fret routier, aérien ou maritime. **Quel que soit le mode de transport utilisé, celui-ci repose aujourd'hui majoritairement sur la consommation de pétrole.**

b) Une vulnérabilité face aux crises d'approvisionnement en énergie fossile

Ainsi, la dépendance des produits de santé aux énergies fossiles se manifeste à tous les niveaux de leur production et distribution.

La vulnérabilité des produits de santé à l'égard du pétrole a d'ailleurs été identifiée dès 1973 à la suite du premier choc pétrolier⁵¹.

Or 99% du pétrole consommé en France est importé⁵², un chiffre qui illustre la dépendance structurelle du pays envers les producteurs étrangers. Cette forte dépendance s'observe

⁴⁷ Glenn DH. The hidden energy crisis: oil and gas raw materials in medicine. *Tex Med*. 1976. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1006556/>

⁴⁸ Wernet G, et al.. Life cycle assessment of fine chemical production: a case study of pharmaceutical synthesis. *Int J Life Cycle Assess*. 2010. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-010-0151-z>

⁴⁹ Basé sur le calcul du PMI moyen à partir d'une étude calculant le PMI de 20 molécules en phase 3 ou en phase de commercialisation. Henderson et al., Lessons learned through measuring green chemistry performance The pharmaceutical experience, 2007.

<https://www.acs.org/content/dam/acsorg/greenchemistry/industriainnovation/roundtable/lessons-learned-through-measuring-green-chemistry-performance-the-pharmaceutical-experience.pdf>

⁵⁰ Siemens Healthineers, Sustainability Report, 2024. <https://www.siemens-healthineers.com/company/sustainability/report>

⁵¹ Clark GB, Kline B. Impact of oil shortage on plastic medical supplies. *Public Health Rep*. 1981. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1423862/>

⁵² Ministères Aménagement du territoire et transition écologique, Ressources en hydrocarbures de la France, 2025. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publicques/ressources-hydrocarbures-france>



également au niveau du système de santé français⁵³. Cette réalité expose les industries de santé à une **double vulnérabilité**.

D'une part, toute fluctuation des prix du pétrole sur les marchés internationaux se répercute directement sur les coûts de production, notamment pour les dispositifs médicaux et les médicaments dont les chaînes de fabrication s'appuient fortement sur des dérivés pétroliers tels que les plastiques ou les solvants. La forte corrélation du prix de certaines matières premières avec le prix du pétrole reflète leur dépendance étroite, comme montré sur la figure 6.



Figure 6 : évolution du prix du benzène et du baril de pétrole

Source : D'après données INSEE⁵⁴ et Statista⁵⁵

D'autre part, cette dépendance crée une **fragilité géopolitique** : en cas de tensions diplomatiques ou de crises entre la France et les pays exportateurs, l'approvisionnement en pétrole pourrait être compromis, perturbant ainsi l'ensemble de la chaîne de production industrielle en santé.

c) Dépendance aux autres ressources

Les industries de santé reposent sur l'utilisation de nombreuses ressources naturelles qui, en raison de leur raréfaction progressive exposent ces secteurs à des vulnérabilités croissantes. On peut citer, de manière non-exhaustive :

- **Le cuivre**, essentiel à la fabrication des composants électroniques, largement utilisé dans les dispositifs médicaux d'imagerie et les équipements biomédicaux. La demande croissante en cuivre pour les technologies numériques et les infrastructures vertes exacerbe la pression sur son approvisionnement⁵⁶, rendant les industries de santé particulièrement vulnérables à la volatilité des prix et aux pénuries.
- **Certaines terres rares**, par exemple le **gadolinium**, composant indispensable des agents de contraste utilisés en imagerie par résonance magnétique. En 2024, le

⁵³ Andrieu et al, 2022, Health-care systems' resource footprints and their access and quality in 49 regions between 1995 and 2015: an input-output analysis

⁵⁴ INSEE, Cours des matières premières importées - Pétrole brut Brent (Londres) - Prix au comptant en dollars US par baril, 2024. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/010002077>

⁵⁵ Statista, Price of benzene worldwide from 2017 to 2023, 2024. <https://www.statista.com/statistics/1171072/price-benzene-forecast-globally/>

⁵⁶ IFPEN, Le cuivre dans la transition énergétique : un métal essentiel, structurel et géopolitique ! 2020. <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/cuivre-transition-energetique-metal-essentiel-structurel-et-geopolitique>



secteur des équipements médicaux domine l'utilisation du gadolinium, représentant 42,9 % de la demande globale⁵⁷. Cependant, la disponibilité de cette ressource est limitée et dépendante de quelques pays producteurs : en 2020, la Chine a été à l'origine de 97% de sa production⁵⁸.

- **L'hélium**, utilisé pour le refroidissement des aimants supraconducteurs dans les IRM, ressource non renouvelable dont les réserves mondiales sont en déclin. Les pénuries d'hélium, déjà observées ces dernières années⁵⁹, mettent en péril la disponibilité des équipements d'imagerie médicale.
- **Le Cobalt-60**, un isotope radioactif du cobalt, utilisé pour la stérilisation gamma des dispositifs médicaux et des consommables utilisés dans la production des biomédicaments. Ce mode de stérilisation pourrait néanmoins connaître des difficultés d'approvisionnement, car la production mondiale de cobalt-60 risque d'être menacée⁶⁰. En effet, une grande partie du cobalt 60 produit dans le monde est un coproduit de réacteurs nucléaires canadiens, les réacteurs CANDU, qui approchent de la fin de leur durée de vie⁶¹.

3) Les industries de santé subissent également les conséquences du changement climatique

a) Les industries de santé se sont déjà montrées vulnérables face au dérèglement climatique

La fréquence et l'intensité des événements extrêmes ont augmenté de manière significative et indéniable depuis une vingtaine d'années, qu'il s'agisse de feux de forêt, inondations, ouragans, sécheresses et autres perturbations environnementales majeures.

Cette montée en puissance se traduit concrètement par un impact de plus en plus marqué sur les infrastructures clés de nombreux secteurs industriels, dont celui des industries de santé.

En 2017, le cyclone Maria a dévasté Porto-Rico coupant l'électricité pendant plusieurs semaines. Même si les laboratoires de l'île possèdent pour la plupart des groupes électrogènes, la production ne pouvait pas reprendre à cause du manque de main d'œuvre également touchée par les intempéries. Quatre usines de fabrication de *Medtronic* ont par exemple été mises hors ligne pendant près de deux semaines⁶². Rappelons que l'île, particulièrement exposée aux dérèglements climatiques, abrite 116 sites de production dédiés aux industries de santé⁶³. Elle joue un rôle stratégique, assurant notamment la fabrication de 90 % des pacemakers utilisés dans le monde, ainsi que de 8 des 15 biomédicaments les plus vendus dans le monde⁶⁴.

⁵⁷ Future Market Insight, Gadolinium Market Outlook from 2024 to 2034. 2024. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/gadolinium-market>

⁵⁸ Zhao G. et al., Assessing gadolinium resource efficiency and criticality in China. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103137>

⁵⁹ DG Trésor, Le Qatar et l'hélium, 2023. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2023/04/18/le-qatar-et-l-helium>

⁶⁰ Aurora, <https://www.aurora-sterilisation.com/industries/>

⁶¹ Commission canadienne de sûreté nucléaire, 2017.

<https://www.cnsccsn.gc.ca/fra/resources/research/technical-papers-and-articles/2017/candu-reactors-long-term-operation-and-refurbishment/>

⁶² Jim Hammerand, An even larger medtech supply chain shock looms beyond the pandemic, 2021. <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/an-even-larger-medtech-supply-chain-shock-looms-beyond-the-pandemic/>

⁶³ Elizabeth Plaza, Top Entrepreneurial Sectors: Manufacturing and Pharmaceutical Sector. 2020.

<https://camarapr.org/PRC2020/speakers/PP/14-PP-Elizabeth-Plaza.pdf>

⁶⁴ Invest Puerto Rico, BioScience Industry in Puerto Rico. 2021.



Les sites de production en amont de la chaîne de valeur sont tout aussi vulnérables face au dérèglement climatique. En 2023, plusieurs sites indiens de production de principes actifs ont vu leurs activités être suspendues à la suite de différents événements climatiques^{65, 66}. Ainsi, **la vulnérabilité des industries de santé est accentuée par la multiplicité des maillons de sa chaîne de valeur.**

b) Des tensions d’approvisionnement accrues en produits de santé

Les événements climatiques extrêmes viennent ainsi régulièrement fragiliser la chaîne d’approvisionnement. Les conséquences sont alors multiples : délais de livraison prolongés, rupture de stocks de médicaments, augmentation des coûts de production, et pour finir des difficultés pour les patients à accéder aux produits de santé dont ils ont besoin.

Près d’un an après le passage du cyclone Maria sur l’île de Porto Rico, on constatait toujours une **pénurie** de méthotrexate, les cinq producteurs du médicament avaient été impactés par la catastrophe⁶⁷. Plus récemment, l’ouragan Helene a touché le site de production de fluides intraveineux de Baxter en Caroline du Nord. Cette usine américaine fabrique 60 % des solutions intraveineuses et des solutions de dialyse péritonéale du pays. La catastrophe a entraîné des **pénuries dans plusieurs hôpitaux américains et le report de procédures chirurgicales** non urgentes dans tout le pays⁶⁸.

c) Une vulnérabilité systématique et croissante

Si de nombreux exemples semblent appuyer la vulnérabilité des industries de santé face aux événements climatiques, **cette vulnérabilité est en fait généralisée** : ainsi, une étude américaine a montré que plus de **30% des sites de productions de dispositifs médicaux étaient situés dans des zones à risque “très élevé” ou “relativement élevé” face aux catastrophes naturelles**⁶⁹. Ainsi, peu de régions semblent totalement épargnées par les événements climatiques.

https://www.investpr.org/wp-content/uploads/2021/11/IPR_BioscienceSectorProfile_11.20.2021_FINAL.pdf

⁶⁵ The Hindu Bureau, Flash floods disrupt operations at Alembic Pharma’s Sikkim unit, 2023. <https://www.thehindu.com/business/flash-floods-disrupt-operations-at-alembic-pharmas-sikkim-unit/article67381024.ece>

⁶⁶ CNBCTV18.com, Chennai Floods: Natco Pharma temporarily shuts down API plant in Manali Industrial area, 2023. <https://www.cnbctv18.com/business/chennai-floods-natco-pharma-temporarily-shuts-down-api-plant-in-manali-industrial-area-18512511.htm>

⁶⁷ Nicole Kulaga, Drug Shortage Crisis – How Hurricane damage is impacting drugs in the United States. 2018. <https://www.mdchhs.com/2018/08/08/drug-shortage-crisis-how-hurricane-damage-is-impacting-drugs-in-the-united-states/>

⁶⁸ Chris Newmarker, Baxter among medtech companies affected by Hurricane Helene, 2024. <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/baxter-among-medtech-companies-affected-by-hurricane-helene/>

⁶⁹ Kolbe, A and Beleche, T. Linking Medical Product Manufacturing Locations with Natural Hazard Risk: Implications for the Medical Product Supply Chain. Washington, DC: Office of the Assistant Secretary for Planning and Evaluation, 2024. <https://aspe.hhs.gov/sites/default/files/documents/d98ff2756322de8e3f3338d6a423642f/aspe-data-point-natural-hazards-manufacturing.pdf>



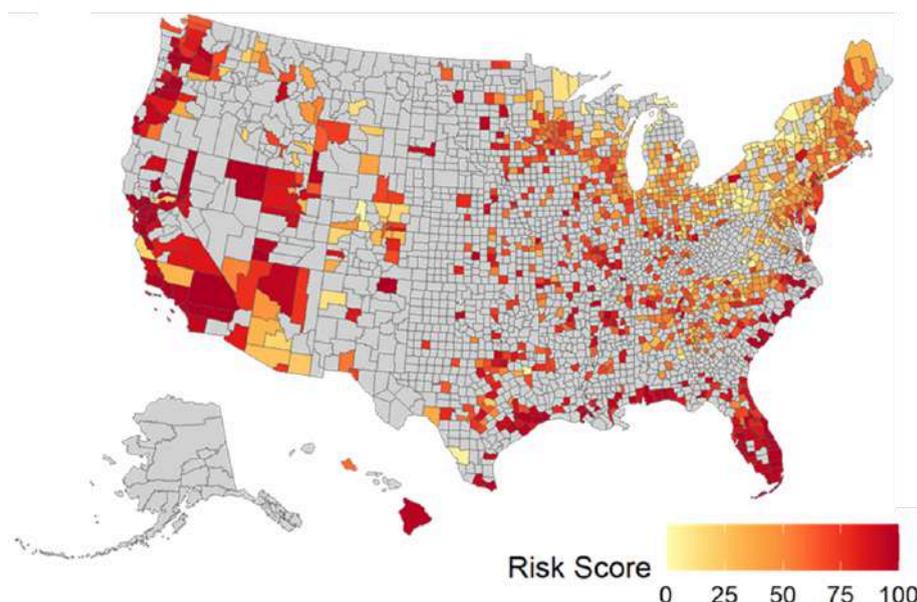


Figure 7 : Score d'exposition au risque climatique dans les différents comtés américains où sont situées des sites de production de dispositifs médicaux (aucun site de production de DM n'est présent dans les comtés en gris)

Source : Kolbe, A. et al. (2024)

Comme le souligne cette étude, *“bien que les facteurs liés au climat ne semblent généralement pas influencer la décision de l'implantation des sites de fabrication, ces décisions peuvent avoir des impacts opérationnels sur les distributeurs, les fournisseurs de matières premières, les travailleurs, ainsi que sur les bénéficiaires du système de santé”*.

Les sites de production français sont également exposés aux risques climatiques. En 2023 les 15 tempêtes et les 14 inondations en France ont ainsi coûté aux assureurs 6,5 milliards d'euros⁷⁰. Nous mènerons une analyse plus détaillée de la vulnérabilité des sites de production français en vue de notre rapport final.

Avec la poursuite de la consommation de combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre, ces phénomènes extrêmes vont **s'intensifier au cours des prochaines décennies**. Ainsi, d'après *France Assureurs*, le coût des assurances liées aux sécheresses pourrait être multiplié par trois d'ici 2050, tandis que celui des inondations pourrait croître de 81% et celui des tempêtes de 46%⁷¹. **La vulnérabilité de l'approvisionnement en produits de santé, déjà réelle, sera amenée à croître sans actions d'adaptations concrètes mises en place.**

d) Des industries de santé face aux conséquences indirectes du changement climatique

Les impacts du changement climatique ne se limitent pas seulement aux événements climatiques extrêmes ou aux perturbations directes des chaînes de production. Les industries de santé, de par leur **interdépendance avec de nombreux secteurs**, sont

⁷⁰ France Inter, "Un changement d'échelle" : les catastrophes climatiques ont coûté 6,5 milliards d'euros aux assureurs en 2023, <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/l-info-de-france-inter/l-info-de-france-inter-9890306>

⁷¹ France Assureurs, Dès les 30 prochaines années, le réchauffement de notre planète contribuerait pour un tiers à l'augmentation des sinistres climatiques en France, 2021. <https://www.franceassureurs.fr/espace-presse/les-communiqués-de-presse/des-les-30-prochaines-années-le-rechauffement-de-notre-planete-contribuerait-pour-un-tiers-a-l'augmentation-des-sinistres-climatiques-en-france/>



également confrontées à des conséquences indirectes majeures. En effet, l'intensification des phénomènes climatiques affecte les systèmes de transport, les infrastructures énergétiques, ainsi que les conditions sanitaires mondiales, ce qui a des répercussions considérables sur la chaîne de production, la distribution et l'accès aux produits de santé.

Les bouleversements climatiques aggravent la pression sur des **ressources** indispensables à la production des dispositifs médicaux et des médicaments. **Les pénuries d'eau**, exacerbées par des sécheresses prolongées, peuvent compromettre les procédés industriels nécessitant d'importants volumes d'eau pure, comme la fabrication de principes actifs ou le nettoyage des équipements.

Les impacts climatiques peuvent aussi impacter les **infrastructures de transport**, telles que les routes, ports et voies ferroviaires. Par exemple, le delta de la rivière des perles en Chine, hub logistique majeur, est particulièrement impacté par la montée des eaux⁷². Les inondations et tempêtes peuvent donc endommager les centres de stockage ou ralentir les approvisionnements en matières premières, rendant les chaînes logistiques des industries de santé particulièrement vulnérables.

On peut également citer d'autres contraintes à la production :

- L'impact du changement climatique sur la **biodiversité**, qui peut potentiellement impacter la disponibilité des plantes médicinales et de certaines matières premières d'origine végétale ;
- Les crises **sociales** potentielles : migratoires, économiques ;
- **L'augmentation des maladies chroniques**⁷³, qui va impacter la demande en produits de santé ;
- Les vagues de chaleur qui impliquent notamment une baisse de productivité⁷⁴.

On peut également citer des conséquences entraînant **des changements brutaux de la demande** lors d'épidémie d'agent infectieux, de crises migratoires ou de décompensation de maladies chroniques causée par des crises climatiques (canicules, "asthme d'orage"^{75 76}). (canicule bien évidemment, mais aussi "thunderstorm asthma" phénomène brutal qui provoque des centaines de crises d'asthme graves, déjà observé en Ile de France en Juin 2023).

Ces conséquences sont la traduction de la dépendance du secteur des industries de santé à un ensemble d'autres secteurs, comme nous allons le voir.

⁷² Kulp, S.A., Strauss, B.H. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nat Commun* 10, 4844 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>

⁷³ Hafsa Hachad et al., Impacts sanitaires du changement climatique : données récentes, éléments de réflexion, La Presse Médicale Formation, <https://doi.org/10.1016/j.lpmfor.2021.10.020>.

⁷⁴ I4CE, Vagues de chaleur : ce que l'on peut dire des coûts de l'adaptation des bâtiments. 2024. <https://www.i4ce.org/publication/vagues-chaleur-couts-adaptation-batiments-climat/>

⁷⁵ Phénomène qui provoque brutalement des centaines de crises d'asthme graves, déjà observé en Ile de France en Juin 2023. Atmo Hauts-de-France, Le risque d'asthme d'orage : comprendre et prévenir ce phénomène, 2024. <https://www.atmo-hdf.fr/actualite/le-risque-dasthme-dorage-comprendre-et-prevenir-ce-phenomene>

⁷⁶ Thien F, et al., The Melbourne epidemic thunderstorm asthma event 2016: an investigation of environmental triggers, effect on health services, and patient risk factors. *Lancet Planet Health*. 2018. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29880157/>



D) Les interactions avec les autres secteurs

La décarbonation des industries de santé dépend des autres secteurs et influence celle-ci en retour : cette section met en lumière l'interdépendance entre le secteur des industries de santé, du secteur de la santé plus largement et des autres secteurs économiques, soulignant ainsi l'importance d'une approche transversale et coopérative pour la planification de la décarbonation. D'un point de vue "carbone", le secteur des industries de santé ne peut pas être pensé isolément et dépend d'autres secteurs, qu'ils soient médicaux ou non. Il dépend par exemple de :



Le secteur de la santé plus largement (établissements sanitaires, médecine de ville, pharmacies d'officine) qui consomme les produits mis sur le marché, avec une délivrance pour les médicaments uniquement à la pharmacie d'officine, ou à pharmacie à usage intérieur, pour les DM également dans les magasins de matériel médical en direct du fabricant.



Le secteur du bâtiment pour construire, entretenir et rénover les usines, les laboratoires de recherche et développement et les sièges sociaux.



Le secteur des transports, qu'il s'agisse de la **mobilité quotidienne** qui permet les déplacements des professionnels du secteur, de leurs **déplacements internationaux** en train ou en avion ou du **fret aérien, maritime et routier** qui permet les déplacements amonts et avals des marchandises par lesquels les industries de santé s'insèrent dans la **mondialisation**.



Le secteur de l'agriculture qui assure l'approvisionnement **d'une partie des matières premières** et de l'alimentation qui nourrit les salariés du secteur.



Le secteur du numérique qui sous-tend l'ensemble des transformations numérique du secteur, tant sur le plan industriel qu'administratif. Il intègre également la partie numérique d'un nombre croissant de dispositifs.



Le secteur énergétique pour approvisionner en électricité, pétrole et gaz l'ensemble des machines, qu'elles soient dans les usines (chauffage, appareils, machines-outils, etc.) ou en dehors comme les voitures et camions permettant le déplacement des salariés ou des marchandises.

II – Les initiatives en cours

Nous souhaitons évaluer plus finement les émissions de gaz à effet de serre des industries de santé, identifier et quantifier les actions à mettre en place pour les décarboner. Notre travail vient alors s'ajouter à un ensemble d'initiatives ayant vu le jour en France ces derniers mois. Bien qu'il partage des points communs avec ces projets, notre démarche vise à être avant tout complémentaire. Nous ne cherchons pas à ignorer la valeur de ces travaux ni à repartir de zéro. Au contraire, vous le verrez, nous nous appuyons fréquemment sur leurs méthodes et leurs données pour parvenir à nos fins.



Aussi, dans cette partie, nous faisons un tour d'horizon d'initiatives en France ou à l'international ayant trait à la décarbonation des produits de santé.

Depuis quelques années, les initiatives se multiplient dans le secteur de la santé. De nombreux acteurs prennent position sur cette question, comme la Haute Autorité de Santé (HAS)⁷⁷ qui, dans sa feuille de route santé-environnement publiée en 2023, intègre dans ses objectifs la volonté de renforcer les critères existants en prenant en compte les aspects environnementaux dans ses méthodes d'évaluation, et d'engager une réflexion quant à l'intégration de l'impact environnemental des technologies de santé dans son évaluation médico-économique⁷⁸.

Dans cette partie, il s'agit d'informer les acteurs qui nous lisent de ces différents projets, de leurs objectifs et de leurs complémentarités.

A) Feuille de route de décarbonation de la filière des industries de santé, comité stratégique de filière - Industries et technologies de santé (CSF-ITS)

Cette partie a été rédigée par le Shift Project, et a bénéficié des retours de la FEFIS.

1) Nom de l'initiative

Feuille de route décarbonation de la filière des industries de santé - volet 2.

2) À l'initiative de qui ?

Le Comité Stratégique de Filière des Industries et Technologies de Santé (CSF ITS) en lien avec les Ministères chargés de l'Industrie et de la Santé, et la Fédération Française des Industries de Santé (FEFIS). Le projet est piloté par M. Etienne Tichit, Corporate Vice-Président et Directeur Général de Novo Nordisk France.

3) Objectifs et timings

L'objectif principal est d'**élaborer une feuille de route pour l'ensemble de la filière des industries de santé** qui identifie les moyens et les dispositifs à mettre en œuvre pour la décarbonation de la production et de la logistique des produits de santé.

La feuille de route a ainsi pour objectif de mobiliser l'ensemble des acteurs de la filière, de permettre un retour d'expérience technique, et de proposer des actions concrètes pour une accélération des efforts d'ici 2030 et jusqu'en 2050.

Il était également attendu de **définir des instruments de mesure de cette décarbonation** afin d'apprécier le déploiement de cette démarche et le coût induit par celle-ci dans le cadre d'un secteur dont les prix sont administrés.

⁷⁷La HAS est une autorité indépendante qui évalue les dispositifs médicaux et les technologies de santé, et qui conseille l'État sur la politique de santé. [Haute Autorité de Santé](#)

⁷⁸ [Feuille de route santé-environnement](#)



Cette feuille de route devait ainsi **identifier les différents gisements de gaz à effet de serre (GES), quantifier le potentiel de décarbonation atteignable** et, pour chacun des secteurs, les **leviers et les conditions collectives nécessaires à l'accélération de la décarbonation**.

4) Structure

L'initiative est divisée en deux volets :

1) Volet 1 - Établissement de la Feuille de route de la filière pharmaceutique (jusqu'à 2023) :

- Réalisation d'une première enquête de filière à l'automne 2022 auprès de près de 300 entreprises de l'ensemble de la chaîne de valeur pharmaceutique opérant en France :
 - Entreprises de la chimie fine pharmaceutique,
 - Entreprises de l'industrie pharmaceutique disposant de sites de production en France,
 - Entreprises exploitantes de médicaments fabriqués à l'étranger,
 - Grossistes-répartiteurs et dépositaires.
- Élaborer des recommandations pour accélérer la transition de la filière.

2) Volet 2 - Élargissement à l'ensemble de la filière des produits de santé, notamment aux dispositifs médicaux (2024-2025) :

Les travaux de la feuille de route ont été poursuivis en 2024 en les étendant à l'ensemble des produits de santé : **dispositifs médicaux, dispositifs de diagnostic in vitro, dispositifs pour la santé visuelle et pour la santé buccodentaire, implants, ainsi que les médicaments et diagnostics vétérinaires**. L'enquête auprès des filières du DM et du DIV est intervenue en avril 2024. La publication du volet 2 de la feuille de route est prévue pour le 1^{er} trimestre 2025.

5) Liens avec le projet du Shift

De la même manière que le Shift, il s'agit d'un rapport **dédié aux industriels et aux institutions publiques**, visant à identifier les sources d'émissions de GES des industries de santé, et les leviers de décarbonation adaptés aux spécificités des industries de santé.

Toutefois, la feuille de route de décarbonation publiée par le CSF se différencie de notre projet au niveau de la méthode et de l'objectif du rapport.

En effet, la feuille de route du CSF collecte et agrège les données et les intentions des acteurs de la filière, quantitatives pour les unes (via des bilans d'émissions de GES, des initiatives SBTi, ou d'autres métriques) et qualitatives pour d'autres, fondées sur les efforts réalisés ou prévus. Le Shift Project adopte une approche plus directement axée sur **l'analyse de données physiques** telles que les quantités impliquées dans la production, les distances parcourues ou les consommations énergétiques.

Ainsi, notre étude a pour objectif de compléter les travaux précurseurs de la feuille de route, en apportant :



- des **précisions sur les émissions spécifiques par produits, et tout au long de la chaîne de valeur** ;
- des potentiels de réduction des émissions **chiffrés** associés aux mesures de décarbonation.

B) Création d'un outil d'évaluation de l'impact environnemental et social des dispositifs médicaux

Cette partie a été rédigée par le Shift Project, et a bénéficié des retours du Snitem.

1) Nom de l'initiative

Scoring DM : l'Index DM Durable

2) Objectifs

Dans les appels d'offres hospitaliers, les critères environnementaux peuvent représenter entre 5 et 10% de la note. Cependant, ces critères varient largement et dépendent de la sensibilité individuelle des acheteurs, faute d'une approche harmonisée.

En partenariat avec le C2DS (association fédérant des établissements de santé engagés dans le développement durable), le Snitem travaille à la création d'un outil discriminant **d'aide au choix et à l'achat des dispositifs médicaux**. Destiné aux acheteurs, cet outil leur permettra d'harmoniser leurs demandes en RSE, de comparer des DM et de choisir celui qui répond le plus à leurs critères. Facile d'utilisation, les industriels peuvent y répondre rapidement et sauront où porter leurs efforts pour améliorer leur cotation.

Plusieurs critères environnementaux et sociaux sont intégrés à cet index :

- Les émissions de GES ;
- La consommation d'eau ;
- La gestion des déchets
- La biotoxicité ;
- La santé et sécurité au travail ;
- L'inclusion et la diversité.

Le calcul du critère "émissions de GES", les éléments les plus significatifs ont été pris en compte et notamment :

- **Les matières premières utilisées**, en prenant en compte les matières représentant au moins 80% du poids du DM ;
- **La fabrication et la production**, en tenant compte notamment du pays de fabrication ;
- **Le transport du produit fini**, en considérant notamment les distances parcourues et les modes de transport.

La parution de cet outil gratuit, actuellement en phase de validation par l'Afnor et de test auprès des entreprises du dispositif médical, est attendue **pour le premier trimestre 2025**.



A noter qu'en plus de cette initiative, le Snitem est également impliqué dans les travaux du CSF-ITS (Feuille de route de décarbonation de la filière des industries de santé, voir section précédente), ainsi que dans le développement du *Baromètre RSE du Snitem*, utilisé pour connaître le nombre d'entreprises du DM qui sont engagées en RSE, et en particulier celles qui ont évalué leur empreinte carbone.

3) Liens avec le projet du Shift

Dans le rapport *Décarbonons la santé pour soigner durablement* (2023), The Shift Project mentionnait de "**mettre en place une politique d'achats éco-responsables (pour tous les équipements et services) et rendre obligatoire et déterminante l'empreinte carbone par produit dans les appels d'offres. [...] Cela nécessite donc au préalable de définir des critères normés définissant une politique d'achat éco-responsable**"⁷⁹. Ainsi, la mise en place de critères standardisés est un pré-requis à des politiques d'achats durables. Ces critères doivent être au maximum transparents et désagrégés, permettant aux acheteurs d'évaluer de manière fiable et objective les impacts environnementaux des produits. Les travaux menés par le C2DS et le Snitem sur l'Index DM Durable s'inscrivent donc dans cette logique en répondant au besoin de structurer et de normaliser les évaluations environnementales dans les appels d'offres.

Nos travaux permettent d'avoir **une vision d'ensemble** des impacts du secteur des dispositifs médicaux et sa chaîne de valeur, en insistant sur les émissions de GES. Ainsi, sont identifiés les postes d'émissions les plus significatifs – et notamment les matières premières, la production et le transport – qui correspondent aux éléments également retenus pour l'outil de scoring. Toutefois, l'analyse présentée dans ce rapport met également en lumière **des cas spécifiques** : matières premières à très fort impact environnemental, fabrication multisites, transports intermédiaires, émissions associées à l'utilisation des dispositifs médicaux, etc. Ces éléments pourraient permettre d'enrichir et d'affiner les critères de l'outil de scoring, en renforçant sa pertinence et sa précision. A ce titre, le Snitem et le C2DS ont d'ores et déjà pris en compte la nécessité d'une revue régulière des critères de l'Index DM Durable, qui tiendront compte des travaux de l'écosystème et en particulier du Shift.

C) Outil Carebone de l'AP-HP

Cette partie a été réalisée par le Shift Project, et a bénéficié des retours de l'AP-HP.

1) Nom de l'initiative

« Carebone »

2) À l'initiative de qui ?

Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP)⁸⁰

⁷⁹ The Shift Project, *Décarbonons la santé pour soigner durablement* (2023).

https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/04/180423-TSP-PTFF-Rapport-final-Sante_v2.pdf

⁸⁰ Notamment Cécile Klinguer, Inès de Maisoncelle, Matthias Didier. Notez que Inès de Maisoncelle et Cécile Klinguer sont membres du groupe de travail du projet.



3) Objectifs et timings

En plus de son bilan carbone classique qu'elle calcule et suit chaque année depuis 2019, l'AP-HP a mis à disposition des outils pour les professionnels de santé participant à la décarbonation de ses hôpitaux, et notamment **un dispositif dédié à la mesure de l'empreinte carbone des parcours de soins**.

Le but principal est que l'utilisateur puisse rentrer les caractéristiques de son parcours de soins dans l'outil, et obtenir en résultat les émissions de gaz à effet de serre induites. Pour cela, cet outil permet notamment de calculer des facteurs d'émissions d'éléments constituant ces parcours de soins : médicaments, dispositifs médicaux, actes médicaux. Ces FE sont ensuite agrégés dans une base de données de l'AP-HP pour utilisation interne.

Cet outil est disponible en libre accès via le site internet de l'AP-HP : <https://www.aphp.fr/professionnel-de-sante/carebone-un-outil-pour-decarboner-le-soin-mis-a-disposition-de-tous-les>. Il a vocation à évoluer pour s'améliorer de façon continue.

4) Structure de l'initiative

« Carebone » comporte les documents suivants :

- Un guide méthodologique ;
- L'outil de calcul des émissions du parcours de soins, sous forme d'un fichier Excel ;
- Plusieurs annexes (notamment des tableurs Excel de calculs et de fixation d'hypothèses)
- La base de facteurs d'émissions calculés

5) Liens avec le projet du Shift

Concernant les cibles et le périmètre :

Là où les travaux du Shift Project adoptent une approche structurelle, systémique pour les industries de santé, **l'AP-HP propose une approche complémentaire**, en mettant à disposition un outil pratique et opérationnel pour accompagner les professionnels de santé.

Ainsi, l'outil de **l'AP-HP est avant tout destiné aux professionnels de santé** et non aux industriels directement. Là où nous cherchons à estimer les émissions de GES des industries de santé répondant à la consommation française, *Carebone* calcule des émissions à l'échelle de pratiques de soins.

Concernant les objectifs du rapport :

L'outil Carbone s'adresse avant tout aux professionnels de santé, et a donc pour objectif de mettre en avant des leviers de décarbonation actionnables directement par ces derniers : passage au réutilisable, changement de voies d'administration de médicament, juste prescription, utilisation de techniques moins invasives, etc.

Cette approche est donc encore une fois complémentaire à celle que nous proposons : en identifiant les leviers physiques de décarbonation tout au long de la chaîne de valeur, depuis



l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie des produits, et en proposant des leviers de décarbonation actionnables également par les acteurs de la production industrielle.

D) Faute de données sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de nombreuses initiatives publiques se concentrent sur la fin de vie

1) Nom des initiatives

On peut citer de manière non-exhaustive plusieurs études de l'ADEME et de l'IGAS au sujet de la fin de vie de différentes catégories de dispositifs médicaux :

- Sur le retraitement des dispositifs médicaux à usage unique (2024)⁸¹ ;
- Sur la valorisation des déchets plastiques en santé (2024)⁸² ;
- Sur la Filières à Responsabilité Élargie du Producteur (REP) des textiles sanitaires à usage unique (2023)⁸³ ;
- Sur la filière REP pour les aides techniques (2024)⁸⁴.

2) Objectifs

a) Structuration de nouvelles filières

Les initiatives recensées ont pour ambition de **poser les fondations de filières industrielles** dédiées à la gestion de la fin de vie des dispositifs médicaux, en identifiant des objectifs spécifiques :

- **Aides techniques** : Définir un périmètre clair pour les produits soumis à la REP, structurer les scénarios d'organisation autour de la collecte, du réemploi, de la réparation, et du recyclage. Créer un cadre pour le remboursement des dispositifs réutilisables et prolonger leur durée d'usage grâce à des solutions de réparation.
- **Textiles sanitaires à usage unique** : Mettre en place une filière REP pour améliorer l'écoconception, réduire leur présence dans les ordures ménagères résiduelles, et renforcer les collectes séparées, en particulier pour les gisements concentrés (ex. équipements de protection individuelle).
- **Plastiques en santé** : Fédérer les acteurs autour d'un référent national pour structurer une filière de recyclage à grande échelle. Promouvoir la valorisation des plastiques de santé dans des applications à haute valeur ajoutée.
- **Retraitement des dispositifs médicaux à usage unique (DMUU)** : Encourager la mise en place d'une filière de retraitement des DMUU en France, en soutenant dans

⁸¹ IGAS, Retraitement des dispositifs médicaux à usage unique dans le cadre de la transition écologique du système de santé, 2024.

[https://igas.gouv.fr/sites/igas/files/2024-07/Rapport%20igas%20retraitement%20dispositifs%20m%C3%A9dicaux%20\(DMUU\)_1.pdf](https://igas.gouv.fr/sites/igas/files/2024-07/Rapport%20igas%20retraitement%20dispositifs%20m%C3%A9dicaux%20(DMUU)_1.pdf)

⁸² ADEME et Alcimed, Etude sur la valorisation des plastiques usagés en santé (Evaplus), 2024.

<https://librairie.ademe.fr/ged/9313/Valorisation-plastiques-usages-sante-EVAPLUS-rapport.pdf>

⁸³ ADEME, Étude de préfiguration de la filière REP textiles sanitaires à usage unique, 2023.

<https://librairie.ademe.fr/ged/8030/Prefiguration-Filiere-REP-TSUU-synthese-v2.pdf>

⁸⁴ ADEME, Étude de préfiguration de la filière REP des aides techniques, 2024.

<https://librairie.ademe.fr/ged/8670/Prefiguration-Filiere-REP-Aides-Techniques-Synthese-2024.pdf>



un premier temps des expérimentations sous forme de projets pilotes et en alignant la réglementation nationale avec les pratiques européennes.

b) Identification des freins au développement de ces filières

Malgré leur potentiel, le développement de ces filières se heurte à plusieurs obstacles, et notamment :

- Les **modalités de remboursement** des produits reconditionnés ;
- L'**intégration des principes d'écoconception** qui reste limitée, rendant moins accessible la valorisation des différents matériaux ;
- L'**identification d'un modèle économique** assurant la pérennité des filières de la fin de vie ;
- Les **freins logistiques liés au tri et à la collecte**
- Les **enjeux d'emploi** avec des investissements dans la formation et le développement des compétences nécessaires pour répondre aux besoins spécifiques des nouvelles filières.

Les différentes études soulignent donc la **nécessité d'un effort conjoint entre les acteurs publics, industriels, et institutionnels** pour surmonter ces freins et structurer des filières de fin de vie.

3) Liens avec le projet du Shift

À l'instar des études mentionnées, notre projet débute par une estimation des gisements, basée sur les consommations de dispositifs médicaux, afin de mesurer le volume des flux concernés.

Les études partagent également l'ambition d'évaluer les potentiels de développement de filières dédiées à la gestion en fin de vie de ces produits. Notre étude a pour objectif d'intégrer deux dimensions complémentaires :

- **Le potentiel de décarbonation** associé au développement de ces filières, permettant d'évaluer leur contribution directe à la réduction des émissions de GES.
- **Les autres leviers de décarbonation** intervenant tout au long de la chaîne de valeur des dispositifs médicaux : logistique, procédés industriels, etc.





02

**MÉTHODOLOGIE
GÉNÉRALE**

Pour notre étude, nous avons évalué l’empreinte carbone des dispositifs médicaux. L’objectif est de désagréger autant que possible cette empreinte :

- Selon les différentes catégories de produits ;
- Selon les différentes étapes de la chaîne de valeur.

Cette section présente en détail la méthodologie adoptée pour quantifier l’empreinte carbone associée aux industries des dispositifs médicaux. Nous y exposons notamment :

- Le périmètre d’analyse retenu pour l’étude ;
- La méthode utilisée pour estimer les consommations annuelles de produits de santé en France ;
- L’approche employée pour convertir ces consommations en émissions de gaz à effet de serre.

I – Périmètre

A) Chaîne de valeur des industries de santé

Le périmètre de notre étude se concentre sur l’ensemble des industries des dispositifs médicaux et des acteurs impliqués dans la production des dispositifs médicaux **destinés à la consommation française** sur une année.

Par conséquent, les productions françaises destinées à l’exportation ne sont pas incluses dans notre analyse. En revanche, nous intégrons les productions et segments de chaînes de valeur issus d’autres pays dès lors qu’ils sont importés et consommés sur le territoire français.

La chaîne de valeur des industries du dispositif médical peut être résumée comme ceci :



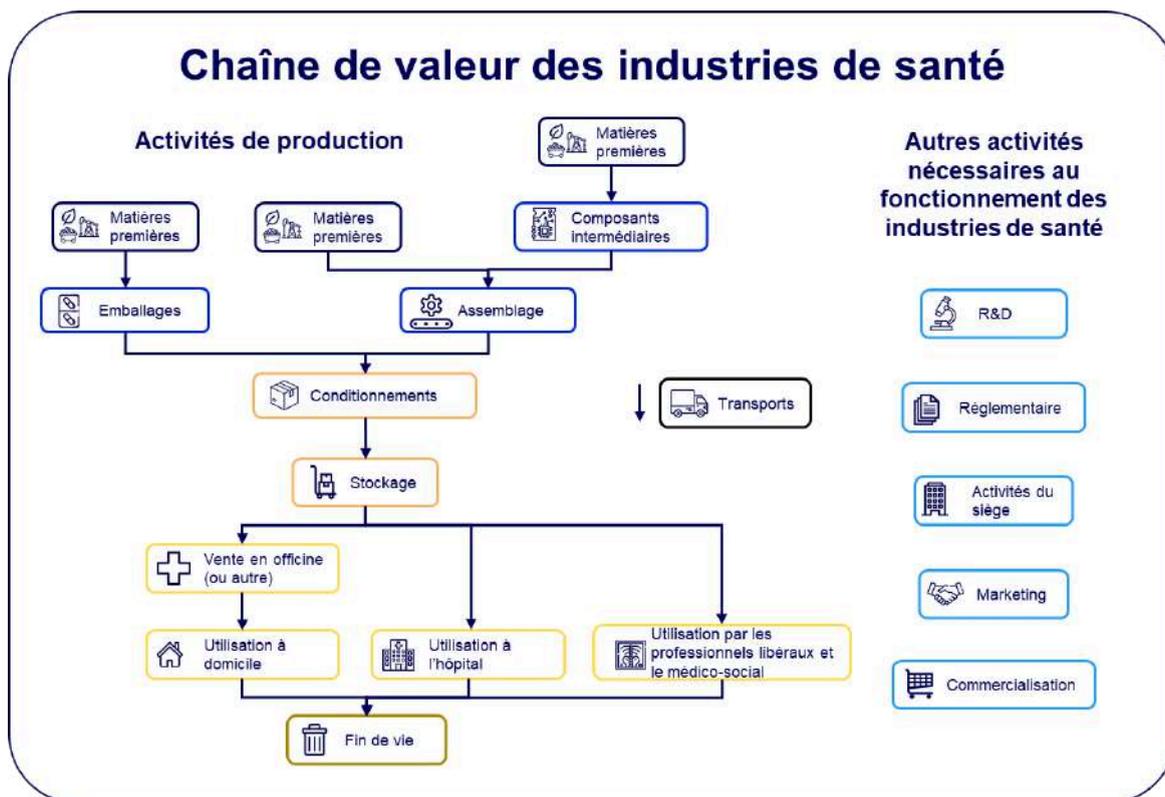


Figure 8 : schéma simplifié de la chaîne de valeur des industries du dispositif médical.

Source : The Shift Project

La production des dispositifs médicaux débute ainsi par l'**extraction de ressources** naturelles. Ces matières premières sont ensuite transformées en produits finis, à l'issue d'une éventuelle série d'étapes de **transformation** en composants intermédiaires. Les produits finis sont alors **emballés**, puis acheminés jusqu'à leur lieu de consommation ou **d'utilisation**, pendant laquelle ils peuvent par exemple consommer de l'énergie. Enfin, la dernière étape de la chaîne de valeur concerne la gestion de la **fin de vie**, incluant le traitement et l'élimination des produits. Une **logistique** dédiée assure le transport des produits entre les différents sites tout au long de la chaîne de valeur.

La chaîne de valeur décrite ci-dessus est simplifiée et générique. Certains dispositifs médicaux complexes peuvent inclure plusieurs milliers de composants ou nécessiter des étapes spécifiques, telles que la stérilisation. Les dispositifs médicaux « numériques » présentent également des particularités spécifiques à leur conception et utilisation.

Enfin, il est important de noter que les industries des dispositifs médicaux **s'appuient sur un écosystème d'activités connexes** qui jouent un rôle fondamental dans leur production et leur fonctionnement :

- La **recherche et développement (R&D)**, qui occupe une place centrale en permettant l'innovation et l'amélioration continue des produits. Ainsi, environ 7% du chiffre d'affaires des entreprises françaises du DM est consacré à la R&D⁸⁵.

⁸⁵ Snitem, Panorama et analyse qualitative de la filière industrielle des dispositifs médicaux en France 2023. <https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2024/02/Snitem-Panorama-chiffre-des-DM-2023.pdf>



- Les **fonctions de siège**, qui englobent entre autres les **processus réglementaires**, qui garantissent la conformité et la sécurité des dispositifs, ou encore **les activités commerciales**.

A noter que ces activités connexes **ne sont pas encore prises en compte dans notre évaluation de l’empreinte carbone**. Ces activités pourraient représenter une part non négligeable de l’empreinte carbone des dispositifs médicaux, comme montré dans une étude récente pour les médicaments⁸⁶ où les émissions induites par les activités “corporate” ont été estimées à 34,5% de l’empreinte carbone totale. Nous incluerons les émissions induites par ces activités dans nos prochains travaux, aussi, n’hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces thématiques à indus-sante@theshiftproject.org.

B) Produits analysés

Comme vu précédemment, afin d’estimer l’empreinte carbone de l’industrie des dispositifs médicaux, il faut à la fois regarder les émissions induites par **les activités de production, la phase d’usage**, et les émissions induites par les **activités transverses** (R&D, activités corporatives, activités commerciales).

Si l’on regarde plus précisément la chaîne de valeur des activités de production, il est nécessaire de distinguer plusieurs catégories de dispositifs médicaux, ces derniers étant extrêmement diversifiés. Les différentes catégories de dispositifs médicaux sont résumées sur la figure suivante :



Figure 9 : Résumé des catégories de dispositifs médicaux prises en compte dans notre rapport. Les DM mentionnés sont présentés à titre d'exemple et ne constituent pas une liste exhaustive.

Source : The Shift Project

⁸⁶ Piffoux et al., Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257#sec3>



A noter que nous incluons dans notre étude les équipements de protection individuelle (EPI)⁸⁷ consommés dans les établissements de santé, bien que ceux-ci ne soient pas nécessairement des dispositifs médicaux. Cette inclusion repose sur la proximité fonctionnelle de ces produits : un gant chirurgical peut par exemple être un EPI, un DM, ou les deux.

II – Estimations des consommations en France

Comme détaillé dans les sections précédentes, notre étude se concentre sur les industries des dispositifs médicaux nécessaires à la **consommation française**. Une première étape de notre projet a donc été d'estimer les volumes consommés en France pour les différentes catégories de dispositifs médicaux. Les différents modes de consommations sont détaillés ci-dessous :

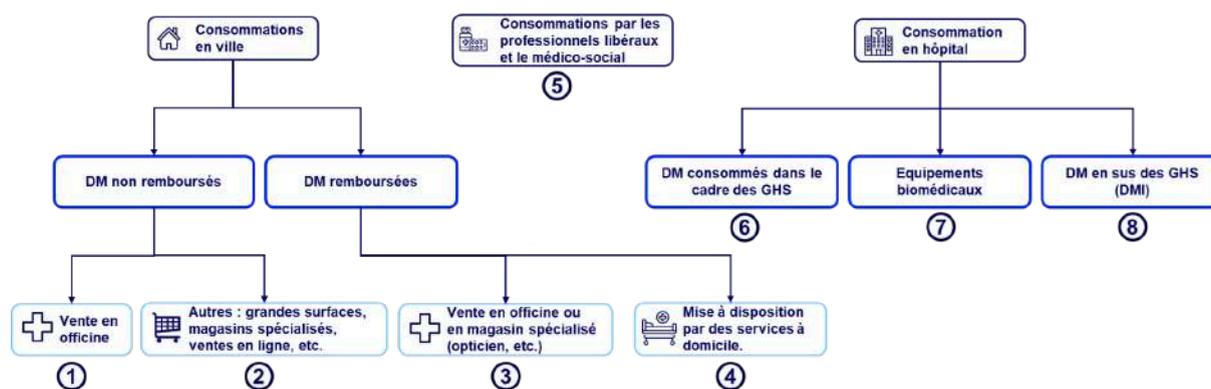


Figure 10 : les différents modes de consommation des dispositifs médicaux en France
Source : The Shift Project

La figure 10 permet de distinguer plusieurs situations :

① DM non remboursés, vendus en officine.

Cette catégorie est relative aux dispositifs médicaux vendus en officine et achetés sans ordonnance. Ces dispositifs médicaux représentaient en 2023 des ventes d'une valeur d'environ 850 millions d'euros⁸⁸. Des données détaillées de ventes de dispositifs médicaux achetés sans ordonnance (et donc non remboursés par l'Assurance Maladie) ont été fournies par l'association *NèreS* et *OpenHealth*.

② DM non remboursés, non vendus en officine.

Cette catégorie est relative aux dispositifs médicaux achetés sans ordonnance, et vendus dans des grandes surfaces, en ligne, ou dans des magasins spécialisés. Pour cette catégorie, nous avons dans certains cas (produits d'optique, aides auditives, produits pour

⁸⁷ Les Équipements de Protection Individuelle (EPI), définis par le règlement européen 425/2016, ont pour objectif de protéger leurs utilisateurs contre les risques pouvant affecter leur santé ou leur sécurité.

⁸⁸ NèreS, Baromètre 2023 des produits de santé et de prévention de premier recours en pharmacie, 2024. <https://neres.fr/wp-content/uploads/2024/01/Barometre-2023-NereS.pdf>



l'incontinence, aides techniques) estimé les consommations françaises à l'aide de sources en ligne lorsque des chiffres étaient disponibles. D'autres (par exemple certains pansements, sérums physiologiques, préservatifs) ne sont pas inclus pour l'instant dans notre étude faute de données.

③ **DM remboursés, consommés en ville et vendus en officines ou en magasins spécialisés**

Cette catégorie fait référence aux DM remboursés par l'Assurance Maladie et vendus en ville dans des pharmacies ou des magasins spécialisés. Ces consommations sont détaillées dans des fichiers disponibles en ligne⁸⁹, et représentaient en 2023 environ 4,12 milliards d'euros de remboursements⁹⁰.

④ **DM remboursés, consommés en ville et mis à disposition par des services à domicile**

Cette catégorie fait référence aux DM remboursés par l'Assurance Maladie dans le cadre de remboursement de services ou de locations incluant la mise à disposition de dispositifs médicaux. On y retrouve notamment :

- Les DM utilisés par les services d'accompagnement des personnes bénéficiant d'un traitement de maladies respiratoires (apnée du sommeil, oxygénothérapie, etc.), de perfusion à domicile ou d'insulinothérapie, ou de nutrition entérale ou parentérale. Nous nous sommes appuyés sur les données relatives aux remboursements des forfaits hebdomadaires de prestations à domicile, ce qui nous a permis de déduire le parc d'équipements nécessaires. Par ailleurs, en tenant compte des durées de vie moyennes de ces dispositifs, nous avons estimé les achats annuels requis pour renouveler les équipements.
- La mise à disposition de matériel médical via des forfaits de location, et notamment de lits médicalisés, de fauteuils roulants, de lèves-personne, de pompes à insuline, de défibrillateurs externes portables ou de tires-lait électriques. Les données d'achats de matériel médical sont principalement issues de données collectées par l'ADEME⁹¹.

⑤ **Consommations par les professionnels libéraux et les établissements médico-sociaux**

Cette catégorie fait référence aux dispositifs médicaux utilisés par les **professionnels libéraux de médecine de ville** (et notamment les médecins et infirmiers libéraux) lors de leurs activités, par **les structures médico-sociales** (établissements et services pour personnes âgées et personnes en situation de handicap), ainsi que par **les laboratoires d'analyse**.

- Concernant les consommations par les professionnels de santé libéraux, nous avons pour le moment inclus uniquement les consommations par les médecins généralistes

⁸⁹ L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>

⁹⁰ Ibid, en filtrant les DM appartenant aux titres III et V (DMI), et en ne gardant que les achats (et en excluant les services, la location, etc.)

⁹¹ ADEME, Étude de préfiguration de la filière REP des aides techniques, 2024.

<https://librairie.ademe.fr/ged/8670/Prefiguration-Filiere-REP-Aides-Techniques-Synthese-2024.pdf>



ainsi que par les chirurgiens dentistes. Ces estimations ont été établies à partir de données recueillies auprès de quelques cabinets représentatifs ;

- Concernant les établissements médico-sociaux, nous avons pour le moment uniquement inclus dans notre étude les consommations de protection pour incontinence. La Cour des comptes avait estimé les consommations de dispositifs médicaux par les Ehpad à environ 0,25 milliards en 2018⁹².
- Enfin, concernant les laboratoires d'analyses, l'entreprise [Biogroup](#) réalise actuellement un recensement du matériel utilisé dans le cadre des actes de biologie médicale (réactifs, automates, autres consommables). Ce recensement pourra être utilisé dans le cadre de notre rapport final de juin 2025.

Nous souhaitons compléter ces recensements pour notre prochain rapport, aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces consommations à indus-sante@theshiftproject.org.

⑥ DM consommés dans le cadre des GHS

Cette catégorie fait référence aux dispositifs médicaux utilisés par dans le cadre des groupes homogène de séjours (GHS)⁹³, qui correspondent aux financements des activités hospitalières. La Cour des comptes a estimé ces consommations entre 3,5 à 4,5 milliards d'euros⁹⁴ en 2018.

Plusieurs dizaines de milliers de références de DM peuvent être utilisées par un même centre hospitalier. La codification des DM n'est pas unifiée entre les différents établissements, ce qui ne permet pas d'agréger des données de différents établissements, et il n'existe à ce jour aucune classification complète et utilisée par les différents établissements⁹⁵.

Pour notre étude, nous effectuons une méthode hybride :

- Nous nous basons sur des données récupérées auprès de centres hospitaliers afin de déterminer les consommations des DM les plus significatives ;
- En parallèle, nous nous basons sur des données d'études analysant les déchets hospitaliers afin d'avoir une vision plus complète sur les quantités totales consommées.

⑦ Équipements biomédicaux

Cette catégorie fait référence aux équipements à usage collectif utilisés dans les établissements hospitaliers : équipements d'imagerie, de radiothérapie, générateurs

⁹² La régulation des dépenses de dispositifs médicaux : des actions de maîtrise à accentuer, Cour des Comptes, 2020. https://www.ccomptes.fr/system/files/2020-10/20201007-Ralfss-2020-6-Regulation-depenses-dispositifs-medicaux_0.pdf

⁹³ Dans le cadre de la T2A, le groupe homogène de séjours correspond au tarif du groupe homogène de malades (GHM). Un groupe homogène de malades regroupe les prises en charge de même nature médicale et économique et constitue la catégorie élémentaire de classification en MCO.

⁹⁴ La régulation des dépenses de dispositifs médicaux : des actions de maîtrise à accentuer, Cour des Comptes, 2020. https://www.ccomptes.fr/system/files/2020-10/20201007-Ralfss-2020-6-Regulation-depenses-dispositifs-medicaux_0.pdf

⁹⁵ Et notamment suite à l'arrêt de la classification Cladimed, et la reprise par la classification EMDN pas encore utilisée de manière exhaustive.



d'hémodialyse, pousses-seringues, moniteurs multiparamétrique, etc. La Cour des comptes a estimé ces consommations à environ 1 milliard d'euros⁹⁶ en 2018.

Notre rapport fournit une première estimation des consommations de certains de ces équipements, mais certains de ces équipements manquent à l'appel. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces consommations à indus-sante@theshiftproject.org.

⑧ DM en sus des GHS

Cette catégorie fait référence aux dispositifs médicaux financés en supplément (ou "en sus") des financements des GHS pour les établissements hospitaliers. Une description des consommations de ces dispositifs médicaux est mise à disposition par l'ATIH⁹⁷. Ces derniers représentaient en 2023 environ 2,2 milliards d'euros de remboursements, par l'Assurance Maladie, et comprennent les dispositifs médicaux implantables tels que les prothèses articulaires ou les stimulateurs cardiaques.

III – Evaluation énergie-carbone

Nous détaillons ci-dessous la méthodologie utilisée afin d'estimer l'empreinte carbone des processus de production des industries des dispositifs médicaux. Nous n'avons pour le moment pas pris en compte les émissions induites par les activités connexes (R&D, activités du siège, etc.). La prise en compte de ces activités connexes, bien qu'essentielles au fonctionnement global de l'industrie, nécessite une approche méthodologique spécifique que nous développerons dans le cadre de notre rapport final.

A) Méthodologie générale

L'estimation de l'empreinte carbone repose sur une équation simple :



Les **données d'activités** se réfèrent aux quantités physiques (nombre de kilomètres, de kWh consommés, de kg de matières) des processus impliqués dans la chaîne de valeur des dispositifs médicaux, tandis que les **facteurs d'émissions** permettent de convertir ces données en équivalents de CO₂ à partir de la quantité de combustibles fossiles utilisés et de l'émission des autres gaz à effet de serre.

L'évaluation de l'empreinte carbone repose ainsi sur une analyse complète des flux physiques, et notamment :

⁹⁶ La régulation des dépenses de dispositifs médicaux : des actions de maîtrise à accentuer, Cour des Comptes, 2020. https://www.ccomptes.fr/system/files/2020-10/20201007-Ralfss-2020-6-Regulation-depenses-dispositifs-medicaux_0.pdf

⁹⁷ ATIH, Synthèses nationales annuelles, 2024. <https://www.scansante.fr/applications/synthese-dmi-mo-sus>



- **des matériaux utilisés** : extraction, raffinage et transformation des matières premières entrant dans la composition des dispositifs ou impliqués dans la chaîne de valeur.
- **des consommations d'énergie** : énergie nécessaire pour les processus de fabrication, d'emballage, de stérilisation, d'utilisation, et autres étapes intermédiaires.
- **des déplacements** : émissions liées aux transports entre chaque maillon de la chaîne, de l'extraction à la fin de fin en passant par le lieu de consommation.
- **Des volumes de combustibles fossiles** nécessaires à ces activités

B) Périmètre d'évaluation

Le périmètre étudié couvre un large spectre de **postes d'émissions**, structurés autour des grandes catégories suivantes :

Catégorie d'émissions	Détail des activités associées
 Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Extraction et transformation des matières premières (plastiques, métaux, matériaux composites, etc.). • Transport des matières premières jusqu'au site de transformation.
 Procédés de transformation	<ul style="list-style-type: none"> • Consommations d'énergie sur les sites de production (fabrication, assemblage, stérilisation, etc.). • Matières premières impliquées dans ces processus • Immobilisations nécessaires à la production
 Emballages	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication et transport des emballages jusqu'au lieu de conditionnement
 Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Transport entre les différents sites de production et d'assemblage. • Transport du dernier site de production jusqu'au centre de distribution • Livraison jusqu'au point de consommation final
 Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> • Consommation d'énergie pour l'utilisation • Maintenance • Consommations spécifiques (piles, pièces de rechange, etc.)
 Fin de vie	<ul style="list-style-type: none"> • Élimination ou recyclage des dispositifs en fin de vie.

Figure 11 : Tableau récapitulatif des postes d'émissions étudiés

Source : The Shift Project

Le périmètre d'analyse retenu pour cette étude couvre **l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre directement ou indirectement imputables aux industries de santé**.

Cela inclut à la fois **les émissions directes ou indirectes**, en incluant des étapes en **amont** (extraction des matières premières) et en **aval** (distribution, utilisation, fin de vie) qui dépendent des spécificités des matériaux et des processus mis en œuvre par les industries.

Nous excluons ainsi de notre périmètre les émissions qui ne dépendent pas des industriels : déplacements des patients des établissements de santé, des professionnels de santé, consommation d'énergie des établissements. Ces émissions sont prises en compte dans [notre rapport couvrant l'intégralité du système de santé](#).

En revanche, nous intégrons les déplacements des techniciens effectuant la maintenance des équipements médicaux, car ceux-ci sont directement liés à l'exploitation des équipements, et peuvent être assurés par les industriels.



C) Sources de données

1) Données d'activités

Afin de collecter les données nécessaires à l'estimation environnementale des différents DM, plusieurs sources ont été mobilisées :

- **Données issues de la littérature scientifique** : de nombreuses données ont pu être extraites d'analyses de cycle de vie (ACV) ou d'autres études scientifiques disponibles en ligne (beaucoup sont d'ailleurs répertoriées sur la base de données *HealthcareLCA*⁹⁸).
- **Partage de données par les industriels** : de nombreux industriels ont contribué à notre projet en nous fournissant des données d'activités, des ACV ou des documents internes. Leur expertise et leur soutien ont pu enrichir de manière significative notre étude, et nous les en remercions.
- **Partage de données par les professionnels de santé** : nous avons également bénéficié de l'aide de professionnels du secteur de la santé, qui nous ont communiqué des données pour notre étude (données de consommation d'énergie, de provenance des achats, etc.). Nous tenons à les remercier également pour leur aide précieuse.
- **Fiches techniques des dispositifs médicaux** : des informations détaillées sur la composition, les processus de fabrication et d'utilisation de certains DM sont parfois explicitées dans les fiches techniques des produits de santé.
- **Bases de données publiques** : nous avons bénéficié de base de données en libre accès, et notamment des données d'importations des Douanes françaises⁹⁹, des données de parts modales des importations d'*Eurostat*¹⁰⁰, ou des données de consommation d'énergie d'*Open Data Grd*¹⁰¹.

2) Facteurs d'émissions

Les **facteurs d'émissions (FE)** sont extraits de deux bases de données :

- **Ecoinvent**¹⁰² : référence internationale en matière de données ACV, offrant des facteurs d'émissions détaillés et notamment les matières premières et les procédés industriels.
- **Base Empreinte**¹⁰³ : base de données française dédiée aux calculs d'empreinte carbone, adaptée aux contextes spécifiques locaux.

Ces facteurs permettent de convertir les données d'activités en équivalents CO₂, en tenant compte des spécificités techniques et géographiques des procédés analysés.

⁹⁸ Drew J & Rizan C., HealthcareLCA Database, 2022. healthcarelca.com/database

⁹⁹ Douanes françaises, Données publiques, 2024. <https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata>

¹⁰⁰ Eurostat, Extra-EU trade since 2000 by mode of transport, by HS2-4-6, 2024, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/>

¹⁰¹ Open Data GRD, Consommation annuelle d'électricité et gaz par commune et par code NAF (jusqu'en 2021). <https://opendata.agenceore.fr/explore/dataset/conso-elec-gaz-annuelle-par-naf-agreee-commune/table/>

¹⁰² Ecoinvent®, <https://ecoinvent.org/>

¹⁰³ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>



D) Méthodologie détaillée

Si de nombreux calculs ont été réalisés dans le cadre de ce rapport, nous avons choisi de ne pas présenter le détail de l'ensemble de ceux-ci. Nous proposons toutefois d'illustrer nos démarches en détaillant l'un d'entre eux : le calcul de l'empreinte carbone des verres optiques, ce dernier étant relativement complet, et reflétant bien diverses sources de données utilisées dans notre rapport. Celui-ci est disponible dans l'[ANNEXE I - Détail du calcul pour les verres optiques](#).

Nous sommes disposés à fournir, pour les autres catégories de dispositifs médicaux traités dans ce rapport, un document similaire sur demande. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute demande de précision concernant nos méthodologies employés.





03

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

I – Périmètre couvert

L'objectif de nos calculs a été d'obtenir l'empreinte carbone des dispositifs médicaux consommés en France, avec le plus de précisions possible :

- **Le long de la chaîne de valeur** (matières premières, transformations, etc.), en se concentrant pour ce rapport intermédiaire sur les activités de production, d'usage et de fin de vie. Les activités annexes, telles que la R&D ou les fonctions de siège, n'ont pas été incluses à ce stade.
- **Par catégorie de dispositif médical**, en segmentant les consommations françaises selon des regroupements de produits relativement homogènes.

Dans ce rapport intermédiaire, nous présentons les résultats obtenus pour les catégories que nous avons réussi à intégrer à notre analyse. Celles-ci sont représentées à la figure 12.

Catégorie de DM	Sous-catégorie	Rapport intermédiaire	Rapport final
Consommables hospitaliers	EPI	Vert	Vert
	Instruments chirurgicaux	Orange	Vert
	DM plastique : seringues, poches, tubulures, etc.	Vert	Vert
	DM complexes : sutures, aiguilles, hémodialyseurs, etc.	Rouge	Vert
Consommables de ville	Pansements	Vert	Jaune
	Produits pour l'incontinence	Vert	Vert
	Traitement de l'incontinence : recueil et drainage des urines, etc.	Rouge	Vert
Orthèses, Prothèses et Aides techniques	Autocontrôle, autosurveillance et autotraitement du diabète	Vert	Jaune
	Audioprothèses	Vert	Vert
	Optique médicale : verres, montures	Vert	Vert
	Optique médical : lentilles de contact	Rouge	Jaune
	Orthèses (attelles, semelles, chaussures orthopédiques)	Orange	Vert
	Grand appareillage	Rouge	Jaune
	Orthèses sur mesure : podo-orthèses, etc.	Rouge	Rouge
	Lits médicalisés	Vert	Vert
	Fauteuils roulants	Vert	Vert
Autres aides techniques : lève personne, déambulateur, etc.	Vert	Vert	
Équipement biomédical	Équipement d'imagerie	Vert	Vert
	Autre équipement "complexe" : bras chirurgicaux, équipement ophtalmologie, radiothérapie, etc.	Rouge	Vert
	Appareils d'aide à la respiration	Vert	Vert
	Générateurs de dialyse	Rouge	Vert
	Autres machines : pousse-seringue, moniteurs, etc.	Rouge	Vert
DM implantables	Implants orthopédiques	Orange	Vert
	Stimulateurs, défibrillateurs, sondes	Rouge	Vert
	Autres implants : stents, bioprothèses, implants neuronaux	Rouge	Jaune
DM DIV	Automates	Vert	Rouge
	Réactifs	Vert	Rouge
DM numériques		Vert	Jaune

Figure 12 : Récapitulatif du périmètre pris en compte dans notre étude, pour notre rapport intermédiaire présenté ici, ainsi que pour le rapport final qui sera publié au mois de juin 2025.

En vert (■) prise en compte total, en orange (■) prise en compte partielle, en jaune (■) prise en compte future probable, en rouge (■) prise en compte future peu probable.

Source : The Shift Project



Ainsi, il convient de noter plusieurs éléments :

- **Les résultats relatifs à certaines catégories de dispositifs médicaux ne figurent pas encore dans notre analyse.** Cela ne signifie pas pour autant qu'elles ont été ignorées, mais que les données collectées à ce stade se révèlent trop lacunaires pour être présentées dans ce rapport intermédiaire.
- **Nous avons pour objectif de renforcer significativement ces résultats d'ici la publication du rapport final,** afin d'offrir une vision aussi représentative que possible de la consommation française. Notre objectif est de couvrir l'essentiel des dispositifs médicaux, en incluant les catégories les plus significatives.
- **Certaines catégories resteront tout de même *a priori* non traitées** par manque de temps et de données. Cela sera probablement le cas de certaines podos-orthèses, ainsi que certains dispositifs de diagnostic in-vitro. Toutefois, nous rappelons que **nos résultats reposent en grande partie sur les données que nous parvenons à récupérer.** Ainsi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information à indus-sante@theshiftproject.org.

II – Résultats

A) Empreinte carbone

Encadré 2 : Mise en garde

Avant de les présenter, il convient de noter que **nos résultats présentés ci-dessous n'ont pas vocation à donner une estimation de l'empreinte carbone de l'intégralité des dispositifs médicaux**¹⁰⁴.

En effet, comme détaillé précédemment, nous n'avons pris en compte ni la totalité des activités des industries du dispositif médical, ni l'ensemble des catégories consommées en France.

Ainsi, les résultats présentés ci-dessous désignent **l'empreinte carbone des activités de production des dispositifs médicaux couvertes par notre périmètre dans le cadre de ce rapport intermédiaire.**

Nous évaluons les émissions de GES du périmètre pris en compte à environ **2,1 MtCO₂e**, réparties comme présenté sur la figure 13.

¹⁰⁴ Un chiffre estimant l'empreinte globale de la filière sera publié prochainement dans le cadre de la Feuille de route décarbonation des industries et technologies de santé, Volets 1 & 2 (FEFIS).





Figure 13 : Répartition de l'empreinte carbone des activités de production des dispositifs médicaux couverts par notre périmètre.

Source : The Shift Project

Une grande partie de l'empreinte carbone est induite par certaines catégories de dispositifs médicaux où l'on retrouve des volumes de consommation très importants, et notamment :

- **Les consommables plastiques hospitaliers** : 74 000 tonnes de plastiques consommés annuellement en seringues, plateaux à instruments, tubulures, poches à perfusion, etc.
- **Les produits pour l'incontinence** pour personnes âgées : 1,8 milliards de protections consommées en France chaque année.
- **Les aides techniques**¹⁰⁵ : avec entre autres 165 000 lits médicalisés, 292 000 fauteuils roulants ou autres véhicules, 360 000 matelas anti-escarre produits chaque année pour répondre à la consommation française.

Les autres catégories de dispositifs médicaux induisent des émissions plus faibles car les volumes consommés annuellement sont moins importants. Cependant, **si l'on examine les émissions rapportées à la masse consommée, celles-ci s'avèrent souvent bien plus élevées** (figure 14). Ainsi :

- Les verres optiques représentent par exemple une faible masse consommée, mais une intensité carbone élevée¹⁰⁶.
- À l'inverse, les produits pour incontinence présentent une masse élevée et des émissions totales importantes, bien qu'ils aient une intensité carbone plus faible par kilogramme.

¹⁰⁵ Une aide technique est un équipement permettant aux personnes en situation de handicap ou aux personnes âgées de compenser les difficultés du quotidien.

¹⁰⁶ On parle bien ici d'intensité carbone "massique" et non "monétaire", c'est-à-dire la quantité d'émissions rapportée à une masse des produits.



Cette observation met en lumière l'intensité carbone spécifique de certains dispositifs, due à des processus de fabrication complexes, à l'utilisation de matériaux spécialisés, ou encore à des exigences logistiques particulières.

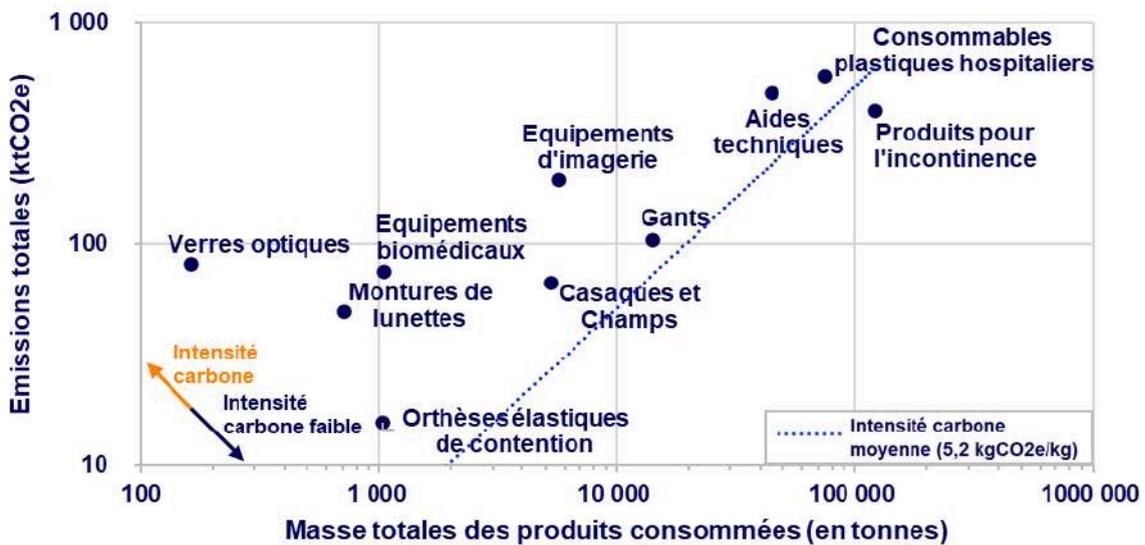


Figure 14 : Comparaison des masses de DM consommés et des émissions induites par ces consommations (échelle logarithmique).

L'orientation de la flèche indique que les produits situés vers le coin supérieur gauche sont ceux à forte intensité carbone, tandis que ceux situés vers le coin inférieur droit ont une intensité carbone plus faible. Source : The Shift Project

Les dispositifs médicaux étudiés ont des profils très variés en termes de répartition d'émissions le long de leur chaîne de valeur, comme nous le montrerons dans la partie dédiée aux résultats par catégorie. Toutefois, au global (mais aussi dans la plupart des cas), une grande partie des émissions provient de la **production des matières premières**, ainsi que de la **transformation de ces matières en produits finis** (figure 15).

Les **emballages**, **l'utilisation**, les **transports** et la **fin de vie** représentent des émissions relativement plus faibles, même si pour certains produits ces catégories peuvent être significatives : par exemple, la consommation électrique des équipements pour pathologies respiratoires représente plus de 40% des émissions induites par ces appareils.

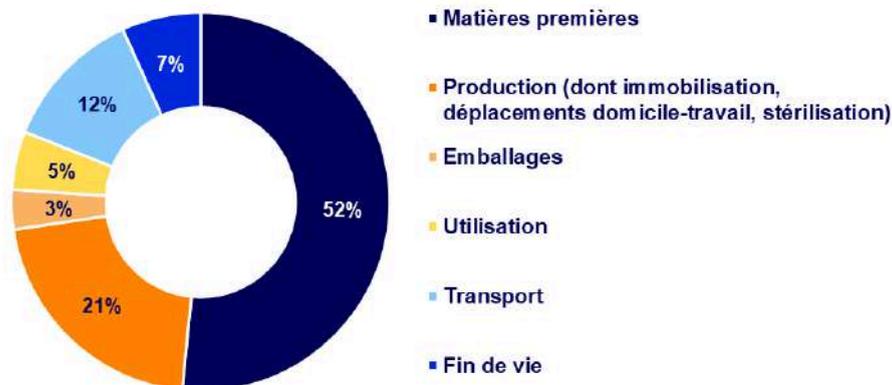


Figure 15 : Répartition de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux couverts par notre périmètre. Source : The Shift Project



B) Flux de matières

Comme détaillé précédemment, certaines catégories de dispositifs médicaux représentent des volumes de consommations très importants.

Ainsi, ces volumes se traduisent par une importante consommation de matières premières, et notamment de plastiques, de produits à base de bois, d'acier et d'aluminium, comme représenté sur la figure 16.

Le plastique composant les DM consommés en France représente ainsi environ 160 000 tonnes, **soit une consommation de 2,4 kg par Français¹⁰⁷** par an (ou **l'équivalent de la consommation annuelle en plastique de 2,26 millions de Français¹⁰⁸**). On retrouve, selon les catégories de DM, des plastiques usuels - en grande partie du polypropylène (PP), du polychlorure de vinyle (PVC) et du polyéthylène (PE) - mais aussi des polymères complexes.

On retrouve enfin une grande quantité de **métaux, et notamment d'acier et d'aluminium**, pour une consommation annuelle équivalente en masse à 24 300 voitures moyennes¹⁰⁹.

¹⁰⁷ D'après INSEE, Population au 1er janvier 2024. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5225246>

¹⁰⁸ ADEME, Plastique : peut-on s'en passer ? 2022.

<https://infos.ademe.fr/magazine-juillet-aout-2022/faits-et-chiffres/plastique-peut-on-sen-passer/>

¹⁰⁹ ADEME, Car labelling, 2024. <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescler/evolutionMasseMoyenne>



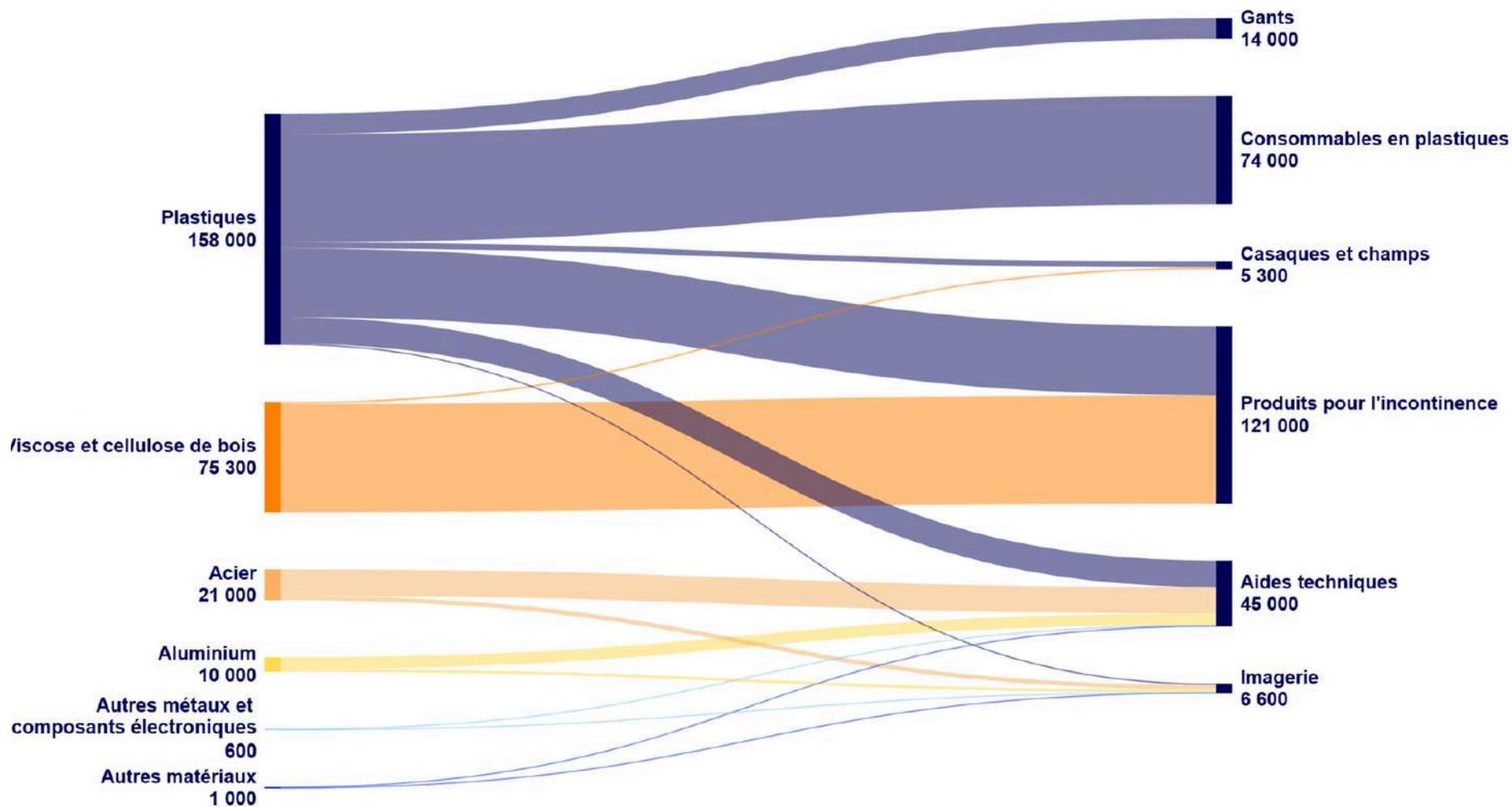


Figure 16 : Flux de matières (en tonnes) composant les produits finis (hors emballages et pertes de matériaux lors de la production), pour les six catégories de dispositifs médicaux représentant les plus gros volumes de matière
 Source : The Shift Project



C) Provenances

D'après nos estimations basées sur les données des douanes françaises, environ **81 % des masses de dispositifs médicaux consommés en France sont produits à l'étranger**. Ainsi, une grande partie des consommations françaises reposent sur des productions à l'étranger et sur des chaînes logistiques complexes pour l'approvisionnement :

- Environ **60% des masses de DM importées proviennent d'Europe**, et notamment d'Allemagne (12%), des Pays-Bas (9%), de Belgique (7%) et du Danemark (5%).
- Environ **40% des masses importées proviennent de pays non-européens**, dont environ 17% de Chine (figure 17).

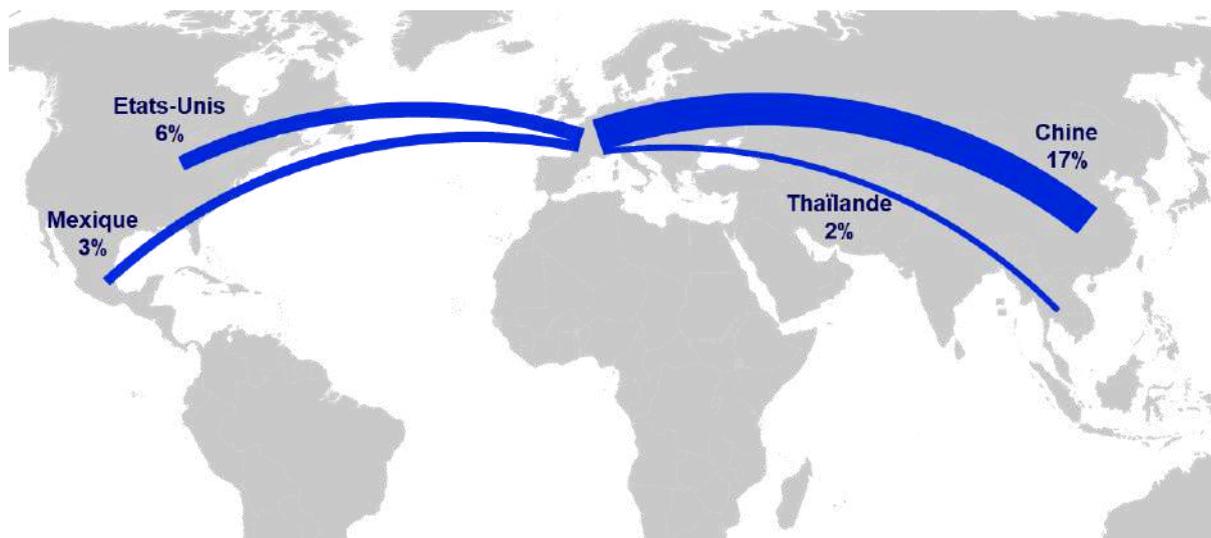


Figure 17 : flux d'importations de DM depuis des pays non-européens vers la France en 2023 (les importations intra-européennes ne sont pas représentées sur ces graphiques)

Source : The Shift Project, d'après données des douanes françaises pour 65 codes produits

Ainsi, d'après les données des douanes françaises, plus de 285 000 tonnes de DM ont été importées vers la France en 2023¹¹⁰. **A noter qu'il s'agit des importations de produits finis, qui traduisent donc uniquement la dernière étape de la chaîne de valeur.** Si une grande partie des dispositifs médicaux ne sont constitués que de quelques composants et matériaux, **d'autres, plus complexes, nécessitent des chaînes logistiques extrêmement développées.** On compte par exemple plusieurs milliers de fournisseurs pour la production d'un IRM. Ainsi, une entreprise comme *Siemens Healthineers* a recours à 40 000 fournisseurs, répartis sur 120 pays¹¹¹.

¹¹⁰ Douanes françaises, Données publiques, 2024. <https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata>

A noter que ce chiffre est différent du chiffre identifié à la section précédente : on parle ici uniquement des importations, les masses prennent ici en compte les emballages, et les produits étudiés sont différents.

¹¹¹ Siemens Healthineers, Sustainability Report, 2024. <https://www.siemens-healthineers.com/company/sustainability/report>





04

RÉSULTATS DÉTAILLÉS

I – Industries des dispositifs médicaux : des industries pas comme les autres

Le secteur des dispositifs médicaux se distingue par ses exigences uniques en matière de qualité, de sécurité et de performance, qui façonnent chaque étape de leur production et de leur mise sur le marché. Les exigences spécifiques en matière de pureté, de tests, de contrôle, de stérilisation, d'emballage, etc, ont nécessairement un impact sur l'empreinte carbone globale des dispositifs médicaux.

Le tableau 1 résume par exemple quelques normes applicables pour certains matériaux couramment utilisés dans les dispositifs médicaux.

Matériau	Normes	Exemples d'exigences
Titane non allié	ASTM F67 : 2013	<ul style="list-style-type: none">• Certification des fournisseurs• Analyses de lots représentatifs• Moyens et qualités de fabrication (forme, finition, tolérances dimensionnelles)• Composition chimique (limites maximum lors des analyses de lot en nitrogène, carbone, hydrogène, fer, oxygène, et titane)• Qualité surfacique (couche alpha)• Propriétés mécaniques (traction, élasticité, flexion, élongation en fonction de la forme)
Silicone médical	ISO 14949 : 2001	<ul style="list-style-type: none">• Certification des fournisseurs et documentation• Composition chimique et contaminations (pureté, substances solubles dans l'hexane, matières volatiles, contamination métallique, contamination particulaire)• Propriétés mécaniques (échantillons test, traction, élasticité, dureté, densité relative)• Biocompatibilité (selon ISO 10993-1)

Tableau 1 : Exemples de normes pour des matériaux couramment utilisés dans les dispositifs médicaux
Source : The Shift Project, d'après normes ISO et ASTM

Ces exigences du secteur du dispositif médical induisent des contraintes sur les matériaux choisis et les étapes de fabrication, et notamment :

- **Une production en salle propre ;**
- **Une stérilisation ;**
- **D'autres contraintes pour les choix des matières premières et des procédés de fabrication, à ce jour non prises en compte :** propriétés mécaniques, composition et pureté des matériaux, biocompatibilité, compatibilité avec des procédés de fabrication spécifiques, traitements de surface, etc.



Encadré 3 : Appel à contribution

Dans ce rapport, nous nous sommes pour l'instant focalisés sur deux spécificités des industries du dispositif médical : la production en salle blanche et la stérilisation.

Nous avons pour objectif de compléter cette étude en prenant en compte les autres spécificités du secteur.

Nous identifions un besoin de **données précises sur** :

- **la production des matières premières**, et notamment des données sur les **plastiques** utilisés dans les dispositifs médicaux. Nous serions notamment grandement intéressés par la mise en contact avec des acteurs de la plasturgie médicale (BASF, SABIC, Evonik Industries, Arkema, etc.).
- **Les ressources et consommations d'énergie utilisées dans les procédés de fabrication spécifiques** : taux de rebut, traitement de surface, nettoyage, etc.

Aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces consommations à indus-sante@theshiftproject.org.

A) Production en salle propre

1) Salles propres et production française de dispositifs médicaux

Les salles propres, également appelées salles blanches, sont des environnements contrôlés où la concentration de particules dans l'air est maintenue à un niveau très bas. Dans le secteur des dispositifs médicaux, elles sont classées selon les normes ISO 5 à 8, en fonction de la criticité des produits fabriqués et des exigences associées. Ces classifications définissent des seuils maximaux de particules admissibles, mesurées pour des tailles allant de 0,1 à 5 microns.

Essentielles aux industries de santé, les salles propres répondent aux exigences strictes imposées par la norme ISO 14644, indispensable pour garantir la sécurité des produits entrant en contact direct ou indirect avec le corps humain. Elles sont donc notamment utilisées dans la production de produits tels que les aiguilles et seringues, les DM implantables, etc.

En France, les salles propres utilisées par les entreprises pharmaceutiques couvrent une superficie totale de 1 933 milliers de m². Celles destinées aux DM sont plus modestes, avec une surface totale de 240 milliers de m² ¹¹².

La production en salle propre induit des émissions de GES significatives, notamment via une consommation d'énergie très élevée pour permettre la ventilation, la climatisation, la gestion de l'humidité et le chauffage des espaces, répartie pour les salles de classe ISO 8 comme montré sur la figure 18. Ainsi, **les salles propres dédiées à la production française de dispositifs médicaux consomment 0,372 TWh par an**, ce qui génère environ **28 ktCO₂e**.

¹¹² Aspec, EDF et ADEME, Performance énergétique en ambiance propre (2016).



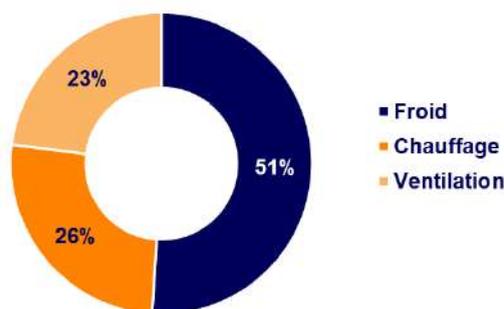


Figure 18 : Répartition des consommations d'énergie en salles propres de classe ISO 8
 Source : The Shift Project, d'après le "Guide de l'Ultrapropreté" (2013-2014)

En raison du mix électrique faiblement carboné de la France, ces émissions sont bien plus faibles que dans d'autres pays. Par exemple, une salle blanche émet environ **5 fois plus** en moyenne en Europe, et **9 fois plus** en Chine¹¹³.

La production en salle propre nécessite également l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) : combinaisons, blouses, surchaussures, charlottes, gants, etc., générant des émissions annuelles totales de **5,2 ktCO₂e** pour l'ensemble des salles blanches ayant servi à la production destinée à la consommation française. Les déplacements des professionnels assurant le nettoyage et le maintien de l'ultra-propreté contribuent à hauteur de **0,8 ktCO₂e** par an. Finalement, les émissions induites par les salles blanches dédiées à la production de dispositifs médicaux en France est **estimée à 34 ktCO₂e**.

2) Salles propres et consommations françaises de dispositifs médicaux

La production en salle blanche provoque un surcroît d'émissions. Or, peu d'études portant sur les émissions induites par les dispositifs médicaux (et notamment les études répertoriées dans la base de données *HealthcareLCA*¹¹⁴) prennent en compte cette particularité des industries de santé. La figure 19 montre que pour l'injection de plastique, **omettre la production en salle blanche participe à sous-estimer très significativement les émissions liées à la production**.

Ainsi, en prenant en compte la consommation énergétique des salles propres mais aussi les pertes plus élevées pour le plastique à usage médical¹¹⁵, il apparaît que **l'empreinte carbone de l'injection de plastique à usage médical est environ 1,85 fois plus élevée que pour du plastique ordinaire**.

¹¹³ En faisant l'hypothèse que les consommations d'énergie proviennent de l'électricité. A partir des données de l'ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>

¹¹⁴ Drew J & Rizan C., HealthcareLCA Database, 2022. healthcarelca.com/database

¹¹⁵ Nous le verrons plus en détail à la section suivante.



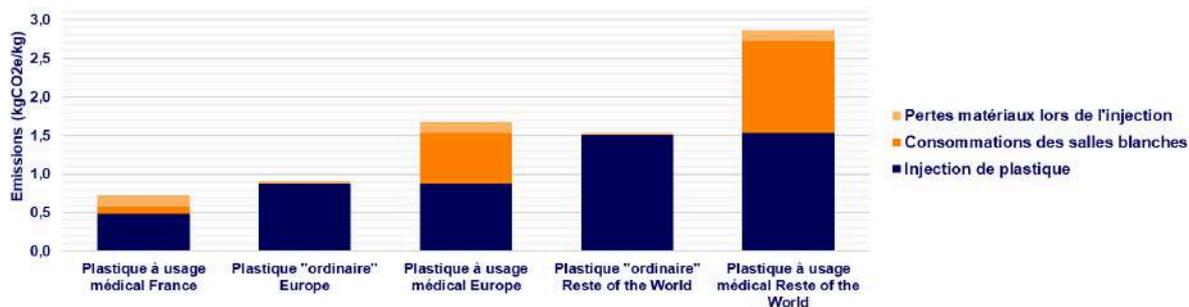


Figure 19 : Émissions liées au moulage de plastique par injection

Source : The Shift Project, d'après données Ecoinvent®¹¹⁶ et données transmises par des industriels.

Les consommations énergétiques en jeu mettent en évidence le **rôle crucial du mix électrique des pays de production**.

B) Stérilisation

Certains dispositifs médicaux induisent un risque d'infection. Ces dispositifs médicaux sont donc stérilisés. On retrouve notamment :

- Les dispositifs utilisés pour l'administration de médicaments ou de fluides (seringues, cathéters, poches de perfusion et tubulures, etc.) ;
- Les dispositifs implantables ;
- Les instruments chirurgicaux ;
- Les autres dispositifs invasifs ou utilisés en bloc opératoire (champs, casaques, etc.).

Aujourd'hui, la stérilisation des dispositifs médicaux à usage unique enregistre une croissance financière annuelle de 7%¹¹⁷, et repose sur quatre procédés : l'**oxyde d'éthylène** (OEt) (~55% du volume stérilisé), le **rayonnement gamma** (~35% du volume stérilisé), l'**e-beam** (~10% du volume stérilisé), et les **rayons X** (très faible part du volume stérilisé, mais en développement). Le choix du mode de stérilisation dépend en grande partie du type de matériau constituant le dispositif médical, tous n'étant pas compatibles avec l'ensemble des techniques de stérilisation.

Sur la base de la littérature sur le sujet et d'entretiens avec des industriels, nous résumons nos estimations sur l'impact carbone de ces quatre procédés sur la figure 20 :

¹¹⁶ Ecoinvent®, Injection moulding.

¹¹⁷ IBA, 2023. <https://www.iba-worldwide.com/sites/default/files/2023-03/iba-brochure-corporate-2021-fr.pdf>



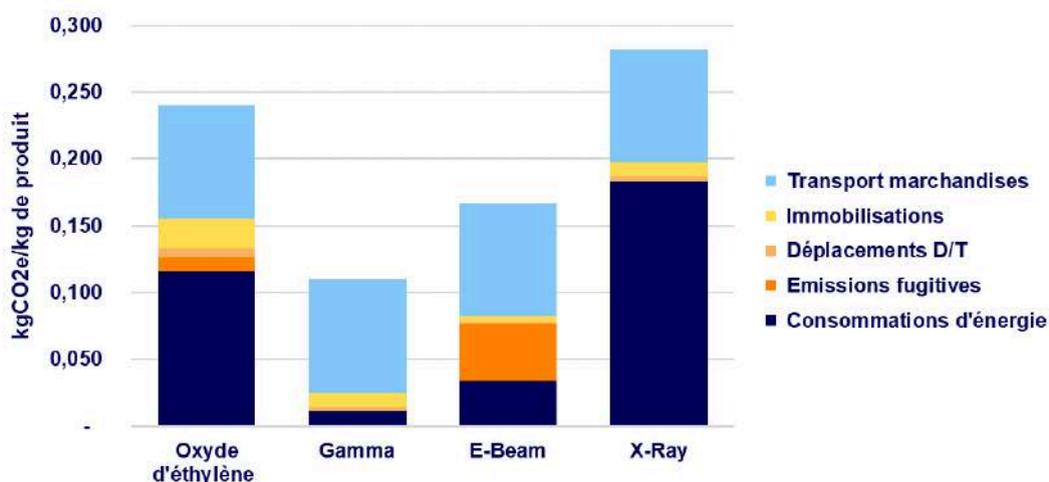


Figure 20 : Répartition des émissions des différents modes de stérilisation industrielle
 Source : The Shift Project

Le **transport des marchandises** représente la majeure partie de l’empreinte carbone des modes de stérilisation : les dispositifs médicaux doivent en effet être transportés vers les différents sites de stérilisation, et, dans beaucoup de cas, retourner au site de production original afin de terminer la phase de conditionnement¹¹⁸. Les autres principaux contributeurs d’émissions sont les consommations d’énergie ainsi que, dans certains cas, les émissions fugitives¹¹⁹.

La stérilisation à l’oxyde d’éthylène (également appelé OE, EtO, ou OEt) consiste à exposer les produits à stériliser à l’oxyde d’éthylène, un gaz hautement réactif, qui pénètre dans les matériaux pour détruire les micro-organismes. Ce mode de stérilisation nécessite une **consommation énergétique de gaz** pour atteindre la température nécessaire à la stérilisation des palettes. Le gaz est également utilisé par les systèmes de réduction catalytique pour capturer et détruire un maximum de résidus volatils d’oxyde d’éthylène, qui est un gaz toxique pour l’être humain (et également un gaz à effet de serre, ce qui se traduit par des émissions fugitives). Ainsi, **les émissions liées aux consommations énergétiques** de la stérilisation par oxyde d’éthylène sont élevées par rapport aux autres modes de stérilisation.

La stérilisation gamma consiste à exposer les produits à traiter à une irradiation aux rayons gamma issus du Cobalt 60, un isotope radioactif du cobalt. Ce mode de stérilisation nécessite une plus faible quantité d’énergie, puisque les rayonnements sont directement issus du Cobalt 60. Ce mode de stérilisation pourrait néanmoins connaître des difficultés d’approvisionnement, car la production mondiale de cobalt-60 risque d’être menacée¹²⁰. En effet, une grande partie du cobalt 60 produit dans le monde est un coproduit de réacteurs nucléaires canadiens, les réacteurs CANDU, qui approchent de la fin de leur durée de vie¹²¹.

¹¹⁸ Ici, nous avons pris les mêmes hypothèses de transport pour les différents procédés, mais les émissions dépendent de la zone de chalandise des sites industriels de stérilisation. Ainsi, selon des données collectées auprès d’industriels, les distances parcourues par les produits stérilisés au rayon gamma pourraient être plus élevées.

¹¹⁹ Les émissions fugitives désignent une catégorie spécifique de rejets involontaires de gaz ou de vapeurs dans l’atmosphère, principalement dus à des activités industrielles. Elles peuvent s’échapper au cours de divers processus industriels, notamment l’extraction, le traitement et le transport des combustibles fossiles. Les principales sources sont les fuites des vannes, des pipelines, des réservoirs et d’autres équipements de traitement.

¹²⁰ Aurora, <https://www.aurora-sterilisation.com/industries/>

¹²¹ Commission canadienne de sûreté nucléaire, 2017.

<https://www.cnsccsnc.gc.ca/fra/resources/research/technical-papers-and-articles/2017/candu-reactors-long-term-operation-and-refurbishment/>



La toxicité potentielle de l'oxyde d'éthylène et les difficultés d'approvisionnement en cobalt 60 conduisent ainsi au développement d'autres modes de stérilisation. **La stérilisation par faisceaux d'électrons** (ou e-beam, ou rayons bêta) consiste à exposer les produits à un faisceau d'électrons accélérés. Cette stérilisation nécessite une **relativement grande consommation d'électricité**, et notamment pour les générateurs électriques qui produisent des électrons qui sont ensuite accélérés et focalisés au sein d'un champ électromagnétique sous vide. Certains accélérateurs utilisent de l'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est un gaz utilisé afin d'isoler les champs électriques. Son potentiel de réchauffement global est très élevé, environ 23 000 fois celui du dioxyde de carbone à cent ans (autrement dit, un kilogramme de SF₆ contribue autant aux émissions que 23 000 kilogrammes de CO₂). Ainsi, les fuites de SF₆ représentent une source non négligeable d'émissions de GES : celles-ci constituent 25% des émissions de l'entreprise de stérilisation *IBA*¹²² et 34% des scopes 1 et 2 de l'entreprise *Ionisos*¹²³.

Enfin, **la stérilisation par rayons X** se développe comme substitut de l'irradiation gamma. Ce procédé consiste à exposer les produits à traiter par des rayons X de haute énergie, générés par l'accélération d'électrons qui produisent un rayonnement en percutant une cible métallique. L'accélérateur d'électrons **nécessite une très grande quantité d'électricité** : ainsi, un site de stérilisation par rayons X nécessite environ 15 fois plus d'électricité qu'un site de stérilisation par rayon gamma¹²⁴.

C) Autres contraintes pour les matières premières et les étapes de fabrication

1) Choix de la matière première

Le choix des matières premières est influencé par les propriétés souhaitées pour les dispositifs médicaux : propriétés mécaniques, pureté des matériaux, biocompatibilité, compatibilité avec des procédés de fabrication spécifiques.

¹²² IBA, <http://www.iba-dynamitron-lifesf6free.com/>

¹²³ Ionisos, Sustainability report, 2023. <https://www.ionisos.com/wp-content/uploads/2023/11/Sustainability-report-2022-1.pdf>

¹²⁴ Gamma Industry Processing Alliance (GIPA), A Comparison of Gamma, E-beam, X-ray and Ethylene Oxide Technologies for the Sterilization of Medical Devices and Healthcare Products on August 31, 2017. large.stanford.edu/courses/2018/ph241/qoronzy2/docs/gipa-aug17.pdf



Une récente étude de Piffoux et al. (2024)¹²⁵ a montré une forte corrélation entre prix des principes actifs sur le marché asiatique (où les marges sont plus faibles) et empreinte carbone. Un prix plus élevé suggère en effet **plus d'activités nécessaires à la production, à la conception ou aux tests** des matières premières, ce qui peut se refléter sur l'empreinte carbone. Hors, le prix sur le marché chinois pour du polypropylène médical par exemple est en moyenne 27% plus élevé que pour du polypropylène sans grade médical. Aussi, si on suppose cette corrélation vraie également pour les matières premières plastiques, on peut penser que l'empreinte carbone associée pourrait être plus élevée.

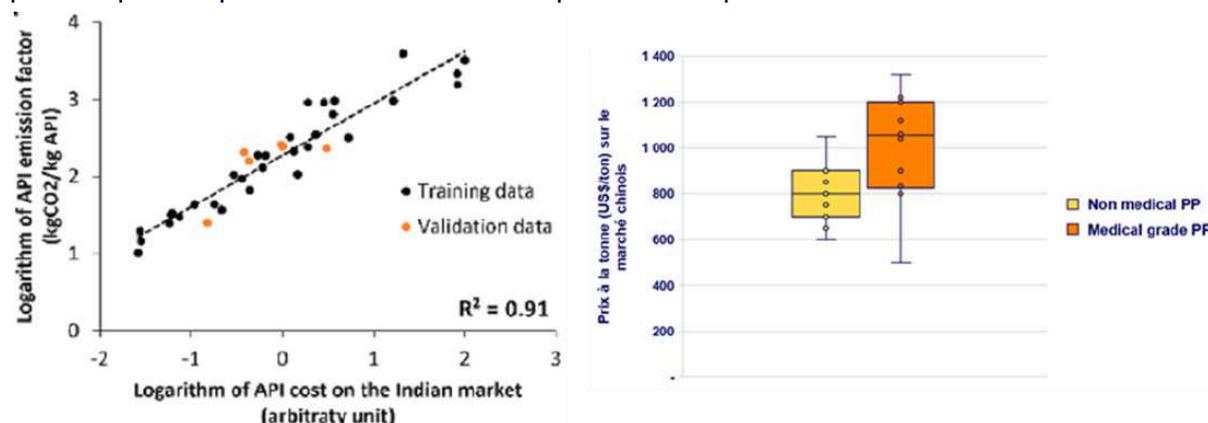


Figure 21 : Comparaison du coût des principes actifs sur le marché indien et de leur empreinte carbone (à gauche), et répartition des prix de différents types de polypropylène sur le marché chinois (à droite)
Source : Piffoux et al. (2024), et The Shift Project d'après <https://fr.made-in-china.com/>

2) Traitements de surface et revêtements

De nombreux traitements de surface ou revêtements sont utilisés pour améliorer certaines propriétés des dispositifs médicaux (comme montré sur le tableau 2). Ils ont leur propre impact en termes de consommation de ressources et d'énergie mais augmentent également le taux de rebut des pièces fabriquées (comme détaillé dans la section suivante).

Revêtement/Traitement	Objectifs principaux	Applications courantes
Anodisation	Titane et aluminium pour améliorer la biocompatibilité et la résistance à la corrosion	Implants orthopédiques, dentaires, instruments chirurgicaux
Passivation	Acier inoxydable, améliore la résistance à la corrosion	aiguilles, guides et instruments chirurgicaux
PVD (Dépôt physique en phase vapeur)	Augmente la durabilité, réduit l'usure et améliore la biocompatibilité	Instruments (ex : scalpels) et certains implants
Autres : revêtements métalliques ou ioniques, Diamond like Carbon ...		

Tableau 2 : Exemple de traitements de surface ou revêtements utilisés

3) Tests, contrôles qualité et taux de pertes

¹²⁵ Piffoux et al., Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257#sec3>



Certains dispositifs médicaux sont soumis à des normes imposant des tests et des contrôles qualité fréquents, à la fois lors de la conception et lors de la production. Ces tests et contrôles se traduisent par des émissions de GES, par exemple à travers :

- L'utilisation de machines de contrôle (machines de traction, spectromètres, microscopes, ...) parfois très spécifiques (analyseur de diffraction des rayons X, chambres de brouillard salin, ...)
- Des déplacements des opérateurs des contrôles qualité.

Ces tests et contrôles se matérialisent également par **des taux de pertes et de rebuts relativement élevés**. Les pertes pour l'injection de plastique à usage médical sont par exemple d'environ 3%¹²⁶, contre 0,6% en moyenne pour une injection de plastique ordinaire¹²⁷. Ces pertes s'appliquent également aux produits finis, on observe par exemple :

- Des taux de rebut de 1 à 7% pour les masques chirurgicaux¹²⁸ ;
- Des taux de rebut de 5 à 15% pour des éléments de verrerie¹²⁹ ;
- 10% de volume de production supplémentaire pour compenser les pièces non conformes dans la production de pièces métalliques à usage aéronautique, défense et médicale¹³⁰.

4) Nettoyage et conditionnement des matières premières, conditionnements intermédiaires

Au cours de la fabrication, les matières premières et les pièces intermédiaires sont régulièrement nettoyées avec **différents processus de nettoyage** dépendant notamment des matière et de la géométrie des pièces :

Méthode	Type de pièces adaptées	Types de matières compatibles	Consommation de ressources
Ultrasons	Pièces complexes, petites, géométries difficiles	Métaux, plastiques, céramique, verre, composites	Énergie, solutions de nettoyage
Eau chaude et détergents	Pièces métalliques et plastiques résistantes	Métaux, plastiques résistants, céramique	Eau chaude, détergents, énergie
Air comprimé	Pièces simples, surfaces externes	Métaux, plastiques, verre, électronique	Air comprimé
Solvants	Pièces métalliques, certains plastiques	Métaux, plastiques résistants aux solvants, verre	Solvants, énergie
Nettoyage à sec	Pièces fragiles, électroniques, géométries complexes	Métaux, plastiques, composants électroniques, verre	Poudres ou particules, énergie

Tableau 3 : Exemple de processus de nettoyage utilisés

¹²⁶ Données transmises par un industriel

¹²⁷ Ecoinvent®, <https://ecoinvent.org/>

¹²⁸ Juran, Reducing Scrap Rate and Labor Efficiency Loss Via Lean Six Sigma. <https://www.juran.com/results/case-studies/reduce-scrap-rate-and-labor-efficiency-loss/>

¹²⁹ Kaizen, Reducing Scrap in Medical Devices Production. <https://kaizen.com/insights/reducing-scrap-medical-devices/>

¹³⁰ Mpanza, Zanele, Identifying the root causes contributing to defects in order to minimize scrap. 2016. https://ieomsociety.org/ieom_2016/pdfs/318.pdf



Afin de maintenir le niveau de propreté des pièces, il est également régulier de les **conditionner dans des emballages spécifiques** entre deux étapes de fabrication (sachets zips, boîtes plastiques, films, ...).

Ce nettoyage et conditionnement supplémentaires se matérialisent en consommations de ressources matérielles et énergétiques, et donc en émissions de GES.

II – L’empreinte carbone des consommables à usage unique et des instruments

A) Drapage et habillement à usage unique utilisés dans le système de santé

Nous regardons ici les émissions induites par les consommations de gants, de casques et de champs opératoires à usage unique par les professionnels de santé.

Parmi ces 3 catégories, **nous incluons dans notre étude les équipements de protection individuelle (EPI)**¹³¹ consommés dans les établissements de santé, bien que ceux-ci ne soient pas nécessairement des dispositifs médicaux. Cette inclusion repose sur la proximité fonctionnelle de ces produits : un gant chirurgical peut par exemple être un EPI, un DM, ou les deux.

Il convient également de noter que nous n’incluons pas pour l’instant dans notre périmètre les consommations de masques, de surchaussures, des charlottes et bonnets, ou des autres équipements d’habillement à usage unique. Nous faisons ce choix faute de données de consommation pour ces produits de santé, aussi, n’hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces consommations à indus-sante@theshiftproject.org.

1) Consommations annuelles

Faute de base de données structurée de consommation nationale, il est difficile d’obtenir des données fiables concernant les consommations hospitalières de produits de santé. Ainsi, il est impossible de connaître précisément les consommations du système de santé de casques, de gants, de masques, etc.

À partir de données collectées auprès d’établissements hospitaliers, nous estimons les **consommations hospitalières de gants à usage unique à environ 2 milliards par an**. La majorité de ces gants sont des gants d’examen, en nitrile ou en PVC. Nous estimons également les **consommations de casques chirurgicales à environ 13 millions par an**.

¹³¹ Les Équipements de Protection Individuelle (EPI), définis par le règlement européen 425/2016, ont pour objectif de protéger leurs utilisateurs contre les risques pouvant affecter leur santé ou leur sécurité.



Enfin, nous estimons les **consommations annuelles de champs opératoires à 57 millions de mètres carrés**, soit une surface supérieure à la ville de Lyon.

De plus, les consommations sont très significatives en médecine de ville. Nous avons notamment estimé les consommations des cabinets de chirurgiens dentistes et de médecine générale. Ces consommations sont résumées dans le tableau 4 ci dessous :

Consommation en millions d'unités	Gants	Casaques	Champs opératoires (unité = 1 m2)	Masques
Consommations hospitalières	2 048	13	57	?
Cabinets de chirurgiens dentistes	566			283
Cabinets de médecine générale	206			72

Tableau 4 : Estimation des consommations de gants, de casaques, de masques et de champs opératoires en ville et à l'hôpital

Source : The Shift Project

2) Estimation de l'empreinte carbone

Ces données de consommations de drapage et d'habillement sont pour l'instant soumises à de fortes incertitudes, à la fois sur le nombre d'unités et leurs masses individuelles. C'est pourquoi nous préférons dans la suite de cette section donner des intervalles d'émissions de GES induites par ces consommations. Ainsi, nous estimons que **ces consommations annuelles sont responsables d'entre 172 et 439 ktCO₂e**. Une décomposition de ces émissions est présentée dans la figure 22 ci-dessous :

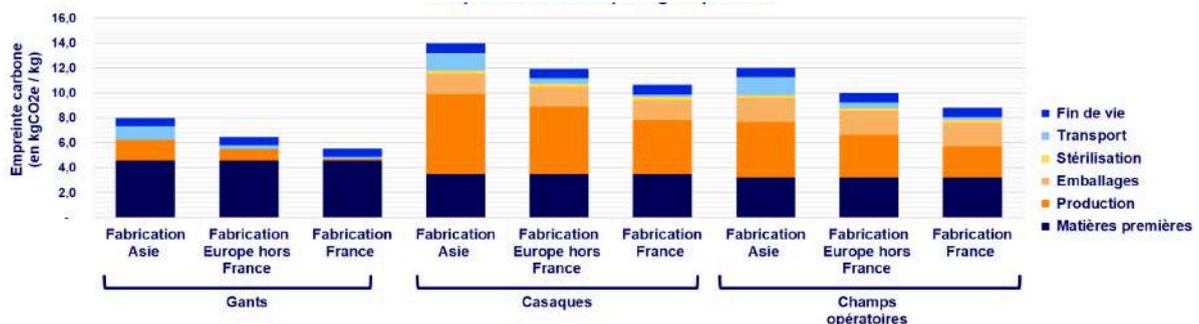


Figure 22 : Répartition des émissions par kg de gants, de casaques ou de champs opératoires, selon le lieu de production

Source : The Shift Project

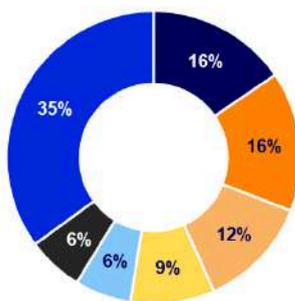
Les émissions dépendent du lieu de fabrication : ainsi, **une production en Asie induit des émissions entre 30% et 45% supérieures à une production française** (ce qui est principalement imputable aux mix électriques plus élevés des pays asiatiques). Aujourd'hui, une majorité de ces produits sont fabriqués hors Europe et importés : 71% pour les gants, 84% pour les champs opératoires, et jusqu'à 97% pour les casaques selon nos estimations. Ils sont principalement fabriqués en Chine, en Malaisie, en Thaïlande, en Birmanie et au Cambodge.



Les émissions sont en grande partie induites par **les matières premières** (nitrile ou PVC pour les gants, polypropylène pour les casques, viscosité et polyéthylène pour les champs opératoires) et par **la production** (et notamment la transformation en tissu non-tissé, la coupe, la couture, et l'assemblage). **Les emballages** représentent une part importante de l'empreinte des champs et des casques, puisque ceux-ci représentent en moyenne respectivement 21% et 17% du poids de ces produits. Enfin, **la fin de vie** représente également une part significative de l'empreinte carbone, et notamment dans le cas où ces produits sont assimilés à des DASRI¹³², dont l'élimination engendre plus de GES. Le traitement des DASRI induit des émissions 2,4 fois plus importantes que celui des déchets conventionnels¹³³, une différence imputable à des modalités de gestion spécifiques, telles qu'une logistique dédiée et une incinération systématique dans des centres spécialisés.

B) Les consommables hospitaliers à usage unique en plastique

Nous regardons ici les émissions induites par les consommables en plastique utilisés dans les établissements hospitaliers : plateaux à instruments, seringues, tubulures, poches à perfusion, etc.



- Articles creux médicaux : plateaux, bassines, pots, etc.
- Systèmes de collecte de sang : tubes d'échantillon, seringues
- Consommables d'aspiration : tubulures, drains, etc.
- Seringues et produits associés
- Produits de systèmes de connexion sans aiguille
- Produits d'urologie : sacs de drainage, cathéters, etc.
- Autres

Figure 23 : Collecte des déchets en plastique de l'hôpital Trousseau (à gauche), et répartition des masses de consommables en plastique à usage unique à l'hôpital (à droite)

Source : AP-HP, The Shift Project

Faute de base de données structurée recensant les consommations des établissements hospitaliers français, nous nous sommes basés sur les quantités de déchets de ces établissements. Plusieurs études ont pu analyser les compositions des flux sortants hospitaliers¹³⁴ ¹³⁵ ¹³⁶ : **47% des déchets hospitaliers sont notamment en matières plastiques, c'est-à-dire issus de la chimie du pétrole.**

Ainsi, en excluant les gants, les vêtements de protection à usage unique, les champs opératoires (traités précédemment) et les protections pour l'incontinence (traités plus bas), nous estimons que **les dispositifs médicaux à usage unique en matière plastique**

¹³² Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux. Pour nos calculs, nous avons pour l'instant fait l'hypothèse que 50% de ces produits (hors emballages) étaient assimilés à des DASRI.

¹³³ ADEME, Base Empreinte (DAS/Incinération - Impacts et Ordures ménagères résiduelles/Fin de vie moyenne - Impacts). <https://base-empreinte.ademe.fr/>

¹³⁴ Healthcare Without Harm, Measuring and reducing plastics in the healthcare sector, 2022. <https://europe.noharm.org/media/4544/download?inline=1>

¹³⁵ NHS, Is Green the New Blue?, 2020. <https://www.nhs.uk/wp-content/uploads/2020/01/Datagreen-is-the-new-blue2-1.pdf>

¹³⁶ Ivanović et al., Material flow analysis of single-use plastics in healthcare: A case study of a surgical hospital in Germany, 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922002683>



représentent une consommation annuelle d'environ 74 000 tonnes. Comme montré sur la Figure 24, les plastiques les plus utilisés sont le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC), et le polyéthylène (PE).

Nous estimons que ces consommations sont responsables d'émissions annuelles de 570 ktCO₂e. La majeure partie de ces émissions proviennent des **matières premières**, c'est-à-dire de la production de granulés de plastiques, ainsi que de la **transformation des matières premières**. Les **emballages** ne représentent pas une part très grande des émissions en moyenne, mais pour certains produits (par exemple pour les seringues), ceux-ci représentent une part substantielle de l'empreinte carbone.

Les émissions liées au **transport** représentent 17% des émissions. Celles-ci sont liées en grande partie aux produits fabriqués hors Europe (environ 31% du total) acheminés **en transport aérien** (c'est le cas pour 25% de ces produits). Ainsi, seulement 8% des produits consommés sont responsables de 2/3 des émissions liées au transport.

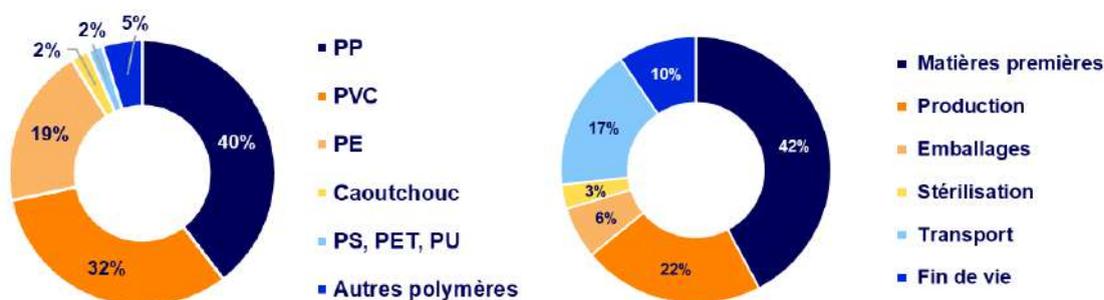


Figure 24 : Répartition des plastiques et polymères utilisés (à gauche), et répartition des émissions des consommables en plastiques consommés à l'hôpital (à droite)

Source : The Shift Project

Enfin, la **fin de vie** représente également une part significative de l'empreinte carbone, et notamment dans le cas où ces produits sont assimilés à des DASRI¹³⁷, dont l'élimination engendre plus de GES.

C) Instruments

L'instrumentation médicale regroupe l'ensemble des outils utilisés par les professionnels de santé pour examiner, diagnostiquer, soigner ou opérer leurs patients. Ces instruments sont essentiels au bon déroulement des interventions médicales, que ce soit en chirurgie, en consultation ou pour des soins quotidiens. Chaque instrument est conçu pour répondre à des besoins spécifiques, d'où **une très grande diversité de références**, reflétant la complexité et la spécialisation des pratiques médicales.

De manière non exhaustive, les instruments peuvent donc regrouper les catégories suivantes¹³⁸ :

- **Instruments pour la chirurgie** : bistouris chirurgicaux, pinces chirurgicales, ciseaux chirurgicaux.

¹³⁷ Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux. Pour nos calculs, nous avons pour l'instant fait l'hypothèse que 50% de ces produits (hors emballages) étaient assimilés à des DASRI.

¹³⁸ <https://www.distrimed.com/index.php?cPath=82>



- **Instrumentation ORL** : pinces auriculaires, spéculums nasaux et auriculaires, miroirs laryngés.
- **Instrumentation gynécologique** : spéculums vaginaux, pinces chirurgicales.
- **Petit matériel médical divers** : marteaux à réflexes, poires médicales, stéthoscope.

Au total, nous pouvons donc identifier des centaines de références différentes. Cependant, il est intéressant de constater que ces instruments peuvent être à usage unique et/ou réutilisables.

A ce stade, nous n'avons pas eu la possibilité d'effectuer l'ensemble des calculs permettant d'estimer les émissions GES en lien avec les instruments, mais ces estimations seront présentes dans le rapport final.

Dans le cadre de ce rapport intermédiaire, nous proposons une étude de quelques cas issus de la littérature. La figure 25 compile les résultats des études issues de la littérature publiée avant décembre 2021 calculant l'empreinte carbone de produits de santé selon leur usage : réutilisables, à usage unique ou mixtes (équipements qui sont principalement réutilisables, mais qui contiennent des composants à usage unique). On y retrouve ainsi de nombreux instruments fréquemment utilisés : spéculums vaginaux, lames et poignées de laryngoscope, trocarts, urétéroscopes, bronchoscopes, etc.

Nous pouvons constater que **dans la plupart des cas, les instruments réutilisables semblent moins émetteurs que ceux à usage unique.**



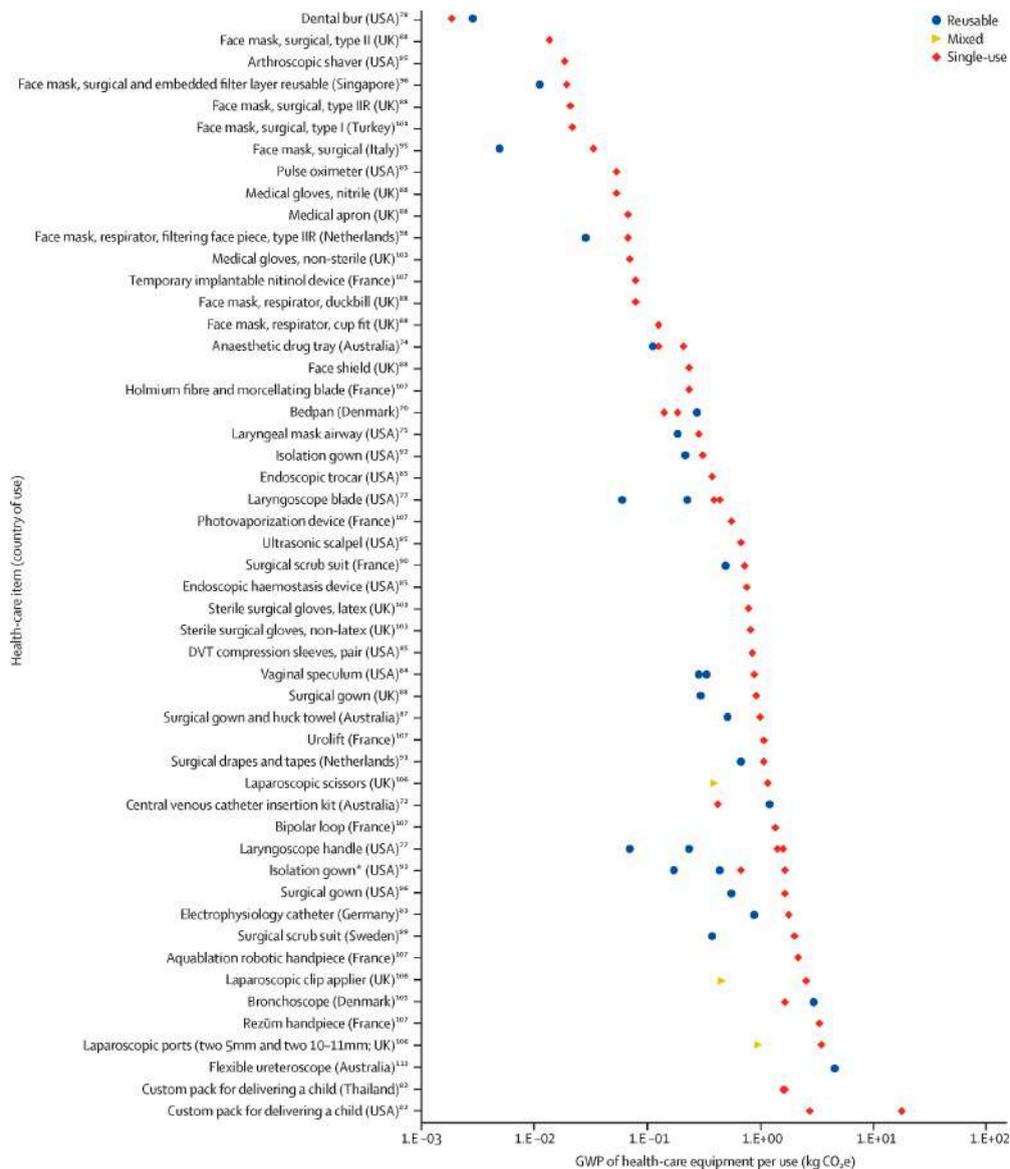


Figure 25 : Empreinte carbone des équipements de santé selon leur usage (réutilisable, mixte, à usage unique)

Source : Drew et al¹³⁹.

Pour les instruments à usage unique, l'empreinte carbone provient principalement du **processus de production**, tandis que pour les instruments réutilisables, elle provient principalement de **l'impact des procédés de lavage et stérilisation**¹⁴⁰. A noter toutefois que la plupart des études mentionnées ne concernent pas le système de santé français, et ne prennent pas en compte ses spécificités : capacités ou non à stériliser au sein des établissements, stockage, etc.

L'objectif de cette partie est donc d'évaluer et de comparer les émissions GES entre ces instruments. Pour ce faire, nous avons choisi d'effectuer une étude de cas sur 2 types d'instruments relativement utilisés : **laryngoscopes et endoscopes**. Les résultats de cette étude de cas seront disponibles dans le cadre du rapport final.

¹³⁹ Drew et al., HealthcareLCA: an open-access living database of health-care environmental impact assessments. Lancet Planet Health. 2022 Dec;6(12):e1000-e1012.

¹⁴⁰ Ibid.



Cependant, nous avons pu étayer nos premières analyses avec la publication de Rouvière et al. (2023). Cette étude visait à décrire une méthodologie permettant d'évaluer la transition des lames à usage unique (SUB) aux lames de laryngoscope réutilisables (RUB) et ainsi estimer l'impact écologique et économique¹⁴¹.

Les aspects méthodologiques étant disponibles dans la publication, nous résumons les principaux résultats ci-dessous :

Paramètres	Valeurs
Émissions évitées par intubation (SUB versus RUB, kgCO ₂ e)	1,54
Nombre intubations annuelles (CHU Nîmes)	17200
Émissions évitées pour l'ensemble des intubations (tCO ₂ e)	26,5

Tableau 5 : Émissions carbone évitées en utilisant des SUB versus RUB

Source : Rouvière et al., *Reusable laryngoscope blades: a more eco-responsible and cost-effective alternative*. *Anaesth Crit Care Pain MedL*. 2023 Oct;42(5):101276.

Par ailleurs, il est intéressant de souligner des différences notables concernant les sources d'émissions :

- Usage unique : **89%** des émissions proviennent de la fabrication et **11%** du traitement des déchets ;
- Réutilisable : **34%** de l'emballage et traçabilité, **32%** du processus de lavage et **31%** du processus de stérilisation. Seulement **3%** était attribuable à la fabrication.

D'un point de vue théorique, les SUB présentent donc un avantage certain pour réduire les émissions GES des intubations. Cependant, dans la pratique, plusieurs freins ont été identifiés lors de nos échanges avec les différents hôpitaux : stérilisation décentralisée, investissement financier initial conséquent pour commander les lames, pertes de lames, dépôts sur les fibres optiques.

En vue du rapport final, **nous sollicitons un appel aux témoignages pour identifier les opportunités et les freins liés à la mise en place d'instruments réutilisables**. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces consommations à indus-santé@theshiftproject.org.

D) Autres consommables hospitaliers

Nous ne prétendons pas pouvoir quantifier les émissions relatives à la totalité des dispositifs médicaux consommés à l'hôpital. Cependant nous souhaitons couvrir un panorama le plus représentatif possible des consommations hospitalières.

Aussi, dans la suite de nos travaux, nous accorderons *a priori* une attention particulière :

- **Aux aiguilles** (aiguilles hypodermiques, pour prélèvements, pour cathéters, à fistule, aiguilles de suture) ;
- **Aux produits couramment utilisés dans les kits de dispositifs médicaux** (compresses, bandes, etc.)

¹⁴¹ Rouvière et al. *Reusable laryngoscope blades: a more eco-responsible and cost-effective alternative*. *Anaesth Crit Care Pain MedL*. 2023 Oct;42(5):101276.



Nous aborderons également en détail des **exemples de dispositifs médicaux multi-matériaux plus complexes**, et en particulier les hémodialyseurs.

E) Consommables utilisés en ville

Dans cette section, nous étudions les consommables utilisés en ville (pansements, protections pour incontinence, etc.). La dénomination “en ville “ pour ces consommables est utilisée par souci de classification, mais ces produits sont également utilisés dans les établissements hospitaliers et médico-sociaux. Cette section étudie les émissions de gaz à effet de serre associées quel que soit le lieu de consommation (ville ou hôpital).

1) Protections pour l'incontinence

Les protections pour l'incontinence pour personnes âgées représentent un volume extrêmement important de consommation de dispositifs médicaux. Environ **1,8 milliards de protections sont consommées en France chaque année**¹⁴² (réparties comme sur la figure 26 (à gauche), ce qui représente plus de 120 milliers de tonnes de produits. Les protections pour l'incontinence représentent par exemple près de la moitié de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux utilisés dans le secteur de l'Autonomie¹⁴³.

Nous estimons que les productions des aides auditives consommées en France sont responsables de l'émission de **402 ktCO₂e par an**, réparties comme sur la figure 26 (à droite).

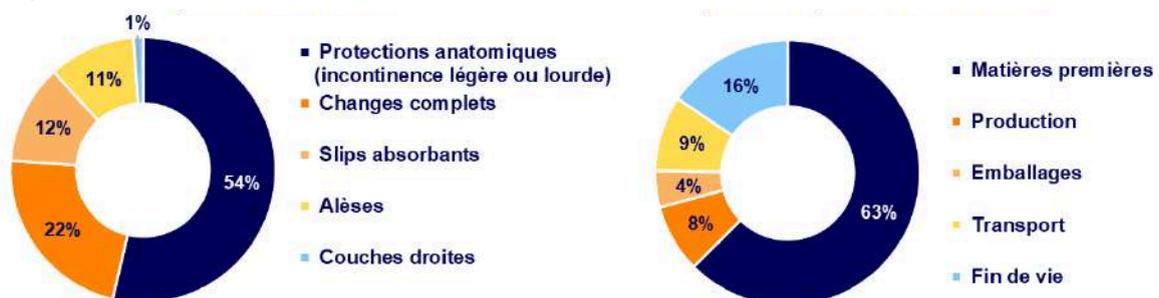


Figure 26 : Répartition des consommations de protections pour l'incontinence (en unités) (à gauche), et répartition des émissions des protections pour l'incontinence (à droite)

Source : ANSES¹⁴⁴, The Shift Project

Les produits sont composés d'entre 40 et 70% de cellulose en flocons, qui provient de pulpe de conifères. Une grande partie de l'empreinte carbone liée aux matières premières provient des autres matériaux, et notamment des polymères superabsorbants, des plastiques et des polymères adhésifs.

Environ 99% des produits consommés en France proviennent d'Europe¹⁴⁵, ce qui explique la relativement faible part du transport. **La fin de vie** représente une part très significative de

¹⁴² Données ANSES, (Sécurité des couches pour incontinence. <https://www.anses.fr/fr/system/files/CONSO2018SA0023Ra.pdf>) extrapolée à 2023 sur la base du nombre de personnes de plus de 60 ans

¹⁴³ The Shift Project, Décarbonons le secteur de l'Autonomie, p.168. 2024.

<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2024/04/240404-Rapport-Decarbonons-lAutonomie-The-Shift-Project-1-1.pdf>

¹⁴⁴ ANSES, Sécurité des couches pour incontinence, 2020. <https://www.anses.fr/fr/system/files/CONSO2018SA0023Ra.pdf>

¹⁴⁵ Données des Douanes françaises, en incluant la Turquie.



l’empreinte carbone : les produits pour incontinence représentent en moyenne environ 1,8 kg de déchets par an et par Français, cette valeur étant probablement sous-estimée¹⁴⁶.

2) Pansements

Nous n'avons pas encore réalisé une analyse complète de l'empreinte carbone des pansements consommés en France, mais nous prévoyons d'inclure cette étude dans notre rapport final. En 2023, les pansements représentaient environ **1 milliard d'euros de dépenses en France**, réparties comme illustré dans la figure 27. Parmi eux, les pansements hydrocellulaires constituent une part importante des consommations et feront l'objet d'une attention particulière dans notre analyse.

Plus de la moitié des volumes de pansements importés en France proviennent de Chine¹⁴⁷. Bien que nous ne l'ayons pas montré, les résultats observés dans d'autres analyses laissent penser que l'empreinte carbone d'une production française ou européenne serait significativement plus faible que celle d'une production en Asie.

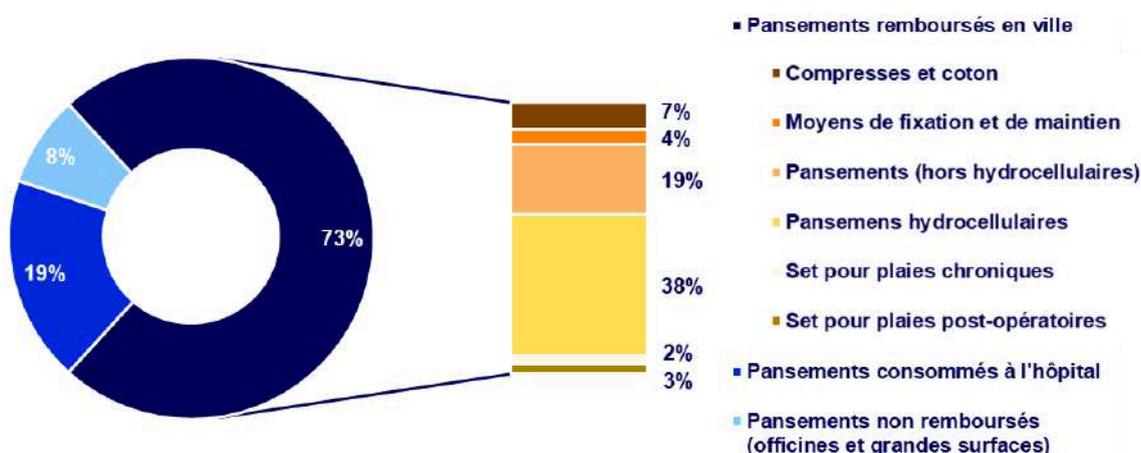


Figure 27 : Répartition des dépenses en pansements en France

Source : The Shift Project

N’hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant les pansements et les dispositifs de traitement des plaies à indus-sante@theshiftproject.org.

3) Autres consommables utilisés en ville

Nous n’avons pas traité tous les consommables utilisés en ville de manière exhaustive. Néanmoins, pour notre prochaine publication nous porterons une attention particulière en priorité sur les dispositifs listés ci-après.

Ainsi, n’hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces dispositifs médicaux à indus-sante@theshiftproject.org.

Dispositifs d’autosurveillance et d’autotraitement du diabète

¹⁴⁶ Pour nos calculs, nous n’avons compté que la fin de vie des produits, et non la fin de vie de leur contenu. Les émissions induites par la fin de vie sont donc sous-estimées.

¹⁴⁷ Répartition des provenances des masses de pansements, bandes, ouates, gazes importés (hors tissus non-tissés). The Shift Project, d’après les données des Douanes françaises.



- Systèmes d'autosurveillance de la glycémie (lecteurs, bandelettes) ;
- Systèmes de mesure du glucose interstitiel (capteurs, transmetteurs, récepteurs, lecteurs) ;
- Dispositifs de prélèvements sanguins (auto-piqueurs et lancettes) ;
- Stylos injecteurs et aiguilles pour autotraitement.

Dispositifs de recueil et drainage de l'urine ou des selles :

- Sondes de drainage vésical ;
- Collecteurs d'urine (collecteurs de jambe ou de nuit) ;
- Poches d'urostomie ;
- Etais péniens ;
- Dispositifs pour l'appareillage des stomies digestives (poches de recueil des matières fécales).

Dispositifs de contraception :

- Préservatifs masculins lubrifiés (117 millions d'unités vendues en France en 2023¹⁴⁸) ;
- Stérilets au cuivre (482 000 stérilets au cuivre remboursés en 2023).

III – L'empreinte carbone des orthèses, des prothèses et des aides techniques

En 2022, environ **14,5 millions de personnes de 15 ans ou plus vivant à domicile ont déclaré avoir au moins une limitation fonctionnelle sévère** : limitation sensorielle, motrice, etc.

Les orthèses, les prothèses et les aides techniques sont destinées à compenser ces incapacités ou handicaps. Dans cette partie, nous nous intéressons à l'empreinte carbone de la production de ces dispositifs médicaux.

A) Dispositifs optiques

Les troubles de la vision sont les troubles sensoriels les plus fréquents : en 2014, environ 7 Français sur 10 de plus de 20 ans étaient porteurs de lunettes ou de lentilles de contact¹⁴⁹.

Dans cette section, nous nous intéressons à l'empreinte carbone des dispositifs de correction de troubles de la vision, et notamment les verres optiques, les montures et les lentilles de contact.

¹⁴⁸ Santé publique France, VIH/Sida, 2024.

<https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/infections-sexuellement-transmissibles/vih-sida/notre-action/>

¹⁴⁹ DREES, Troubles de la vision : sept adultes sur dix portent des lunettes. 2014. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/etudes-et-resultats/troubles-de-la-vision-sept-adultes-sur-dix-portent-des-lunettes-0>



1) Verres optiques

En 2023, plus de 32 millions de verres de lunettes ont été produits pour répondre à la consommation française¹⁵⁰, répartis à peu près équitablement entre verres unifocaux et verres multifocaux (dont les verres dits progressifs). La plupart des verres unifocaux sont fabriqués à l'avance et stockés (ils sont dits "verres de stock"), alors que les verres multifocaux sont des verres de prescription, réalisés sur mesure.

La fabrication des verres nécessite deux étapes de fabrication : d'abord, sont fabriqués des palets (appelés semi-finis) d'une cinquantaine de grammes, dont seule une des deux faces est terminée et polie optiquement. Ces semi-finis sont ensuite usinés (surfacés) pour les adapter à la vue du porteur.

Nous estimons que les productions des verres consommés en France sont responsables de l'émission de 81 ktCO₂e par an, ce qui représente entre 1,7 et 2,8 kgCO₂e par unité. L'empreinte carbone des verres optiques diffère grandement en fonction du lieu de production des semi-finis et de surfacage, comme montré sur la figure 28. On distingue alors 3 cas.

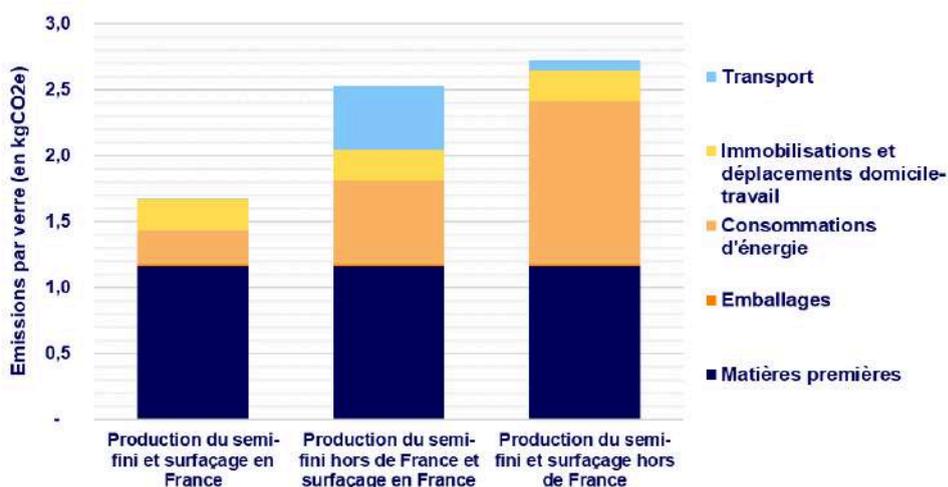


Figure 28 : Empreinte carbone d'un verre multifocal, en fonction du lieu de fabrication

Source : The Shift Project

Cas n°1 : production du semi-fini et surfacage en France

Pour environ 11% des verres consommés en France, la production du semi-fini et le surfacage ont lieu en France ; ces verres ont alors l'empreinte carbone la plus faible : la majeure partie des émissions se concentre sur la **production des matières premières** (i.e. des polymères plastiques).

Cas n°2 : production du semi-fini à l'étranger et surfacage en France

Lorsque l'étape de surfacage a lieu en France, le semi-fini est importé dans au moins 68% des cas. **L'empreinte carbone augmente alors de 50%** par rapport à une production

¹⁵⁰ Ce chiffre ne prend en compte que les verres remboursés, il ne prend donc pas en compte les verres solaires, les verres non remboursés, les verres de deuxième et troisième paire que les enseignes proposent, et les verres de présentation. L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>



entièrement en France. **86% des produits importés en France** depuis des pays non européens (verres ou semi-finis) **le sont par avion**. Ainsi, le produit semi-fini étant plus lourd que le produit fini, l'impact carbone lié au transport est plus important que lorsque seule l'étape de surfaçage a lieu en France.

Cas n°3 : production du semi-fini et surfaçage hors de France

Si toute la chaîne de valeur de la production (production du semi-fini et surfaçage) a lieu hors de France, alors **l'empreinte carbone associée aux verres augmente de 60% par rapport à une production entièrement française**. Cela est notamment lié aux mix énergétiques plus carbonés des pays de production, principalement en Asie du Sud-Est (Philippines, Thaïlande, Chine). C'est notamment le cas de la plupart des verres unifocaux.

La méthodologie employée pour le calcul des émissions des verres optiques est détaillée à [l'ANNEXE I - Détail du calcul pour les verres optiques](#).

2) Montures de lunettes

En 2023, **près de 16 millions de montures de lunettes ont été produits pour répondre à la consommation française**¹⁵¹. Environ la moitié de ces montures sont en plastique, le reste des montures sont le plus souvent fabriquées à partir d'acétate (fleur de coton) ou de métal.

Nous estimons que les productions des montures consommées en France sont responsables de l'émission de **49 ktCO₂e par an**, ce qui représente environ 3 kgCO₂e par unité.

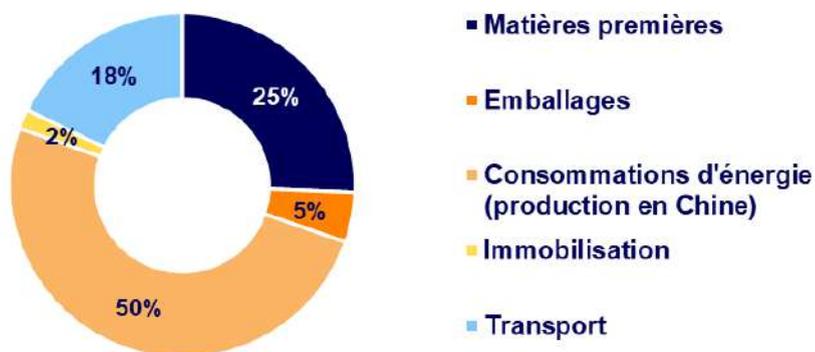


Figure 29 : Répartition de l'empreinte carbone moyenne d'une monture de lunettes

Source : The Shift Project

Nous avons estimé qu'environ 95% des montures consommées en France sont **produites à l'étranger** (dont en Chine à 80%)¹⁵², ce qui explique la part prépondérante de l'empreinte associée à la **consommation d'énergie**, le mix électrique chinois étant environ 13 fois plus carboné que le mix français¹⁵³.

Plus de 70% des montures sont importées en avion, ce qui explique la part importante du transport dans la répartition de l'empreinte carbone. A noter que la part du transport est ici

¹⁵¹ L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>

¹⁵² Estimation The Shift Project, d'après les données des Douanes françaises.

¹⁵³ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>



probablement sous-estimée : les données d'un industriel semblent montrer que ces émissions pourraient être entre 2 et 3 fois plus élevées¹⁵⁴.

3) Lentilles de contact

Environ **270 millions de lentilles sont consommées en France annuellement**¹⁵⁵. Le matériau le plus couramment utilisé pour la production des lentilles de contact est le silicone-hydrogel, un polymère plastique complexe. Toutefois, la majeure partie du poids du produit fini provient des emballages, et notamment des blisters en plastique et en aluminium. La plupart des lentilles sont également fabriquées dans des moules à usage unique, ce qui induit donc des pertes de matériaux lors des phases de production.

Nous n'avons pas à ce jour évalué l'empreinte carbone des lentilles de contact faute de données, notamment sur la production du silicone-hydrogel, principal composant des lentilles de contact.

Ainsi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces matériaux à indus-sante@theshiftproject.org.

B) Audioprothèses

Dans cette section, nous nous intéressons à l'empreinte carbone des aides auditives (ou audioprothèses).

Les troubles auditifs touchent un quart des Français entre 18 et 75 ans¹⁵⁶. Parmi ceux-ci, plus de 3 millions de Français étaient appareillés en 2020¹⁵⁷.

Aussi, en 2023, 1,56 millions d'aides auditives ont été produites pour répondre à la consommation française¹⁵⁸. Environ la moitié des aides auditives vendues fonctionnent avec une batterie, et l'autre moitié fonctionne avec piles¹⁵⁹.

Nous estimons que les productions des aides auditives consommées en France sont responsables de l'émission de **11 ktCO₂e par an**.

¹⁵⁴ D'après Essilor, Document d'enregistrement universel, 2023.

bnains.org/archives/communiqués/Essilor/20240308_Document_d_enregistrement_universel_2023_EssilorLuxottica.pdf

¹⁵⁵ Estimation via données internes

¹⁵⁶ INSERM, Troubles de l'audition – Surdités, 2023. <https://www.inserm.fr/dossier/troubles-audition-surdites/>

¹⁵⁷ IGESR, Évaluation de la filière auditive, 2022.

<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/sites/default/files/2022-01/rapport-igesr-2021-206-16063.pdf>

¹⁵⁸ Audiologie demain, d'après données Snitem. Sell in : baisse record de 7% en 2023, 2024. <https://audiologie-demain.com/sell-in-baisse-record-de-7-en-2023>

¹⁵⁹ Estimation réalisée à partir d'entretiens avec des acteurs du secteur. Aujourd'hui, environ 60% des aides auditives vendues fonctionnent avec une batterie. La tendance, année après année, va vers la réduction de la part des aides auditives à piles.



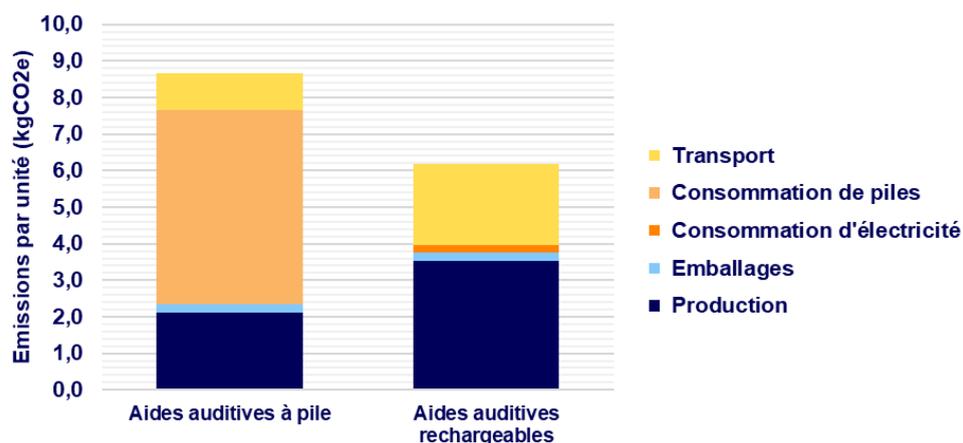


Figure 30 : Empreinte carbone moyenne des aides auditives par unité produite

Source : *The Shift Project*

L'empreinte carbone des aides auditives à pile provient en grande partie des consommations de piles (piles zinc-air), qui doivent être renouvelées régulièrement : ainsi, **plus de 32 millions de piles** pour aides auditives sont produites annuellement pour la consommation française.

L'empreinte carbone des aides auditives fonctionnant avec une batterie repose quant à elle en grande partie sur **la production** (notamment du boîtier de recharge et du chargeur) et sur le **transport**. Nous estimons que plus de 94% des aides auditives sont importées, **dont 90% par fret aérien** lorsqu'elles proviennent de pays hors d'Europe¹⁶⁰, ce qui explique la part importante du transport dans la répartition de l'empreinte carbone.

C) Orthèses

1) Produits de contention et de compression veineuse

Les produits de contention et de compression veineuse, tels que les bas, chaussettes et collants, sont utilisés pour la prise en charge des troubles circulatoires et veineux. En France, environ **13 millions de produits de contention** sont consommés chaque année¹⁶¹.

Nous estimons que les productions des produits de contention consommés en France sont responsables de l'émission de **16 ktCO₂e par an**. Ces émissions sont détaillées sur la figure 31.

¹⁶⁰ Estimations réalisées à partir des données des douanes françaises et d'Eurostat

¹⁶¹ Estimation réalisée à partir d'entretiens avec des acteurs du secteur.



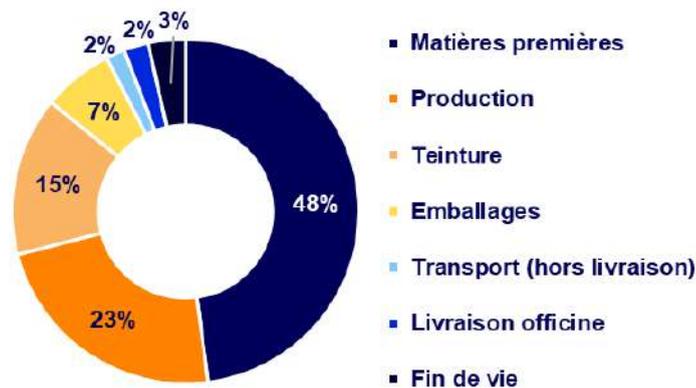


Figure 31 : Répartition de l’empreinte carbone des produits de contention et de compression veineuse
Source : The Shift Project

La majeure partie des émissions provient **des matières premières et des processus de production** (tissage, confection, teinture, etc.).

Le **transport** représente une part moins significative, notamment car une majorité des produits consommés en France sont produits en France ou en Europe¹⁶². En revanche, la phase finale du transport, la livraison des produits aux officines, représente environ la moitié des émissions totales du transport. Cette part élevée s’explique par les exigences de rapidité qui caractérisent le secteur : les produits sont souvent livrés dans des délais très courts, ce qui nécessite le recours à des modes de transport moins efficaces (trajets fragmentés ou sous-optimisés).

Comme représenté sur la figure 32, **les émissions dépendent fortement des matières premières des produits, ainsi que les lieux de production**. Une grande partie des produits de contentions sont conçus à partir de **nylon (ou polyamide)**, un matériau dont la production engendre davantage d’émissions que celle du coton ou de l’élasthanne, mais qui demeure difficilement substituable en raison de ses propriétés élastiques. Enfin, les produits fabriqués en France présentent une empreinte carbone liée à la partie “production” environ 2,5 fois inférieure à celle des produits manufacturés en Chine, en raison de la différence des mix énergétiques nationaux.

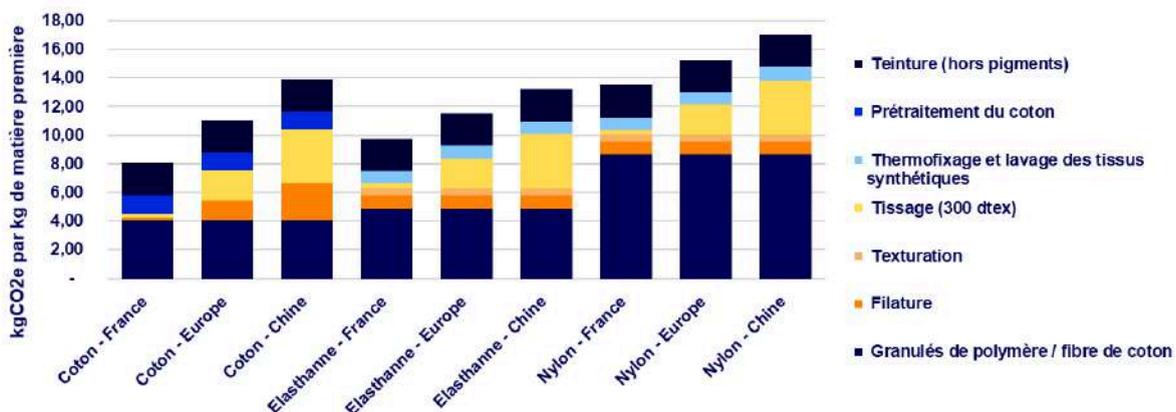


Figure 32 : Émissions liées aux matières premières et à la production, en fonction des matériaux et des lieux de production
Source : The Shift Project

¹⁶² Estimation réalisée à partir d’entretiens avec des acteurs du secteur.



2) Autres orthèses

Nous n'avons pas encore réalisé une analyse complète de l'empreinte carbone des autres orthèses consommés en France, mais nous prévoyons d'inclure cette étude dans notre rapport final. Nous accorderons notamment une attention particulière aux appareils de correction orthopédiques (notamment les attelles), aux semelles et chaussures orthopédiques, et aux colliers cervicaux et ceintures lombaires.

A l'aide de données de la LPP¹⁶³ et des consommations non remboursées en pharmacies¹⁶⁴, nous estimons qu'en 2023, environ **4,85 millions d'attelles** et autres appareils de correction orthopédiques - principalement des **attelles pour mains-poignets, pour genoux ou pour pieds** - ont été consommés en France, dont environ 95% ont bénéficié d'un remboursement de l'Assurance maladie.

Seulement 30% des produits d'orthopédie importés en France proviennent d'Europe¹⁶⁵, une grande partie provenant d'Asie. Bien que nous ne l'ayons pas montré, les résultats observés dans d'autres analyses laissent penser que l'empreinte carbone d'une production française ou européenne serait significativement plus faible que celle d'une production en Asie.

N'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces dispositifs médicaux à indus-sante@theshiftproject.org.

D) Prothèses de membres

Cette partie a été co-construite avec l'aide de l'Institut Robert Merle d'Aubigné, établissement de santé associatif de Soins Médicaux et Réadaptation spécialisé en appareillage.

On compte en France entre 100 000 et 150 000 personnes vivant avec une amputation¹⁶⁶. En 2019, une étude a identifié 163 nouvelles amputations majeures du membre supérieur et 11 719 nouvelles amputations majeures du membre inférieur. La diabète est la principale cause d'amputation¹⁶⁷.

Dans cette section, nous nous intéressons à l'empreinte carbone de la production des prothèses de membres. Chaque année, environ 37 500 prothèses sont produites pour les consommations en France, ce qui représente environ 215 tonnes de matériaux, répartis comme sur la figure 33. A cela il faut rajouter les prothèses de secours, les pertes de matériaux lors de la production, ainsi que l'utilisation de plâtre ou de bandes plâtrées lors du moulage.



INSTITUT ROBERT MERLE D'AUBIGNÉ
VALENTON

¹⁶³ L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>

¹⁶⁴ Données fournies par l'association NèreS et OpenHealth.

¹⁶⁵ Répartition des provenances des articles et appareils d'orthopédie importés. The Shift Project, d'après les données des Douanes françaises.

¹⁶⁶ Chiffre de l'ADEPA repris par :

<https://anfe.fr/wp-content/uploads/2023/08/MEMOIRE-IFELM-2023-SAINTE-FOI-AMPUTATION-TRAUMATIQUE-DE-MEMBRE-SUPERIEUR-EQUILIBRE-OCCUPATIONNEL-MISE-EN-SITUATION-ECOLOGIQUE-ERGOTHERAPIE-MODELE-DE-LOCCUPATION-HUMAINE.pdf>

¹⁶⁷ Hôpitaux universitaires de Genève, Prévention des amputations des membres inférieurs chez des patients en situation de diabète. <https://www.huq.ch/enseignement-therapeutique-pour-maladies/pied-diabetique>



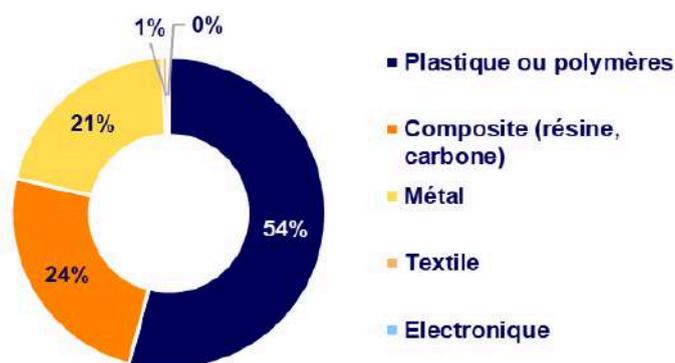


Figure 33 : Répartition des matériaux composants les prothèses de membres consommées en France chaque année

Source : The Shift Project

A ce jour, nous n'avons pas réalisé de calcul d'empreinte carbone lié à la production des prothèses. Ainsi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute information à indus-sante@theshiftproject.org.

E) Aides techniques

Une aide technique est un équipement permettant aux personnes en situation de handicap ou aux personnes âgées de compenser les difficultés du quotidien. **10,3 % des personnes de 15 ans ou plus ont au moins une restriction importante dans les actes essentiels du quotidien** (mobilité, entretien personnel, ou activités domestiques).

A l'aide de données de l'ADEME¹⁶⁸, de la LPP¹⁶⁹, et de la DREES¹⁷⁰, nous avons effectué une première estimation de la taille du parc d'équipements d'imagerie en France. Les quantités d'aides techniques en jeu sont très significatives :

- 1,65 millions de **lits médicalisés** sont répartis entre établissements hospitaliers, médico-sociaux et domiciles des particuliers ;
- 292 000 **fauteuils roulants** (ou autres véhicules) sont mis sur le marché chaque année ;
- Sont également mis sur le marché 3,7 millions de **cadres de marche, déambulateur, béquille d'aisselle, canne anglaise ou canne blanche** chaque année.
- 360 000 **matelas anti-escarre** sont remboursés chaque année par l'assurance maladie.

Nous estimons que les productions des aides techniques consommées en France sont responsables de l'émission de **484 ktCO₂e par an**, répartis comme montré sur la figure 34.

¹⁶⁸ ADEME, Étude de préfiguration de la filière REP des aides techniques, 2024.

<https://bibliothèque.ademe.fr/gued/8670/Prefiguration-Filiere-REP-Aides-Techniques-Synthese-2024.pdf>

¹⁶⁹ L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024.

<https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>

¹⁷⁰ Pour quantifier le nombre de lits. DREES, Panorama statistique 2022.

<https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/panorama/telechargement.htm>



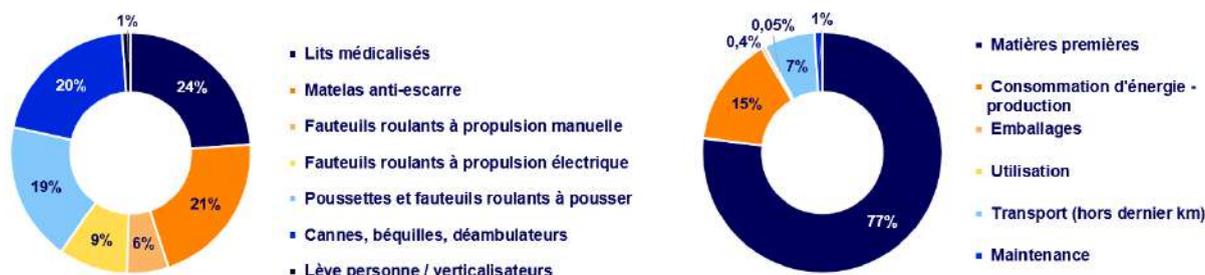


Figure 34 : Répartition de l’empreinte carbone des aides techniques, par catégorie d’aide technique (à gauche), et par catégorie d’émissions (à droite)

Source : The Shift Project

Plus de trois quarts des émissions des aides techniques proviennent des **matières premières**, et notamment de l’acier, de l’aluminium et des matières plastiques (mousses polyuréthanes, PVC).

Selon les catégories d’aides techniques, entre 10% et 70% sont produits en Asie (principalement en Chine). Les émissions liées à la **production** augmentent alors (car d’après nos estimations, les émissions liées à la fabrication de produits en métal sont 34% moins élevées en Europe que dans le reste du monde), ainsi que les émissions liées au **transport**, même si celles-ci restent relativement faibles puisque le transport vers l’Europe est principalement effectué par fret maritime. Il convient toutefois de noter que nous n’avons pour le moment pas pris en compte les émissions liées à la livraison des produits (au “dernier kilomètre”), ni les émissions liées à la fin de vie des produits : ces éléments seront ajoutés en vue de notre rapport final.

IV – L’empreinte carbone des équipements biomédicaux

A) Équipements d’imagerie

En 2022, **138 millions d’actes d’imagerie ont été réalisés en France**¹⁷¹. Ces actes reposent sur une variété d’équipements complexes.

On considère dans cette partie l’empreinte carbone associée aux équipements d’imagerie, et plus précisément :

- Aux équipements lourds : IRM, scanners, caméras à scintillation et tomographes à émission ;
- Aux équipements de radiologie ou de mammographie ;
- Aux échographes fixes ;
- Aux appareils d’imagerie dentaire (radiologie standard ou panoramique) ;
- Aux appareils de radiologie interventionnelle.

¹⁷¹ FNMR, L’imagerie médicale, 2023.

<https://fnmr.fr/wp-content/uploads/2023/06/FNMR-Imagerie-medicale-Un-atout-pour-la-sante-un-atout-pour-economie-2023.pdf>



1) Etat des lieux du parc d'équipements en France

A l'aide des données de data.gouv.fr¹⁷², de la DREES¹⁷³, de la FNMR^{174 175}, d'établissements hospitaliers ou des discussions avec des professionnels de santé, nous avons effectué une première estimation de la taille du parc d'équipements d'imagerie en France, et, à l'aide de la durée de vie moyenne des différents équipements, nous en avons déduit le nombre d'achats annuels correspondant. Ces données sont récapitulées dans le tableau 6.

Equipement d'imagerie	Taille du parc en stock	Nombre d'achats annuels
Scanners	1 434	235
IRM	1 313	215
Caméras à scintillation	481	79
Tomographes à émission/ caméras à positons	233	38
Salles de radiologie	10 029	1 003
Appareils de mammographie	358	36
Appareils de radiographie dentaire standard	45 249	4 525
Appareils de radiographie dentaire panoramique	27 149	2 715
Echographes fixes	10 424	1 489
Arceaux mobiles de radioscopie	141	13
Statifs vasculaires avec arceau	118	12

Tableau 6 : Taille du parc et nombre d'achats annuels en France pour les différents équipements d'imagerie

Source : *The Shift Project*

Ces résultats seront affinés en vue de notre publication finale, et en particulier pour les équipements d'échographie ainsi que pour les équipements d'imagerie interventionnelle.

2) Empreinte carbone induite par ces équipements

Nous estimons que les équipements d'imagerie en France sont responsables de l'émission de **195 ktCO₂e par an**, répartis comme montré sur la figure 35.

¹⁷² Atlasanté, Equipements et matériels lourds mis en oeuvre au sein des structures Finess, 2024. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/equipements-et-materiels-lourds-mis-en-oeuvre-au-sein-des-structures-finess-t-eml-finess/>

¹⁷³ DREES, Les établissements de santé, édition 2022. <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2022-07/ES2022.pdf>

¹⁷⁴ FNMR, L'imagerie médicale en France, 2022. <https://fnmr.fr/wp-content/uploads/2022/01/FNMR-Livre-Blanc-de-limagerie-medicale-en-France-1.pdf>

¹⁷⁵ FNMR, L'imagerie médicale, 2023. <https://fnmr.fr/wp-content/uploads/2023/06/FNMR-Imagerie-medical-Un-atout-pour-la-sante-un-atout-pour-economie-2023.pdf>



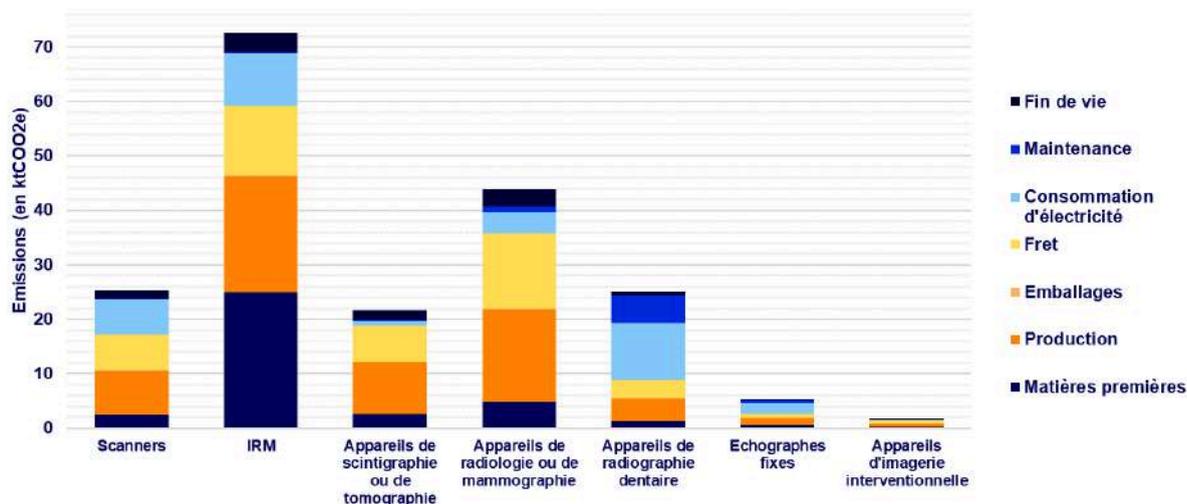


Figure 35 : Répartition de l'empreinte carbone totale des équipements d'imagerie, par catégorie d'émissions (à gauche), et par catégorie d'équipements (à droite)
Source : The Shift Project

Les matières premières et la **production** des équipements sont responsables d'environ 50% de l'empreinte carbone des équipements. Les équipements sont le plus souvent composés en grande partie d'acier, d'aluminium, de composants électroniques et de plastique. Avec une masse moyenne de près de 9 tonnes (contre environ 3 tonnes pour un scanner, 1,5 tonne pour une table de radiographie, et 70 kg pour un échographe), les IRM se démarquent par leur production particulièrement carbonée.

Le transport des produits représente une part très significative des émissions : une part importante des équipements est produite en Amérique et en Asie, et dans la quasi totalité des cas ces équipements sont acheminés **en avion**¹⁷⁶. Rapporté au kilomètre, un transport par fret aérien induit environ 13 fois plus de gaz à effet de serre que par fret maritime¹⁷⁷.

L'utilisation des produits, via leurs **consommations d'électricité**, représente environ 17% des émissions des équipements d'imagerie. Un IRM consomme en effet environ 130 MWh/an¹⁷⁸, et un scanner environ 80 MWh/an¹⁷⁹, soit l'équivalent des consommations d'électricité annuelles de respectivement 58 et 35 Français¹⁸⁰. Ainsi, si le mix électrique français est relativement peu carboné, un calcul similaire avec le mix électrique allemand aboutirait à des résultats différents : le total des émissions induites par les équipements d'imagerie serait alors doublé, et plus de 60% de ces émissions seraient induites par les consommations d'électricité.

Enfin, les **déplacements pour des interventions de maintenance préventive, curatives et les contrôles qualité**, ainsi que **la fin de vie** des équipements représentent environ 10% des émissions induites par les équipements d'imagerie.

¹⁷⁶ Eurostat, Extra-EU trade since 2000 by mode of transport, by HS2-4-6, 2024, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/>

¹⁷⁷ Calcul basé à partir des distances aériennes et maritimes Tokyo / Le Havre, et les données de la Base Empreinte (ADEME), <https://base-empreinte.ademe.fr/>

¹⁷⁸ Esmaeili, A.; McGuire, C.; Overcash, M.; Ali, K.; Soltani, S.; Twomey, J. Environmental impact reduction as a new dimension for quality measurement of healthcare services. *Int. J. Health Care Qual. Assur.* 2018. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30415627/>

¹⁷⁹ McAlister, Scott et al., The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia, 2022. *The Lancet Regional Health-Western Pacific.* <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100459>

¹⁸⁰ data.gouv.fr, Consommation par habitant et par ville d'électricité en France, 2024.

<https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/consommation-par-habitant-et-par-ville-deletricite-en-france/>



Ces résultats seront affinés en vue de notre publication finale, en particulier pour tenir compte des transports intermédiaires (acheminement des différentes pièces jusqu'aux lieux d'assemblage), ainsi que pour tenir compte plus fidèlement des installations annexes (par exemple les bunkers ou cages de Faraday) nécessaires au fonctionnement des équipements. Nous chercherons également à en déduire les émissions par acte médical.

B) Équipements pour pathologies respiratoires

Entre de 7 et 10 millions de Français sont atteints d'une pathologie affectant le système respiratoire¹⁸¹ ¹⁸². Il s'agit principalement des maladies chroniques : asthme, broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), et cancer du poumon. Environ 6 millions de personnes seraient également touchées par des **apnées du sommeil**¹⁸³.

Les dispositifs médicaux respiratoires jouent alors un rôle crucial, en permettant le bon fonctionnement des fonctions respiratoires. Ainsi :

- Environ 1,8 millions de français sont équipés d'une machine à pression positive continue (PPC) pour traiter l'apnée du sommeil ;
- 177 000 sont équipés d'un traitement d'oxygénothérapie ;
- 82 000 utilisent des appareils de ventilation non invasive, et 8 500 des appareils d'aide à la toux.

Nous estimons que les équipements pour traitement à domicile des pathologies respiratoires en France sont responsables de l'émission de **79 ktCO₂e par an**, répartis comme montré sur la figure 36.

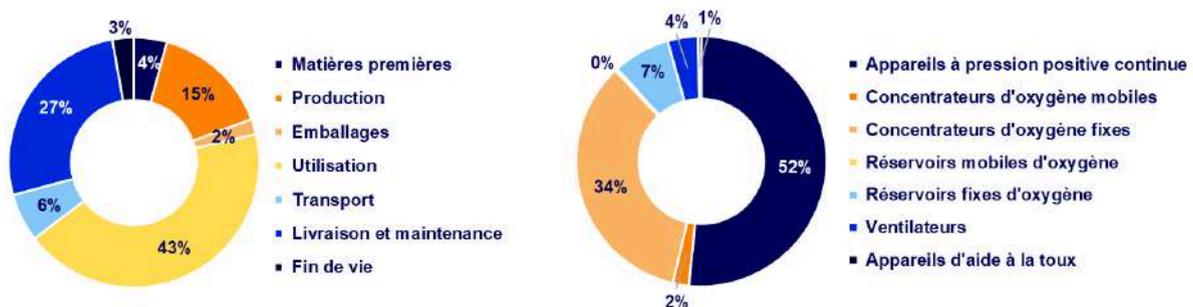


Figure 36 : Répartition de l'empreinte carbone des équipements pour pathologies respiratoires, par catégorie d'émissions (à gauche), et par catégorie d'équipements (à droite)

Source : The Shift Project

On distingue un profil d'émissions spécifique, marqué principalement par **les consommations d'électricité** des équipements, ainsi que par **les déplacements liés à la maintenance et aux visites de surveillance**.

Ainsi, un concentrateur d'oxygène fixe utilisé environ 20 heures par jour induit une consommation d'électricité de 2 200 kWh par an, c'est-à-dire **autant que la consommation**

¹⁸¹ Snitem, Innovation en respiration, 2021,

<https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2021/02/SNITEM-RESPIRATION-2022-web-ok.pdf>

¹⁸² Cour des Comptes, La santé respiratoire, 2024.

https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2024-05/20240515-Sante-respiratoire_0.pdf

¹⁸³ Association Santé Respiratoire France, Les apnées du sommeil.

<https://sante-respiratoire.com/les-maladies-respiratoires/apnees-du-sommeil-2/>



électrique moyenne d'un Français¹⁸⁴. En revanche, un calcul réalisé avec le mix électrique allemand, plus intensif en émissions de gaz à effet de serre, aboutirait à des résultats bien plus élevés : les émissions induites par les équipements pour pathologies respiratoires seraient alors multipliées par quatre.

Les personnes prises en charge reçoivent régulièrement des **visites** des services mettant à disposition les équipements (les prestataires de santé à domicile ou PSAD). Ces visites, essentielles pour garantir le suivi et le bon fonctionnement des dispositifs, interviennent au minimum deux fois par an pour les patients sous PPC ou oxygénothérapie. Pour les 22 700 personnes dépendantes d'un approvisionnement en oxygène liquide, ces visites peuvent être bien plus régulières. Ces interventions impliquent des déplacements fréquents des personnels des PSAD, généralement effectués à l'aide de véhicules thermiques.

Une partie des émissions provient enfin des **matières premières** et de la **production** des équipements, de la **fin de vie**, ainsi que du **transport**. Une grande partie des équipements est notamment produite aux Etats-Unis, en Asie ou en Australie. Par ailleurs, 24 % des importations provenant de pays hors Europe sont acheminées par fret aérien, accentuant ainsi l'empreinte carbone associée à leur acheminement.

Enfin, il faut noter que ces équipements dépendent de l'utilisation de consommables (masques, circuits respiratoires), dont l'empreinte carbone n'est pas prise en compte ici.

C) Autres équipements biomédicaux

Nous avons entamé l'estimation de l'empreinte carbone d'autres équipements biomédicaux ; toutefois, nos résultats sont encore lacunaires, c'est pourquoi nous ne les publions pas pour le moment. Néanmoins, nous avons pour objectif de les inclure dans notre rapport final. Ainsi, en vue du rapport final, **nous accorderons une attention particulière aux équipements suivants** :

- **Équipements complexes** : appareils de radiothérapie, robots chirurgicaux ;
- **Équipements utilisés massivement** : pousse-seringues, moniteurs multi-paramétriques, pompe de nutrition entérale, etc.
- **Autoclaves et laveurs désinfecteurs** ;
- **Autres équipements** : générateurs d'hémodialyse, colonnes d'endoscopie, etc.

N'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces dispositifs médicaux à indus-sante@theshiftproject.org, et notamment :

- Si vous possédez des informations relatives à **l'état des lieux du parc de ces équipements en France** (*a priori*, nous estimerons la taille de ce parc en extrapolant des données hospitalières).
- Si vous possédez des informations relatives à **leur empreinte carbone** : composition, fabrication, transport, etc.
- Si vous souhaitez participer à nos travaux de quelque manière sur l'un des équipements biomédicaux mentionnés ou non dans la liste précédente.

¹⁸⁴ data.gouv.fr, Consommation par habitant et par ville d'électricité en France, 2024.
<https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/consommation-par-habitant-et-par-ville-delectricite-en-france/>



V – Autres : dispositifs médicaux implantables, numériques, et de diagnostic in-vitro

A) Dispositifs implantables

1) Etat des lieux des consommations d'implants en France

On considère dispositif implantable tout dispositif destiné à être implanté dans le corps humain grâce à une intervention chirurgicale et à demeurer en place après l'intervention¹⁸⁵. Les dispositifs médicaux implantables représentent environ 2,2 milliards d'euros de remboursement par l'Assurance maladie en 2023¹⁸⁶, comme détaillé par la figure 37.

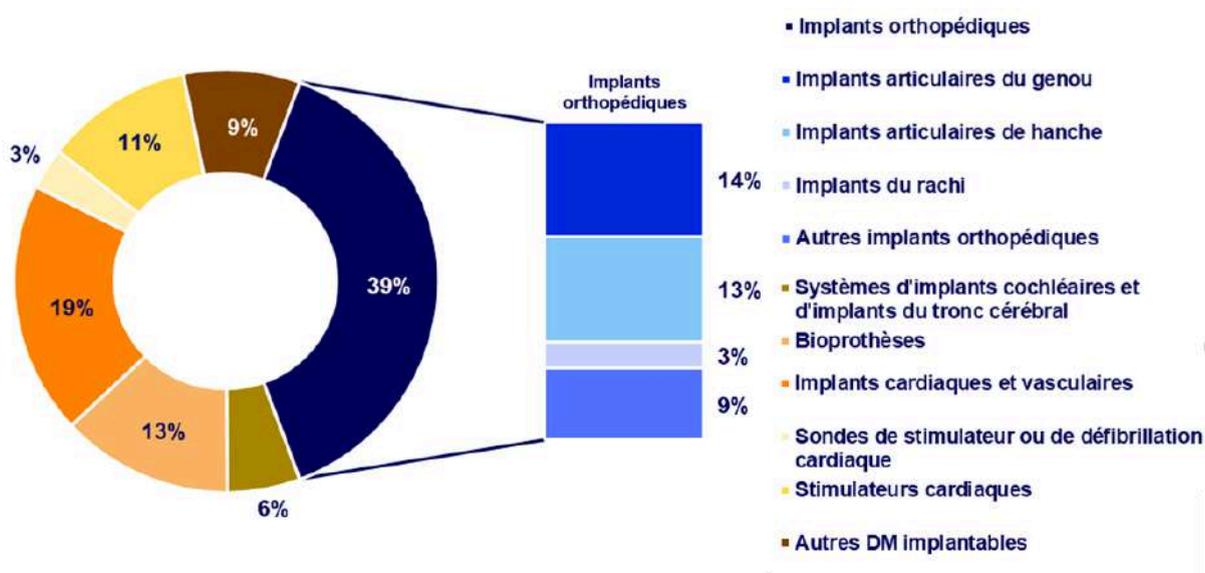


Figure 37 : Répartition des remboursements d'implants par l'Assurance Maladie en 2023

Source : The Shift Project, d'après des données de l'ATIH

Une partie significative des implants posés sont des implants articulaires, et notamment **les implants de genoux, de hanches et du rachis**. Les opérations de pose de prothèse de hanche ou de genou figurent parmi les opérations les plus fréquentes en France, avec près de 170 000 pose de prothèses de hanche et 120 000 prothèses de genou par an en France, ce qui représente un nombre d'opérations par habitant environ 30% plus élevé que la moyenne de l'OCDE, en forte augmentation depuis 2009¹⁸⁷.

Les prothèses cardiaques et vasculaires représentent également une partie importante des remboursements de l'Assurance Maladie. Environ **76 000 stimulateurs et défibrillateurs**

¹⁸⁵ Journal officiel de l'Union européenne , RÈGLEMENT (UE) 2017/745 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 5 avril 2017 relatif aux dispositifs médicaux, Article 2.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745>

¹⁸⁶ ATIH, Synthèses nationales annuelles, 2024. <https://www.scansante.fr/applications/synthese-dmi-mo-sus>

¹⁸⁷ OECD (2023), Health at a Glance 2023: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en>.



cardiaques ont été implantés en 2023, ainsi que 320 000 endoprothèses (dites “stents”) coronaires, 120 000 endoprothèses de l'artère poplitée, et 19 000 bioprothèses valvulaires.

2) Empreinte carbone des dispositifs implantables

Nous n'avons à ce jour pas de résultats complets sur les dispositifs implantables. En vue de la publication du rapport final, **nous nous focaliserons sur l'empreinte carbone des prothèses articulaires, des sondes, stimulateurs et défibrillateurs cardiaques, ainsi que des stents**. N'hésitez pas à nous contacter pour toute information concernant ces dispositifs médicaux à indus-sante@theshiftproject.org. Nous sommes néanmoins en mesure de présenter nos premiers résultats d'analyse.

La majeure partie des émissions provient des **matériaux et de la production des prothèses**. Les prothèses articulaires sont réalisées via des alliages de métaux (alliage de titane Ti-6Al-4V, alliage chrome-cobalt) ou des plastiques (PEEK, etc.) caractérisés par de très forte intensité carbone, et notamment en tenant compte des **pertes à la production**, de plus de 85% en utilisant une méthode conventionnelle (fraisage) pour la production des prothèses.

Ainsi, pour un implant en titane ou en chrome/cobalt, nous estimons l'intensité carbone liée aux matières premières et la production **entre 230 et 280 kgCO₂e par kg de prothèse** (contre par exemple entre 5 et 10 kgCO₂e par kg de plastique standard).

Lorsque les implants ne sont pas produits en Europe, ils sont alors majoritairement **importés en avion**. Un transport par fret aérien induit environ 13 fois plus de gaz à effet de serre que par fret maritime¹⁸⁸.

B) Dispositifs médicaux numériques

Le numérique en santé est devenu un pilier incontournable pour la gestion et la fourniture des soins. A titre d'exemple, environ **470 000 postes informatiques**¹⁸⁹ sont utilisés dans les établissements publics de santé français. Ce secteur numérique contribue significativement à l'empreinte carbone des établissements de santé, contribuant ainsi à plus de **5 % des émissions globales des hôpitaux**¹⁹⁰.

Les dispositifs médicaux numériques (DMN) représentent néanmoins une fraction restreinte du numérique en santé. *Pour être qualifié(e) de DM, un logiciel ou une application doit :*

- *Être à usage médical, c'est-à-dire avoir une finalité diagnostique, thérapeutique ou de compensation d'un handicap ;*
- *Donner un résultat propre au bénéfice d'un seul patient ;*
- *Effectuer une action sur les données implémentées (analyse, par exemple) « afin de fournir une information médicale nouvelle »¹⁹¹.*

¹⁸⁸ Calcul basé à partir des distances aériennes et maritimes Tokyo / Le Havre, et les données de la Base Empreinte (ADEME, <https://base-empreinte.ademe.fr/>)

¹⁸⁹ Atlas de SI Hospitaliers 2018. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dgos_atlas_sih_2018.pdf

¹⁹⁰ L'impact environnemental du numérique en santé, Rapport cellule éthique, MSS, Juin 2021, https://ccn.unistra.fr/websites/ccn/documentation/Sante-Ethique-Handicap/rapport_gt6_210517-2.pdf

¹⁹¹ Snitem, Dispositif médical et Numérique en santé.

<https://www.snitem.fr/le-dispositif-medical-dm/dossiers-thematiques/dispositif-medical-et-numerique-en-sante/>



Ces dispositifs incluent notamment :

- Les dispositifs **d'aide au diagnostic** (par exemple, logiciels d'analyse d'imagerie comme *Syngo.via*).
- Les dispositifs **d'aide à la stratégie thérapeutique** (par exemple, *ONCOassist* pour la prise en charge des cancers).
- Les dispositifs de **télesurveillance** (par exemple, dispositifs connectés pour la surveillance des patients atteints de maladies chroniques comme l'insuffisance cardiaque).

Les dispositifs médicaux de **télesurveillance** peuvent être pris en charge et remboursés par l'Assurance-Maladie via une inscription à la liste des activités de télésurveillance médicale (LATM). **Plusieurs dizaines de milliers de personnes** bénéficient de ces logiciels et applications pour la télésurveillance du diabète, de l'insuffisance cardiaque, de l'insuffisance rénale, des insuffisances respiratoires, ou d'un défibrillateur ou stimulateur cardiaque. Bien que cela reste à vérifier, l'empreinte carbone de ces dispositifs reste relativement faible. À titre d'illustration, si chaque application impliquait un transfert de 1 Mo de données par jour et par patient, un ensemble de 100 000 utilisateurs générerait environ **36,5 To de données annuelles**. A titre de comparaison, 13,3 millions de To ont été consommés en France via les réseaux mobiles en 2023¹⁹².

Des dispositifs médicaux numériques reposant sur des technologies gourmandes en données et en calculs, comme **l'intelligence artificielle**, pourraient présenter une empreinte carbone significative. C'est par exemple le cas des dispositifs d'analyse d'imagerie médicale alimentée par l'IA : ainsi un logiciel comme *Syngo.via* pourrait représenter des consommations énergétiques des serveurs de l'ordre de plusieurs MWh par an (sans compter les serveurs nécessaires à l'entraînement des modèles IA, ni le refroidissement des serveurs).

Il est à ce jour difficile de convertir ces résultats de stockage et d'échanges de données en émissions de GES, faute de facteurs d'émissions précis disponibles. Néanmoins, **il est probable que les dispositifs médicaux numériques représentent une empreinte carbone relativement faible**.

Enfin, il faut également noter que, si le périmètre des dispositifs médicaux numériques reste restreint par rapport à l'ensemble des systèmes numériques en santé, **l'utilisation de nombreux dispositifs médicaux repose sur des infrastructures numériques**. Ainsi, les équipements d'imagerie reposent par exemple sur le **PACS** (système d'archivage et de communication des images médicales). Les données présentes sur le PACS sont parfois des images de haute qualité devant être conservées au moins 10 ans. Ainsi, **les données conservées sur le PACS des examens d'imagerie français pourraient représenter plus de 100 000 To**¹⁹³.

¹⁹² Statista, Volume de données mobiles consommées en France de 2009 à 2023, 2024.

<https://fr.statista.com/statistiques/502874/volume-donnees-mobiles-consommees-france/>

¹⁹³ En prenant l'hypothèse d'un Go de données par examen d'IRM et de scanner, et d'une durée de conservation des images de 10 ans.



C) Dispositifs de diagnostic in-vitro

1) Le diagnostic in-vitro en France

*“Un dispositif médical de diagnostic in vitro (DM-DIV) est un produit ou instrument, y compris les accessoires et logiciels, destiné par son fabricant à être **utilisé in vitro dans l'examen d'échantillons provenant du corps humain** (sang, urine, tissus, etc.), dans le but de fournir une information, notamment sur l'état physiologique ou pathologique d'une personne ou sur une anomalie congénitale”¹⁹⁴.*

L'industrie du diagnostic in-vitro produit ainsi, pour les laboratoires d'analyse et des professionnels de santé autorisés :

- **Des instruments d'analyse** (c'est-à-dire des machines ou **automates** qui permettent de réaliser des analyses),
- **Des réactifs** (test COVID-19, test de grossesse, test pour le dosage de la glycémie, etc.),
- **Des consommables** (éléments de verrerie, filtres, gants, etc.),
- Mais aussi des **logiciels** (notamment d'interprétation des résultats) et des **services** (maintenance et formation)

En France le secteur du diagnostic in-vitro représente un chiffre d'affaires de **2 milliards d'euros et 15 100 emplois**¹⁹⁵. Le secteur du DM-DIV a connu une forte croissance depuis 2019 (entre 5 et 10 %¹⁹⁶), notamment poussé par le dépistage du COVID-19 (150 millions de tests de dépistage ont notamment été utilisés en 2021¹⁹⁷).

2) Consommation française de dispositifs de diagnostic in-vitro

Les diagnostics in-vitro sont en grande partie utilisés dans les 4 000 laboratoires de biologie médicale¹⁹⁸, ainsi que dans les laboratoires d'anatomo-cyto-pathologie¹⁹⁹.

Cependant, leur analyse se heurte à une **double contrainte majeure**. **Premièrement**, aucune donnée précise n'est actuellement disponible sur les consommations françaises de diagnostics in-vitro, rendant leur évaluation globale complexe. **Deuxièmement**, les informations concernant les composants des dispositifs médicaux de diagnostic in-vitro (DM-DIV) et leurs procédés de fabrication demeurent extrêmement limitées.

Malgré ces lacunes, il est possible de dresser une description générale et d'identifier les sources potentielles d'émissions :

¹⁹⁴ ANSM, Notre périmètre, Les dispositifs médicaux de diagnostic in vitro.

<https://ansm.sante.fr/qui-sommes-nous/notre-perimetre/les-dispositifs-medicaux-et-les-dispositifs-medicaux-de-diagnostic-in-vitro/p/>

¹⁹⁵ Chiffre d'affaires hors autosurveillance glycémique. SIDIV, cartographie 2023, L'industrie du diagnostic in-vitro au cœur de la santé. <https://www.sidiv.fr/le-secteur-du-div/>

¹⁹⁶ Snitem, Panorama et analyse qualitative de la filière industrielle des dispositifs médicaux en France 2023.

<https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2024/02/Snitem-Panorama-chiffre-des-DM-2023.pdf>

¹⁹⁷ MedTech Europe, European IVD Market Statistics Report, 2022.

<https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2022/12/european-ivd-market-report-2022.pdf>

¹⁹⁸ Assurance Maladie, Activité des laboratoires d'analyses médicales par département - 2016 à 2022, 2024.

<https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/activite-laboratoires-analyses-departement>

¹⁹⁹ Ce sont les laboratoires spécialisés dans l'analyse d'organes ou de fragments d'organes (y compris des os, des prélèvements liquides, des frottis ou encore des écouvillons).



- Les **consommables** sont en grande partie en plastique. Une majorité des émissions provient donc probablement des matières premières et de leur production en salle blanche. Cette analyse peut être rapprochée de [la section dédiée aux dispositifs médicaux en plastique](#).
- Les **instruments d'analyse** sont des machines composées de métaux, de plastique et de composants électroniques. Elles nécessitent une consommation d'électricité durant leur utilisation.
- Les **réactifs** sont très diversifiés. Au vue d'entretiens avec des acteurs du secteur, ainsi que de l'analyse présentée section suivante, **il est probable que l'empreinte carbone des réactifs représente une grande partie des émissions des DM-DIV**. Comme pour les médicaments, on retrouve des **réactifs chimiques** ainsi que des **réactifs biologiques**. La répartition des émissions des réactifs présente probablement de nombreuses similitudes avec celle observée pour les médicaments.

3) Evaluation de l'empreinte carbone d'un laboratoire d'analyse

Comme indiqué précédemment, très peu de données existent au sujet de l'empreinte carbone des DM-DIV.

Toutefois, une estimation de l'empreinte carbone d'un laboratoire d'anatomo-cyto-pathologie a été menée par l'hôpital Saint-Vincent de Lille²⁰⁰. L'étude estime à 117 tonnes de CO₂ l'empreinte carbone annuelle du laboratoire, avec des émissions réparties comme indiquées sur la figure 38 (à gauche).

Une partie significative de ces émissions proviennent de la production des **anticorps monoclonaux** utilisés en tant que **réactifs** d'analyse. Une analyse effectuée dans le cadre de notre rapport dédié aux médicaments nous amène à réévaluer l'empreinte de ces réactifs, en modifiant le facteur d'émissions utilisé de 4 250 kgCO₂/kg de réactif à 31 000 kgCO₂/kg²⁰¹. Les résultats prenant en compte le facteur d'émissions modifié sont reportés figure 38 (à droite). L'écart entre ces deux valeurs met en évidence l'incertitude persistante pour ces facteurs d'émissions.



Figure 38 : Empreinte carbone d'un laboratoire d'anatomo-cyto-pathologie sans (à gauche) et avec modification (à droite) du facteur d'émissions pour les anticorps monoclonaux

Source : *The Shift Project*, d'après des données Béchu et al. (2023) et Renteria Gamiz et al. (2019)

²⁰⁰ Constance Béchu et al., The carbon footprint of a surgical pathology laboratory in France, Am J Clin Pathol July 2024;162:103-109. <https://doi.org/10.1093/AJCP/AQAE022>

²⁰¹ Renteria Gamiz et al., Environmental sustainability assessment of the manufacturing process of a biological active pharmaceutical ingredient, 2019. <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.5975>



La production des réactifs (compris dans les anticorps monoclonaux et les autres produits chimiques) représente donc une part significative de l’empreinte carbone du laboratoire d’anatomo-cyto-pathologie, à laquelle s’ajoutent les émissions liées à la **production des consommables** en plastique et en verre, **la logistique** associée aux DM-DIV, **la consommation énergétique des équipements**²⁰², ainsi que la gestion de **fin de vie** des produits.

Ces résultats demeurent cependant difficiles à généraliser. Ils reflètent les spécificités d’un laboratoire **public** d’anatomo-cyto-pathologie, alors que les laboratoires privés pourraient présenter des profils d’émissions sensiblement différents. De plus, les laboratoires de biologie médicale consomment proportionnellement davantage de réactifs chimiques et moins d’anticorps monoclonaux, ce qui influe sur leur répartition des émissions.

Néanmoins, ces observations permettent d’identifier certaines tendances probables :

- **Les réactifs représentent une part dominante des émissions des dispositifs médicaux de diagnostic in-vitro**, en raison notamment de leur production, mais également des étapes de transport, stockage et fin de vie.
- Les émissions liées aux automates et aux consommables en plastique et en verre contribuent également de manière significative à l’empreinte carbone globale des dispositifs de diagnostic in vitro.

²⁰² Ici, une partie de la consommation d’énergie est imputable au stockage des réactifs (conservation au froid), une partie pour la consommation des automates, et une partie pour le reste des équipements (ordinateurs, etc.). La production des équipements n’a pas été prise en compte.





05

LIMITES ET BESOINS

I – Les données, un enjeu crucial et une difficulté majeure pour ce projet

Les données ont représenté **un enjeu central et une difficulté majeure dans la réalisation de notre projet**. Nous avons été confrontés à plusieurs problématiques :

- **Confidentialité des données** : certaines informations nécessaires à nos travaux existent, mais elles ne sont pas accessibles ou ne peuvent être publiées, ce qui est incompatible avec notre objectif de transparence.
- **Fragmentation des sources** : les données sont éparpillées entre différentes bases et formats, ce qui nécessite un travail conséquent de regroupement et d'analyse pour obtenir une vue d'ensemble cohérente.
- **Qualité des données** : les données disponibles ne sont souvent pas structurées de manière exploitable directement. Par exemple, des informations cruciales sont parfois intégrées dans des champs textuels descriptifs, ce qui demande des efforts importants de nettoyage et de traitement, avec un risque de perte d'information.
- **Données manquantes** : certaines données n'existent tout simplement pas, soit parce qu'elles n'ont jamais été collectées, soit parce qu'elles sont difficiles à recueillir. Dans ce cas, notre travail s'efforce de mettre en lumière ces lacunes et d'en souligner l'importance pour de futures études.

II – Appel à contribution

Comme expliqué précédemment, les données utilisées pour ce projet ont été lacunaires. Ces limitations se reflètent dans notre étude de plusieurs manières :

- Dans certains cas, nous avons été contraints de **formuler des hypothèses** pour compenser le manque de données. Ces hypothèses induisent alors une plus forte incertitude dans les résultats obtenus.
- Certaines émissions de gaz à effet de serre n'ont pas pu être prises en compte, ce qui **limite la couverture de notre périmètre d'étude**.

Pour affiner notre analyse et réduire ces incertitudes, **nous avons identifié plusieurs besoins prioritaires** :

- **Données sur les activités de R&D et le fonctionnement des sièges sociaux** : activités liées aux processus réglementaires, activités commerciales, etc. Nous sommes particulièrement intéressés par des données "physiques" : distances parcourues pour les déplacements domicile-travail et les déplacements des commerciaux, superficies construites, énergie consommée par les bâtiments, production de déchets, etc.
- **Données précises sur la production des matières premières**, et notamment des données sur les **plastiques** utilisés dans les dispositifs médicaux. Nous serions ainsi grandement intéressés par la mise en contact avec des acteurs de la plasturgie médicale (BASF, SABIC, Evonik Industries, Arkema, etc.).



En vue de la publication de notre rapport final au mois de juin 2025, nous lançons **un appel à contribution** pour :

- **Améliorer et compléter nos calculs d’empreinte carbone** : en particulier sur les lacunes identifiées ci-dessus, afin de renforcer la robustesse et l’exhaustivité de nos résultats.
- **Identifier et s’assurer de la faisabilité des leviers de décarbonation** : cela inclut l’identification de bonnes pratiques, ainsi que l’analyse des freins et des opportunités pour mettre en œuvre des mesures de décarbonation pertinentes.

Ainsi, nous serions ravis de faire bénéficier notre rapport de l’expertise d’un plus grand nombre possible d’acteurs du secteur. **Aussi, n’hésitez pas à nous contacter pour toute information, remarque, ou retour critique à indus-sante@theshiftproject.org.**





06

**LEVIERS DE
DÉCARBONATION : DES
PISTES DE RÉFLEXION**

Ce rapport intermédiaire se concentre sur l’empreinte carbone, mais l’un des objectifs de notre rapport final sera d’identifier des leviers concrets de décarbonation et d’en chiffrer le potentiel. Cette partie a pour vocation d’offrir des pistes de réflexion pour nos prochains travaux. Aussi, à sa lecture, elle vous semblera encore incomplète et imprécise et c’est normal. Nous n’avons pour le moment pas travaillé spécifiquement sur cette partie.

Si elle pose les bases de notre réflexion, elle vise également à faire réagir et à solliciter vos retours. N’hésitez donc pas à nous faire part de toutes réflexions, pistes de décarbonation ou retours terrains que nous pourrions intégrer à notre rapport final en nous contactant à indus-santé@theshiftproject.org.

I – Qu’est-ce qu’un levier de décarbonation ?

Un **levier de décarbonation** désigne toute action, stratégie ou modification apportée à un processus, un produit ou une organisation visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le remplacement d’une chaudière au fioul par une pompe à chaleur électrique est par exemple un levier de décarbonation du chauffage.

Les émissions de gaz à effet de serre reposent sur une équation simple :



Les leviers de décarbonation agissent sur ces deux composantes, **qui s’appliquent à chaque poste d’émissions**, des matières premières à la fin de vie des produits. :

- **Diminution de l’intensité carbone** : c’est-à-dire en diminuant la quantité de GES induite par chaque activité (Exemple : remplacer le transport de produits par avion par du transport ferroviaire). Ces leviers impliquent souvent de remplacer les consommations de ressources fossiles (pétroles et dérivés, gaz, charbon) par des alternatives moins carbonés.
- **Réduction du volume consommé** : c’est-à-dire en diminuant les quantités d’activités (Exemple : Faire appel à des partenaires ou des sous-traitants plus proches géographiquement pour diminuer les distances liées à la logistique).



II – Méthodologie de travail pour le chiffrage du potentiel de décarbonation

Les travaux sur les leviers de décarbonation seront initiés dans les jours qui suivent la publication de ce rapport intermédiaire. Notre méthodologie de travail se divise en plusieurs étapes et se vaudra la plus **collaborative** possible afin de garantir la pertinence de nos conclusions.

Aussi, **dans un premier temps**, nous chercherons à **identifier concrètement l'ensemble des leviers de décarbonation applicables aux dispositifs médicaux**, à tous les niveaux des industries. Pour cela, nous nous appuyerons sur :

- L'ensemble des travaux menés à The Shift Project notamment sur la santé, sur l'industrie, sur le Fret, sur la mobilité quotidienne et sur les bâtiments ;
- Les initiatives en cours sur la décarbonation des DM, dont certaines ont été décrites dans la partie intitulée [Les initiatives en cours](#) ;
- La littérature scientifique ;
- Des retours terrain sur des actions déjà mises en place dans certaines industries ;
- Des entretiens avec des acteurs du secteur.

Puis, pour chacun des leviers identifiés, nous tâcherons d'**identifier les freins** (techniques, humains, réglementaires, économiques, organisationnels, etc) à leur mise en place mais également les actions qui peuvent être mises en place pour lever ces freins. Cela nous permettra également de **mettre en évidence des "pré-requis"** à la décarbonation (par exemple : un pré-requis à la décarbonation des DM est le chiffrage de l'empreinte carbone du produit)

Enfin, sur la base des deux premières étapes et de notre chiffrage des émissions de gaz à effet de serre, nous chercherons à **modéliser les gains carbone possibles associés à chacun des leviers**. Cela permettra de répondre à des questions comme : *"de combien l'industrie des dispositifs médicaux peut baisser ses émissions de gaz à effet de serre en mettant en place tel levier ?"*. Nous tâcherons également de **tenir compte de la faisabilité** de la mise en place des leviers, de la **cohérence** avec les autres travaux du Shift Project mais également des interactions existantes entre chaque levier. Par exemple : la relocalisation d'une étape de production dans un pays avec des normes environnementales plus strictes et un mix énergétique moins carboné peut d'un côté permettre de baisser les émissions associées à la production et de l'autre, augmenter les distances parcourues pour la logistique. Le tout sera donc de s'assurer que, au global, un levier permet bien de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les trois étapes décrites seront donc construites avec les acteurs du secteur et, nous sommes preneurs de tout échange, retours de terrain ou idées pour les réaliser. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter à indus-santé@theshiftproject.org.



III – Quels leviers potentiels pour décarboner les industries des DM ?

Comme rappelé précédemment, les leviers peuvent être classés en deux catégories : **volume** et **intensité carbone**. Ces principes s'appliquent à chaque poste d'émissions, des matières premières à la fin de vie des produits.

A) Leviers potentiels pour décarboner les matières premières

1) Réduire l'intensité carbone des matières premières

Afin de diminuer l'intensité carbone des matières premières, il est possible d'intégrer **des matériaux bas-carbone** dans la conception des dispositifs médicaux. Cela implique le recours à des matériaux innovants, tels que des **plastiques issus de filières biosourcées ou recyclées**, qui remplacent les polymères dérivés du pétrole.

Ces alternatives pourraient permettre potentiellement de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, mais également de réduire la dépendance aux ressources fossiles. De même, l'utilisation d'alliages métalliques innovants ou basés sur des métaux recyclés pourrait constituer une piste prometteuse.

2) Optimiser le volume de matières premières consommées

On peut également diminuer l'impact environnemental des matières premières en diminuant la quantité de matières nécessaires à la fabrication des produits. **L'éco-conception** peut permettre d'imaginer des produits nécessitant des quantités de matériaux moins importantes pour leur fabrication. Dans le domaine des produits pour incontinence, le poids moyen des articles par exemple a diminué de 12 % entre 1995 et 2013²⁰³.

En parallèle, il est possible d'envisager une **réduction des pertes de matières premières à la production**. Par exemple, la fabrication d'un implant de genoux, l'utilisation de fabrication additive permet de faire passer les pertes à production de 85% à 35%²⁰⁴.

Enfin, **la réduction des emballages**, tant au niveau primaire que secondaire, contribue également à cette optimisation.

²⁰³ Edana, sustainability report, 2015.

<https://www.edana.org/docs/default-source/sustainability/edana-sustainability-report---2015.pdf>

²⁰⁴ Lyons, Ronan et al. Environmental impacts of conventional and additive manufacturing for the production of Ti-6Al-4V knee implant: a life cycle approach. 2020. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-020-06367-7>



B) Leviers potentiels pour décarboner la production

La production des dispositifs médicaux repose sur des procédés souvent énergivores, en particulier dans les environnements contrôlés comme les salles propres. Afin de limiter leur empreinte carbone, plusieurs leviers peuvent être envisagés.

1) Réduire l'intensité carbone de la production

Pour réduire l'intensité carbone des processus de production, une première solution consiste à remplacer les sources d'énergies fossiles par des alternatives moins intensives en émissions de GES. Cela inclut **l'électricité, la chaleur issue de sources renouvelables** et, plus globalement, **la production dans des pays bénéficiant d'un mix énergétique et notamment électrique moins intensif en carbone.**

Par ailleurs, **l'amélioration des procédés de fabrication** peut jouer un rôle crucial dans la réduction des émissions de procédés. A titre d'exemple, l'intégration de systèmes de refroidissement optimisés permet de limiter les fuites de gaz frigorigènes, qui possèdent un fort potentiel de réchauffement climatique.

2) Optimiser la consommation énergétique

L'efficacité énergétique peut également être améliorée grâce à une **optimisation des consommations d'énergie.**

De nombreux exemples de sites industriels semblent montrer qu'une réduction très significative des consommations énergétiques peut être atteinte :

- **Dans les salles propres**, qui sont des environnements particulièrement énergivores, certains ajustements des systèmes de ventilation, de climatisation et de chauffage pourraient permettre de diviser par deux les consommations énergétiques²⁰⁵ ;
- Le site de surfacage de verres optiques de *Novacel* à Château Thierry a diminué sa consommation énergétique par verre de 56% en 3 ans²⁰⁶ ;
- Le site de production de *Hartmann* à Lièpvre a diminué sa consommation énergétique par unité produite de 40% en 5 ans²⁰⁷.

C) Leviers potentiels pour décarboner les transports

1) Réduire l'intensité carbone des transports

Une réduction significative de l'empreinte carbone des transports peut être obtenue en **privilegiant des modes de fret moins émetteurs**, tels que le transport ferroviaire ou maritime, bien moins intensifs en carbone que le transport aérien. **L'optimisation des taux de remplissage** des véhicules permet également de diminuer l'intensité carbone associée aux transports.

²⁰⁵ Article ERTEC, Comment modifier les habitudes de conception, revue SALLES PROPRES n°64. D'après ASPEC, EDF et ADEME, Performance énergétique en ambiance propre. 2016.

²⁰⁶ Acuité, En 4 ans, Novacel a réduit de 50% sa consommation d'énergie et sa production de déchets. 2022. <https://www.acuite.fr/actualite/profession/243669/en-4-ans-novacel-reduit-de-50-sa-consommation-denergie-et-sa-production>

²⁰⁷ Hartmann (2022) HARTMANN France a diminué son impact en CO₂ de 40% ! <https://www.hartmann.fr/portail/entreprise/actualites/engagement-rse-hartmann-2022.htm>



De plus, la décarbonation des transports locaux (notamment pour les livraisons à l'utilisateur final ou au point de vente) passe par l'intégration de véhicules moins carbonés, et notamment la **systématisation des véhicules électriques dans les flottes logistiques**.

2) Réduire les distances parcourues

Un levier complémentaire consiste à réduire les distances de transport en **rapprochant les lieux de production des zones de consommation**. Une telle approche permet non seulement de réduire le volume total de transport nécessaire, mais également de rationaliser la chaîne logistique. Par ailleurs, la localisation des composants intermédiaires, souvent fabriqués à l'étranger avant d'être assemblés, constitue une piste importante pour diminuer les émissions liées à la chaîne d'approvisionnement. La relocalisation de certaines étapes clés pourrait ainsi permettre une réduction significative des émissions de GES de la logistique.

Encadré 4 : Réflexion transversale sur la relocalisation des industries de santé

Dans le cadre de ce rapport, une analyse approfondie sera dédiée aux enjeux de la relocalisation dans les industries de santé. Nous explorerons en particulier les questions suivantes :

- **Quels bénéfices environnementaux associés à la relocalisation ?**
- **Quelles conséquences sur l'emploi ?**
- **Que doit-on relocaliser en priorité ?**
- **Que signifie concrètement relocaliser et, peut on réellement relocaliser l'intégralité d'une chaîne de production ?**

D) Leviers potentiels pour décarboner la fin de vie

Les leviers associés à la fin de vie des dispositifs médicaux jouent un rôle crucial non seulement dans la réduction des émissions liées au traitement des déchets, mais aussi dans la **diminution des émissions sur l'ensemble de la chaîne de valeur grâce à la valorisation des produits en fin de vie**.

La figure 39 illustre ces différents leviers de décarbonation, classés selon leur impact environnemental. Dans le cadre de notre rapport final, nous nous attacherons à évaluer la faisabilité de ces leviers pour chaque catégorie de dispositifs médicaux.



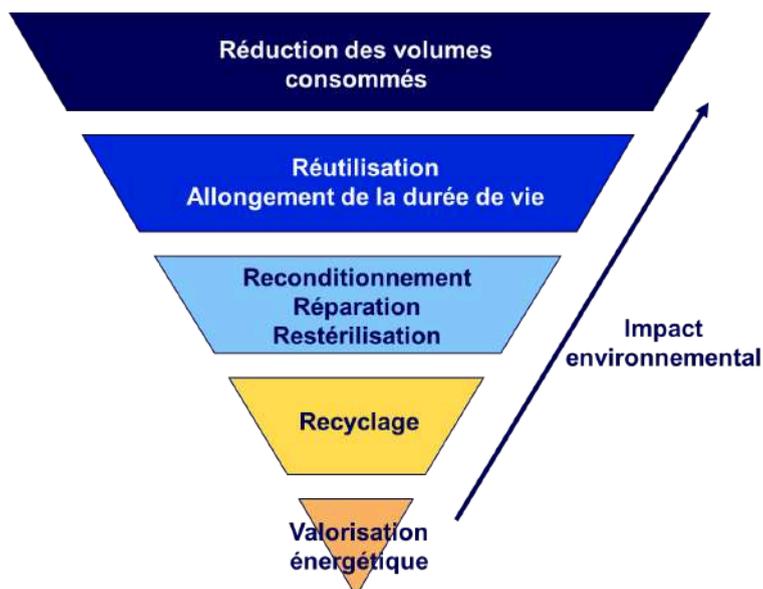


Figure 39 : Leviers de décarbonation associée à la fin de vie des DM, classés en fonction de leur impact
 Source : *The Shift Project*, à partir de Sørensen et al. (2022)²⁰⁸

Dans ce rapport, nous n’aborderons pas la diminution des volumes consommés via des modifications des pratiques de soin, car notre analyse se concentre sur les leviers directement actionnables par les industries de santé. Cette question sera explorée dans de futurs travaux portant sur le Juste Soins, que nous lancerons mi-2025. Nous chercherons tout de même à identifier les leviers à la main des industriels pour optimiser les consommations des dispositifs médicaux et ainsi adapter le volume produit à la consommation réellement : gestion des pertes, optimisation du conditionnement pour ne pas avoir à jeter des dispositifs médicaux ouverts mais non utilisés, etc.

De plus, la **réutilisation** de certains dispositifs médicaux en bon état (envisageable par exemple pour certaines aides techniques) pourrait permettre de réduire la production de nouveaux produits. Pour les équipements biomédicaux comme les dispositifs d’imagerie, **augmenter leur durée de vie** pourrait également réduire les besoins en nouveaux équipements, diminuant ainsi les émissions liées à leur production. Ces solutions sont les plus vertueuses d’un point de vue environnemental, car elles n’impliquent aucune émission supplémentaire.

Le **reconditionnement** d’équipements existants apparaît comme une solution efficace pour prolonger leur cycle de vie tout en minimisant les impacts environnementaux. Par ailleurs, comme démontré dans notre analyse des [instruments](#), l’utilisation de dispositifs réutilisables induit dans la majorité des cas des émissions moindres comparées à celles des produits à usage unique. Dans ce contexte, nous proposerons une étude approfondie des possibilités de **restérilisation des instruments chirurgicaux** et l’identification des dispositifs médicaux à prioriser pour des filières de restérilisation.

Encadré 5 : Une réutilisation également possible pour des DM complexes : le cas des hémodialyseurs

²⁰⁸ Sørensen et al. A case study of the environmental and economic sustainability of using remanufactured ultrasound catheters, université d’Aalborg (Danemark), 2022.
https://vbn.aau.dk/ws/files/473676439/Master_Thesis_Ultrasound_Catheter_SDE_Andersen_Sorensen.pdf



L'hémodialyse permet l'épuration extra-rénale du sang grâce un système de circulation extracorporelle. **L'hémodialyseur** est le dispositif central au niveau duquel se font les échanges entre le sang et le liquide de dialyse qui vont circuler de part et d'autre de la membrane semi-perméable. A chaque séance un hémodialyseur neuf est nécessaire, les patients bénéficiant classiquement de 3 séances par semaine. Une étude préliminaire réalisée par l'entreprise *Ecovamed* dans le cadre d'un partenariat académique, estime **l'empreinte carbone d'un hémodialyseur (fabriqué au Japon) à 7,8 kgCO₂e**, dont 50% pour les matières premières et 35% pour les procédés de fabrication.

Les hémodialyseurs sont **des DM complexes** : ils sont associés à un haut niveau de criticité du fait de leur contact direct et prolongé avec le sang du patient. Ils doivent satisfaire à des exigences fortes de performances techniques, de biocompatibilité et d'hygiène ; exigences réglementées par un cadre normatif strict. Ceci se traduit concrètement par des choix de matériaux spécifiques (polymères synthétiques), des procédés de transformations industriels complexes comptant plusieurs étapes et des produits devant répondre à des critères qualités élevés.

Cependant malgré leur caractère complexe et critique, **la réutilisation des hémodialyseurs existe** : la pratique est répandue dans plusieurs pays d'Amérique du Sud et d'Asie du Sud-Est. La réutilisation, perçue comme une réponse aux pénuries, à la raréfaction des ressources, à l'impact carbone et aux coûts élevés des dispositifs médicaux²⁰⁹, semble ici particulièrement pertinente, notamment étant donnée la fréquence des soins, la chronicité de la dialyse, l'augmentation des patients dialysés, la dépendance à l'industrie de la pétrochimie, ainsi que les coûts économiques et environnementaux associés.

Face à ce constat, une réflexion s'impose afin d'explorer la pertinence de la réutilisation des hémodialyseurs en contexte français. Un premier travail actuellement en cours tente de développer une approche transversale associant une analyse du risque pour la sécurité du patient, une évaluation environnementale, une analyse du cadre réglementaire, une étude de faisabilité sociotechnique et économique, ainsi qu'une prise en compte des préoccupations éthiques.

Néanmoins, il faut préciser qu'**à l'heure actuelle, la réutilisation des hémodialyseurs est prohibée** en France conformément à une ordonnance d'avril 2022 qui interdit explicitement le retraitement des DM à usage unique²¹⁰. La perspective d'une mise en place de cette pratique pourrait être envisagée à l'avenir selon deux stratégies différentes :

- Modifier le cadre législatif national pour autoriser le retraitement des DMUU (c'est-à-dire permettre l'application de l'article 17 du règlement (UE) 2017/745 relatif au dispositifs médicaux).
- Introduire sur le marché européen des hémodialyseurs d'emblée labellisés réutilisables par le fabricant. Nul besoin dans ce cas de modifier la législation. Néanmoins l'initiative ne peut venir que des fabricants eux-mêmes, qui devront

²⁰⁹ R. Chouvel, D. Goeury, La prohibition du retraitement des dispositifs médicaux à usage unique en France, *Revue Droit & Santé*, Mars 2023

²¹⁰ Ordonnance n° 2022-582 du 20 avril 2022 portant adaptation du droit français au règlement (UE) n° 2017/745 du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2017 relatif aux dispositifs médicaux. Cette ordonnance modifie l'article L. 5211-3-2 du Code de la santé publique en prohibant le retraitement des DMUU : « *Le retraitement de dispositifs à usage unique mentionné à l'article 17 du règlement (UE) n° 2017/745 du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2017, leur mise sur le marché et leur utilisation sont interdits* ».



s'acquitter des démarches pour obtenir un marquage CE pour leurs dispositifs et assumer les responsabilités qui incombent aux fabricants de dispositifs médicaux à usages multiples.

Encadré 5 : Une réutilisation également possible pour des DM plus complexes : le cas des hémodialyseurs

Source : Dr. Hafsah Hachad, Néphrologue (APHP) et Doctorante sur la Transition Environnementale en Dialyse (UTC-ITE)

Enfin, l'introduction de **filières de recyclage** performantes pour les matériaux comme le plastique, le métal ou les composants électroniques contribuerait à réduire la pression sur les matières premières. Ces circuits de recyclage nécessitent à la fois la collecte des dispositifs médicaux en fin de vie, mais reposent également sur une conception initiale des dispositifs qui privilégie des matériaux facilement séparables et recyclables (ce qui n'est pas le cas pour certains matériaux, comme les verres de lunettes par exemple).

Encadré 6 : Réflexion transversale sur le choix entre jetable et réutilisable

Dans le cadre de ce rapport, une attention particulière sera portée à la question du choix entre dispositifs jetables et réutilisables. Nous explorerons en particulier les questions suivantes :

- **Jetable ou réutilisable : que faut-il privilégier, et dans quels cas ?**
- **Quels prérequis pour réussir une transition vers le réutilisable ?**

E) Leviers potentiels pour décarboner l'utilisation

L'usage des dispositifs médicaux peut induire des émissions de GES, à travers leurs consommations énergétiques, ou à travers les déplacements induits par les opérations de maintenance.

Une réduction des consommations énergétiques des équipements médicaux peut être obtenue à travers une **éco-conception des produits**, c'est-à-dire notamment à travers une conception d'équipements nécessitant moins d'énergie pour leur fonctionnement ou leur recharge. En outre, une part non-négligeable de la consommation énergétique peut être attribuée aux équipements laissés en veille²¹¹. L'intégration de dispositifs **automatisant les arrêts ou activant des modes d'économie d'énergie** pourrait ainsi représenter une solution efficace pour réduire les consommations énergétiques associées à l'utilisation des dispositifs médicaux.

Une réduction des émissions induites par les opérations de maintenance peut être obtenue à travers l'utilisation de modes de transport moins carbonés, et notamment à travers la systématisation de l'utilisation de véhicules électriques.

²¹¹ McAlister, Scott et al., The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. 2022. The Lancet Regional Health – Western Pacific, Volume 24, 100459. <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2666-6065%2822%2900074-8>



F) Leviers potentiels pour décarboner les activités connexes

Bien que ces émissions ne soient pas chiffrées à ce jour, les activités connexes des entreprises jouent également un rôle dans l’empreinte carbone globale des industries de santé. Les leviers de décarbonation associés à ces émissions sont pour la plupart identiques aux leviers de décarbonation du secteur tertiaire.

Les déplacements liés au marketing, aux trajets domicile-travail, ou la R&D (congrès, etc.) pourraient représenter une part importante des émissions associées aux activités corporatives. Une réduction de l’empreinte carbone peut être obtenue en diminuant l’intensité carbone de ces déplacements (en privilégiant les modes de transports moins carbonés : trains pour les trajets longues distances, transports en commun ou véhicules électriques légers pour les trajets du quotidien), ou en diminuant les distances parcourues (organisation d’événements locaux, réduction des trajets longue distance).

Les bâtiments des sièges d’entreprise offrent également un potentiel de réduction de l’empreinte carbone, et notamment en **réduisant leurs consommations énergétiques** : une meilleure isolation thermique, l’installation d’éclairages LED ou l’adoption de systèmes de chauffage bas-carbone peuvent significativement réduire les consommations d’énergie.

Les **activités de recherche et de production** pour la R&D doivent également être décarbonées via des leviers souvent identiques aux leviers identifiées dans les parties précédentes portant sur la production.

Enfin, **l’achat de produits alimentaires** pourrait également représenter une source d’émissions significative. Une réduction des émissions induites par ces achats peut être atteinte par exemple en luttant contre le gaspillage alimentaire dans les lieux de restauration collective, en proposant des offres de repas végétariens, ou en privilégiant des circuits d’approvisionnement locaux et de saison.



ANNEXES



ANNEXE I – Détail du calcul pour les verres optiques

Si de nombreux calculs ont été réalisés dans le cadre de ce rapport, nous avons choisi de ne pas présenter le détail de l'ensemble de ceux-ci. Nous proposons toutefois d'illustrer nos démarches en détaillant l'un d'entre eux : le calcul de l'empreinte carbone des verres optiques, ce dernier étant relativement complet, et reflétant bien diverses sources de données utilisées dans notre rapport.

Nous sommes disposés à fournir, pour les autres catégories de dispositifs médicaux traités dans ce rapport, un document similaire sur demande. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter pour toute demande de précision concernant nos méthodologies employées.

A) Estimation des consommations

Afin d'estimer les consommations françaises de verres optiques, on regarde les remboursements de l'Assurance Maladie en 2023, reportés sur le tableau 7.

Type de verre	Quantité remboursée
Verres unifocaux	17 108 588
Verres multifocaux (dont verres progressifs)	15 407 654
Verres neutres	154 779
Total	32 671 021

Tableau 7 : Répartition des remboursements de verres optiques par l'Assurance Maladie en 2023

Source : Assurance Maladie, remboursements de la LPP ²¹²

Ce chiffre ne prend en compte que les verres remboursés, il ne prend donc pas en compte les verres solaires, les verres non remboursés, les verres de deuxièmes et troisièmes paires que les enseignes proposent, et les verres de présentation.

B) Empreinte carbone des matières premières

Les verres optiques sont majoritairement fabriqués à partir de polymères plastiques, en particulier de CR39, du MR8 ou du PMMA. Nous avons, après des entretiens avec des experts du secteur, fait l'hypothèse que tous les verres optiques sont fabriqués en CR39, qui est le matériau le plus couramment utilisé.

Il s'agit alors dans un premier temps de connaître les masses de CR39 impliqués dans la production des verres optiques. Dans un second temps, nous avons traduit ces masses en émissions de gaz à effet de serre.

- **Etape 1 : poids de matière première impliqué dans la fabrication d'un verre optique**

²¹² L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>



La fabrication des verres nécessite **deux étapes de fabrication** : d'abord, sont fabriqués des palets (appelés semi-finis), dont seule une des deux faces est terminée et polie optiquement. Ces semi-finis sont ensuite usinés (surfacés) pour les adapter à la vue du porteur. Il s'agit donc de déterminer le poids des semi-finis.

Dans un premier temps, nous avons récupéré des données de pertes de matières premières provenant d'un site industriel de production de transformation de semi-finis en verres optiques : chaque produit génère en moyenne 126 grammes de déchets, dont 32% de poudre de verre²¹³. En faisant l'hypothèse d'un poids supplémentaire d'environ 10 grammes par verre non taillé, on obtient **un poids d'environ 50 grammes pour un semi-finis**.

Cette donnée a été confirmée par calculs géométriques : les semi-finis ont un diamètre d'environ 75 mm, et une épaisseur de 10mm, et le CR 39 a une densité de 1,32²¹⁴. En faisant l'hypothèse d'une forme relativement circulaire pour les palets de semi-finis, on obtient des semi-finis d'un poids d'environ 58 grammes.

Enfin, nous faisons les hypothèses suivantes :

- Lors de la fabrication d'un semi-fini, on a 10% de pertes de matériaux ;
- Lors de la fabrication de semi-finis, on a 5% de rebuts de production (produits non conformes) ;
- Lors du surfacage, on a 2% de rebuts de production (produits non conformes).

On obtient donc le résultat suivant : **environ 60 grammes de CR39 sont nécessaires pour la production d'un verre optique**.

A noter que nous ne prenons ici pas en compte :

- Les autres matières premières nécessaires à la production des verres optiques : produits chimiques pour le revêtement, le nettoyage, le papier et le carton, les moules en verre pour l'injection de matières, les joints en silicone pour les moules, le bois pour les palettes, etc.)
- Les verres de présentation (nous avons choisi de compter ceux-ci dans l'empreinte carbone des montures de lunettes).

Le résultat que nous présentons est donc sous-estimé.

- **Etape 2 : poids de matière première impliqué dans la fabrication d'un verre optique**

Faute de données précises sur l'empreinte carbone du CR39, nous avons dû formuler certaines hypothèses afin de convertir les masses impliquées en émissions de GES. Les hypothèses utilisées sont imprécises, aussi, nous pensons que **cette étape représente la principale limite de notre calcul**. Nous chercherons à approfondir cette étape de calcul pour notre rapport final.

²¹³ Acuité, En 4 ans, Novacel a réduit de 50% sa consommation d'énergie et sa production de déchets, 2022. <https://www.acuite.fr/actualite/profession/243669/en-4-ans-novacel-reduit-de-50-sa-consommation-denergie-et-sa-production>

²¹⁴ Christel Pierlot et al., Les verres ophtalmiques, l'actualité chimique, 2004.

<https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2004-279-octobre-Pierlot-p.8.pdf>



Une récente étude de Piffoux et al. (2024)²¹⁵ a montré une forte corrélation entre prix des principes actifs sur le marché asiatique (où les marges sont plus faibles) et empreinte carbone. Un prix plus élevé suggère en effet plus d'activités nécessaires à la production, à la conception ou aux tests des matières premières, ce qui peut se refléter sur l'empreinte carbone.

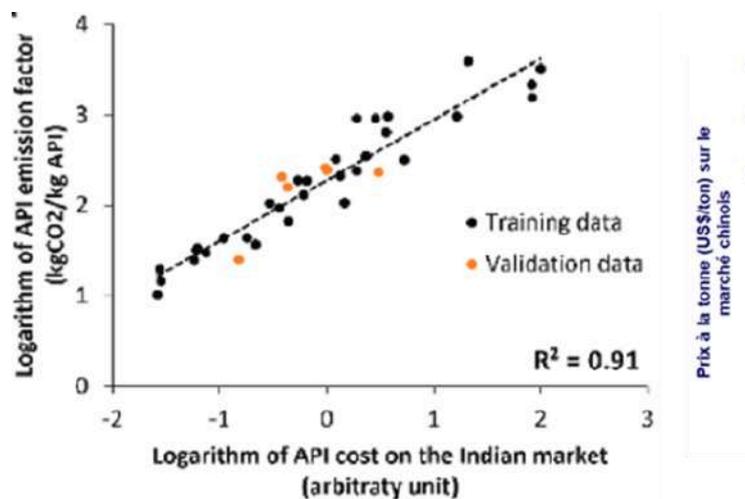


Figure 40 : Comparaison du coût des principes actifs sur le marché indien et de leur empreinte carbone
Source : Piffoux et al. (2024).

Nous avons alors comparé le prix sur le marché chinois pour différents plastiques, mentionné dans la base de facteur d'émissions Ecoinvent®²¹⁶. Cette comparaison est reportée à la figure 41.

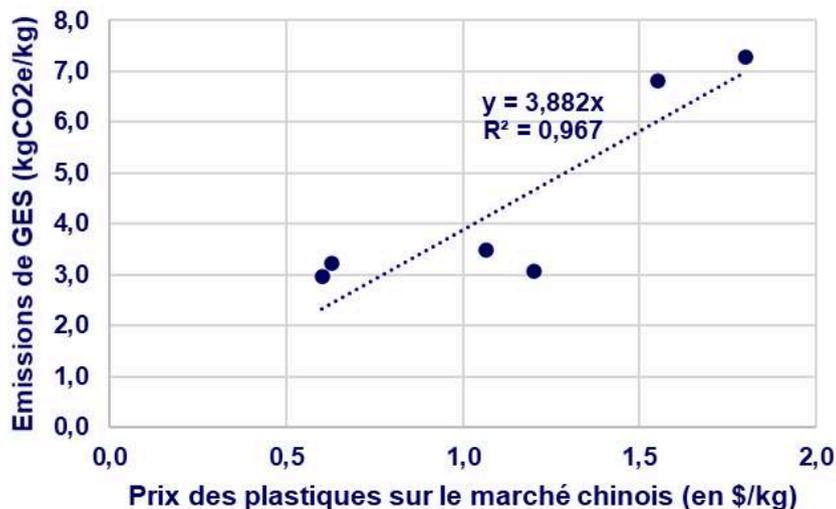


Figure 41 : Comparaison du coût des principes actifs sur le marché indien et de leur empreinte carbone
Source : The Shift Project, d'après données Ecoinvent® et le site d'achats fr.made-in-china.com/.

Or, le prix à la tonne du CR39 sur le marché chinois est relativement élevé^{217 218}. En prenant un prix de 5\$/kg, on obtient un facteur d'émissions pour le CR39 d'environ 19 kgCO₂e/kg.

²¹⁵ Piffoux et al., Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment, 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257#sec3>

²¹⁶ Ecoinvent®, <https://ecoinvent.org/>

²¹⁷ Alibaba, Diallyl 2,2'-oxydiethyl dicarbonate Allyl Diglycol Carbonate (ADC)CAS 142-22-3 in lowest price. https://www.alibaba.com/product-detail/Diallyl-2-2-oxydiethyl-dicarbonate-Allyl_60839917897.html

²¹⁸ Alibaba, D'allyle Diglycol Carbonate 142-22-3. https://www.alibaba.com/product-detail/Allyl-Diglycol-Carbonate-142-22-3_60435909331.html



On obtient finalement des **émissions induites par les matières premières de 1,17 kgCO₂e par verre optique**.

C) Empreinte carbone de la production

On compte ici les émissions induites par la transformation des matières premières en produit fini. On compte ici les consommations d'énergie des sites de production, les immobilisations, ainsi que les déplacements domicile-travail des employés des sites de production.

- **Etape 1 : estimation des consommations d'énergie des sites de production de semi-finis**

Pour calculer la quantité d'énergie consommée pour la fabrication de semi-finis, on regarde les consommations d'énergie du site français de Sézanne. On regarde donc les consommations d'énergie associées au code NAF 32 ("Autres industries manufacturières") de la ville de Sézanne en 2021.

	Consommation annuelle (en MWh)
Consommation d'électricité	6 638
Consommation de gaz	2 285

Tableau 8 : répartition des consommation énergétiques en 2021 associées au code NAF 32 pour la ville de Sézanne

Source : Open data GRD²¹⁹

Or, le site de Sézanne produit environ 8 millions de semi-finis par an²²⁰. Ainsi, on en déduit donc qu'**environ 1,12 kWh d'énergie est nécessaire à la production des semi-finis**, dont environ 74% d'électricité et 26% de gaz.

- **Etape 2 : estimation des consommations d'énergie des sites de production de semi-finis**

Pour calculer la quantité d'énergie consommée pour le surfaçage, on regarde les consommations d'énergie des sites français de Provins (BBGR) et de Château-Thierry (Novacel). On regarde donc les consommations d'énergie associées au code NAF 32 ("Autres industries manufacturières") en 2021.

	Consommation annuelle - Provins (en MWh)	Consommation annuelle - Château-Thierry (en MWh)
Consommation d'électricité	4 963	8 343
Consommation de gaz	2 224	683

Tableau 9 : répartition des consommation énergétiques en 2021 associées au code NAF 32 pour les communes de Provins et de Château-Thierry

Source : Open data GRD²²¹

²¹⁹ Open Data GRD, Consommation annuelle d'électricité et gaz par commune et par code NAF (jusqu'en 2021). <https://opendata.agenceore.fr/explore/dataset/conso-elec-gaz-annuelle-par-naf-agregee-commune/table/>

²²⁰ Fréquenceoptic, Un jour chez BBGR : le verrier qui veut voir la vie en vert, 2023.

<https://www.frequenceoptic.fr/actualites/un-jour-chez-bbgr-le-verrier-qui-veut-voir-la-vie-en-vert.htm>

²²¹ Open Data GRD, Consommation annuelle d'électricité et gaz par commune et par code NAF (jusqu'en 2021). <https://opendata.agenceore.fr/explore/dataset/conso-elec-gaz-annuelle-par-naf-agregee-commune/table/>



On en déduit les parts moyennes d'utilisation d'électricité (82%) et de gaz (18%). De plus, on utilise la consommation énergétique moyenne par verre pour le site de Château-Thierry de Novacel : **1,61 kWh/verre**²²². A noter que cette consommation d'énergie est probablement **sous-estimée**, car elle correspond aux consommations d'un site ayant très fortement diminué ses consommations énergétiques (-56% en 3 ans²²³).

- **Etape 3 : estimation des émissions de gaz à effet de serre imputables à ces consommations d'énergie**

Afin de convertir ces consommations en émissions de GES, nous utilisons les facteurs d'émissions de la Base Empreinte²²⁴ pour l'électricité et le gaz. Nous distinguons ici le cas où les sites sont localisés en France ou à l'étranger, et nous faisons l'hypothèse que les sites localisés à l'étranger sont en Thaïlande (hypothèse basée sur les données récupérées dans le cadre des calcul pour les émissions liées au transport, que nous détaillerons dans la suite).

Ainsi, on obtient les résultats suivants :

Provenance de la production	Emissions par verre (en kgCO ₂ e)
Production du semi-fini et surfaçage en France	0,26
Production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	0,64
Production du semi-fini et surfaçage hors de France	1,24

Tableau 10 : émissions liées aux consommations d'énergie des sites de production, en fonction de la provenance des sites

Source : *The Shift Project*

- **Etape 4 : estimation des émissions liées aux immobilisations**

Afin d'estimer les émissions liées aux immobilisations (bâtiments, machines), on regarde la surface de sites de production.

Pour la production des semi-finis, on regarde notamment l'usine chinoise de *Hongchen*. Ce site de production produit annuellement 60 millions de semi-finis, pour une surface de 200 milliers de m² ²²⁵. On en déduit qu'**une surface d'environ 3,3 m² est nécessaire pour la production annuelle de 1000 semi-finis.**

Pour le surfaçage, on regarde la surface de deux sites français. Le site de Provins produit annuellement 12 millions de verres, pour une surface de 15 000 m² ²²⁶. Le site de Château-Thierry produit 9 millions de verres, pour une surface de 14 000 m² ²²⁷. On en déduit

²²² Acuité, En 4 ans, Novacel a réduit de 50% sa consommation d'énergie et sa production de déchets, 2022. <https://www.acuite.fr/actualite/profession/243669/en-4-ans-novacel-reduit-de-50-sa-consommation-denergie-et-sa-production>

²²³ Ibid.

²²⁴ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>

²²⁵ fr.hc-optical.net/, Hongchen,

<http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lens-es-product/>

²²⁶ L'Usine Nouvelle, BBGR augmente de 30% ses capacités en Seine-et-Marne face à la croissance des verres optiques Nikon en France, 2024.

<https://www.usinenouvelle.com/article/bbgr-augmente-de-30-ses-capacites-en-seine-et-marne-face-a-la-croissance-des-verres-optiques-nikon-en-france.N2210579>

²²⁷ Gifo, Novacel. <https://gifo.org/entreprises/entreprises-membres/novacel/>



qu'une surface d'environ 1,4 m² est nécessaire pour la production annuelle de 1000 verres optiques.

On utilise ensuite le facteur d'émissions relatif à un "Bâtiment industriel/structure en béton"²²⁸. On fait ensuite l'hypothèse d'une durée de vie moyenne de 25 ans pour les bâtiments. **Nous estimons donc des émissions totales liées aux immobilisations de 0,156 kgCO₂e/verre.**

- **Etape 5: estimation des émissions liées aux déplacements domicile-travail**

Afin d'estimer les émissions liées aux déplacements domicile-travail, on regarde le nombre d'employés des sites de production.

Pour la production des semi-finis, on regarde encore une fois l'usine chinoise de *Hongchen*. Ce site de production produit annuellement 60 millions de semi-finis, et emploie 1600 employés²²⁹. On regarde également le site de Sézanne : ce site qui produit annuellement 8 millions de semi-finis, et emploie 229 employés²³⁰. On en déduit qu'environ **27,7 employés sont nécessaires pour la production annuelle d'un million de semi-finis.**

Pour le surfaçage, on regarde la surface du sites de Provins : ce site produit annuellement 12 millions de verres, et emploie 221 personnes²³¹. On en déduit qu'environ **18,4 employés sont nécessaires pour la production annuelle d'un million de verres optiques.**

On utilise ensuite la distance moyenne pour un déplacement domicile-travail en France de 21,2 km²³², ainsi qu'un facteur d'émissions de 0,17 kgCO₂e par km parcouru²³³. **Nous estimons donc des émissions totales liées aux déplacements domicile-travail de 0,075 kgCO₂e/verre.**

D) Empreinte carbone des emballages

On cherche ici à estimer l'empreinte carbone de la production des emballages utilisés pour le transport des semi-finis et pour les verres optiques. Nous allons le voir, ces émissions sont très faibles, mais le calcul du poids des emballages reste déterminant pour le calcul des émissions liées au transport (puisque les emballages sont également transportés).

Nous déterminons dans un premier temps les emballages nécessaires au transport des semi-finis. Selon des données de pertes de matières premières provenant d'un site industriel de production de transformation de semi-finis en verres optiques : chaque produit génère en moyenne 126 grammes de déchets, dont 15% de carton²³⁴. Nous faisons ici l'hypothèse que

²²⁸ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>

²²⁹ fr.hc-optical.net/, Hongchen, <http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lens-es-product/>

²³⁰ Fréquenceoptic, Un jour chez BBGR : le verrier qui veut voir la vie en vert, 2023.

<https://www.frequenceoptic.fr/actualites/un-jour-chez-bbgr-le-verrier-qui-veut-voir-la-vie-en-vert.htm>

²³¹ L'Usine Nouvelle, BBGR augmente de 30% ses capacités en Seine-et-Marne face à la croissance des verres optiques Nikon en France, 2024.

<https://www.usinenouvelle.com/article/bbgr-augmente-de-30-ses-capacites-en-seine-et-marne-face-a-la-croissance-des-verres-optiques-nikon-en-france.N2210579>

²³² Estimation The Shift Project à partir de INSEE, Indicateurs pour le suivi national des objectifs de développement durable, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2654964>

²³³ Estimation The Shift Project à partir de INSEE, Indicateurs pour le suivi national des objectifs de développement durable, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2654964> et de ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>

²³⁴ Acuité, En 4 ans, Novacel a réduit de 50% sa consommation d'énergie et sa production de déchets, 2022. <https://www.acuite.fr/actualite/profession/243669/en-4-ans-novacel-reduit-de-50-sa-consommation-denergie-et-sa-production>



ce carton provient intégralement du transport des semi-finis. A ce carton, nous ajoutons le poids des enveloppes en papier, dans lesquelles les semi-finis sont emballés²³⁵. En prenant en compte ces données, nous faisons donc l'hypothèse du **poids moyen d'environ 20 grammes d'emballages par semi-finis transportés**.

Les verres sont envoyés aux opticiens dans des enveloppes en papier. Nous faisons alors l'hypothèse que **chaque verre a un emballage d'environ 5 grammes**.

On utilise ensuite le facteur d'émissions relatif au "*Carton/Neuf*"²³⁶. **Nous estimons alors des émissions totales liées à la production des emballages de 0,010 kgCO₂e/verre**.

E) Empreinte carbone du transport

Dans cette partie, on cherche à estimer l'empreinte carbone du transport des semi-finis et des verres optiques entre les différents sites de production, et jusqu'au point de vente (c'est-à-dire jusqu'à la livraison aux magasins d'optique).

Dans un premier temps, on cherchera à estimer **les provenances** des productions des verres et des semi-finis. Cette étape est nécessaire au calcul des distances parcourues par les différents matériaux impliqués dans la production de verres optiques, mais également afin de déterminer la part des sites de production situés à l'étranger pour la consommation française de verre, afin de pondérer nos résultats obtenus dans la partie concernant les consommations énergétiques des sites de production.

Dans un second temps, nous traduisons ces provenances en distances parcourues et en émissions de gaz à effet de serre.

- **Étape 1 : provenance de la production des semi-finis utilisés pour répondre à la consommation française.**

Dans cette partie, nous distinguons deux cas, le cas des verres surfacés en France et des verres surfacés à l'étranger.

Dans le cas des verres surfacés à l'étranger, **nous faisons l'hypothèse conservatrice que les semi-finis et les verres sont produits sur le même site de production**. Ainsi, les émissions liées au transport des semi-finis pour des verres surfacés à l'étranger sont probablement sous-estimées.

Dans le cas des verres surfacés en France, nous avons comparé la production française de semi-finis (dans les sites où la production est significative) et la quantité de verres surfacés, répertoriées dans le tableau 11.

²³⁵ fr.hc-optical.net/, Hongchen, <http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lens-es-product/>

²³⁶ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>



	Nom du site	Production annuelle
Production de semi-finis	BBGR Sézanne	8 000 000 ²³⁷
	Essilor Dijon	5 000 000 ²³⁸
	Total	13 000 000
Transformation des semi-finis en produits finis	Hoya	730 000 ²³⁹
	Novacel	9 000 000 ²⁴⁰
	Zeiss	1 400 000 ²⁴¹
	Essilor Dijon	6 000 000 ²⁴²
	Essilor Ligny-en-Barrois	43 800 ²⁴³
	BBGR Provins	21 000 000 ²⁴⁴
	Essilor Antony	1 000 000 ²⁴⁵
	Essilor Vaulx-en-Velin	1 642 500 ²⁴⁶
	Total	40 816 300

Tableau 11 : production française de verres optiques et de semi-finis

Ainsi, nous en déduisons à partir de ce tableau qu'au moins **68% des semi-finis sont importés dans le cas de verres surfacés en France.**

Nous utilisons ensuite les données des douanes françaises appliquées aux produits d'optiques, reportées sur le tableau 12, afin d'en déduire les provenances des semi-finis importés.

²³⁷ Acuité, Comment sont produits les semi-finis ? Immersion chez BBGR. 2023.

<https://www.acuite.fr/actualite/profession/261126/comment-sont-produits-les-semi-finis-immersion-chez-bbgr>

²³⁸ Le Bien Public, Un géant au cœur de la ville, 2011.

<https://www.bienpublic.com/grand-dijon/2011/01/15/un-geant-au-coeur-de-la-ville>

²³⁹ Hoya, Fabrication Française. <https://www.hoyavision.com/fr/produits-vision/fabrication-fran%C3%A7aise/>

²⁴⁰ Gifo, Novacel. <https://gifo.org/entreprises/entreprises-membres/novacel/>

²⁴¹ Acuité, Focus sur la fabrication des verres Zeiss, 2022.

<https://www.acuite.fr/actualite/profession/236066/focus-sur-la-fabrication-des-verres-zeiss>

²⁴² L'Usine Nouvelle, Essilor investit 4,2 millions d'euros à Dijon, 2013.

<https://www.usinenouvelle.com/article/essilor-investit-4-2-millions-d-euros-a-dijon.N194714>

²⁴³ Vosges Matin, La Meuse, berceau du groupe Essilor, numéro un mondial des verres optiques, 2018.

<https://www.vosgesmatin.fr/actualite/2018/12/28/la-meuse-berceau-du-groupe-essilor>

²⁴⁴ Ce chiffre pourrait également englober des volumes de verre simplement transitant par le site sans y être produits. Acuité, Dans les coulisses du centre de développement et de production de BBGR, 2019.

<https://www.acuite.fr/actualite/produit/159057/dans-les-coulisses-du-centre-de-developpement-et-de-production-de-bbgr>

²⁴⁵ IUT Ville d'Avray, Semaine de l'industrie, 2018. <https://cva-geii.parisnanterre.fr/accueil/semaine-de-lindustrie-2018-dut-geii>

²⁴⁶ L'Usine Nouvelle, Essilor a investi 5 millions d'euros, 2006.

<https://www.usinenouvelle.com/article/essilor-a-investi-5-millions-d-euros.N14300>



Code douanier	Produits correspondants	Afrique du Nord	Autre - Afrique	Autre - Amérique	Autre Asie	Autre Asie du Sud Est	Chine
90 015 020	Verres neutres	0%	0%	0%	0%	9%	33%
90 015 041	Verres unifocaux	0%	0%	0%	0%	66%	12%
90 015 049	Verres multifocaux	0%	0%	2%	0%	22%	13%
90 015 080	Semi-finis	0%	0%	3%	0%	25%	18%

Code douanier	Produits correspondants	Inde	Japon, Corée ou Taiwan	Océanie	US/Canada	Europe de l'Ouest	Autre Europe
90 015 020	Verres neutres	1%	5%	0%	1%	49%	1%
90 015 041	Verres unifocaux	10%	0%	0%	0%	4%	9%
90 015 049	Verres multifocaux	2%	0%	0%	0%	55%	7%
90 015 080	Semi-finis	10%	1%	0%	0%	41%	1%

Tableau 12 : répartition des importations de produits d'optique en France

Source : *The Shift Project*, d'après données des douanes françaises²⁴⁷

- **Étape 2 : provenance de la production des verres optiques utilisés pour répondre à la consommation française.**

Nous n'avons trouvé aucune donnée précise nous permettant d'estimer la répartition de la provenance des verres optiques consommés en France.

Aussi, et en nous basant sur les données des douanes françaises reportées précédemment, et notamment sur la part d'importations en provenance des pays d'Europe de l'Ouest, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- Les verres unifocaux ne sont jamais fabriqués en France. Ceux-ci proviennent en grande partie d'Asie du Sud-Est, en plus particulièrement de Thaïlande et de Philippines.
- Pour les verres neutres, la part de production française est identique à la part de la production d'Europe de l'Ouest.
- Pour les verres multifocaux, la part de production française est de 75% et la part d'importation est de 25%.

On obtient finalement les provenances suivantes pour la consommation française :

	Répartition des provenances
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage en France	24%
Verre multifocal - production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	51%
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage hors de France	25%
Verre unifocal - production hors de France	100%
Verre neutre - en France	33%
Verre neutre - production hors de France	67%

Tableau 13 : Répartition des provenances des verres consommés en France

Source : *The Shift Project*

²⁴⁷ Douanes françaises, Données publiques, 2024. <https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata>



Dans le cas des provenances non françaises, on utilise alors les répartitions des importations des données des douanes françaises mentionnées plus haut.

- **Étape 3 : mode de transport**

D'après les données d'Eurostat, les produits de la catégorie "*Spectacle lenses of materials other than glass*" (qui ne comprend pas uniquement des verres utilisés par l'optique à usage médical) importés en France en provenance de pays non européens arrivent à 86% par du fret aérien. Nous avons donc fait l'hypothèse (confirmée à partir d'entretiens avec des experts du secteur) que **les produits en provenance de pays non européens étaient importés exclusivement en avion**.

- **Étape 4 : distances parcourues**

Concernant les distances parcourues par les dispositifs optiques, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- Les semi-finis produits en France et surfacés en France parcourent une distance de 50 km en camion²⁴⁸, puis les verres surfacés parcourent ensuite une distance de 500 km ;
- Les semi-finis et les verres routiers importés depuis des pays non européens parcourent 1000 km en camion dans le pays de production, puis une distance en avion calculée à partir des différentes provenances²⁴⁹, puis 500km en France ;
- Les semi-finis et les verres routiers importés depuis des pays européens parcourent pour arriver en France 1000 km s'ils proviennent d'Europe de l'Ouest, 1600 km²⁵⁰ s'ils proviennent d'autres pays européens, puis 500 km en France.

Pour les verres optiques, la distance finale de 500 km a été ajoutée pour tenir compte du transport entre le dernier lieu de production et le point de vente. Cette hypothèse a vocation à être affinée dans le cadre de notre rapport final.

- **Étape 5 : conversion en émissions de gaz à effet de serre**

Afin de convertir ces distances en émissions de GES, nous utilisons les facteurs d'émissions de la Base Empreinte²⁵¹ pour le "*Transport aérien (dont flotte, utilisation et infrastructure), long-courrier*" ainsi que le "*Transport en camion (dont parc, utilisation et infrastructure) (taux de remplissage de 50%)*".

²⁴⁸ Ce qui correspond à la distance approximative entre les sites de BBGR de Sézanne et de Provins.

²⁴⁹ La distance parcourue en avion a été calculée à partir du site <https://www.searates.com/distance-time>. Par exemple, pour l'Asie du Sud-Est, nous avons calculé une distance en avion entre Manille et Paris et obtenu environ 10 700 km.

²⁵⁰ Ce qui correspond à la distance approximative entre Varsovie et Paris.

²⁵¹ ADEME, Base Empreinte. <https://base-empreinte.ademe.fr/>



On obtient finalement les émissions suivantes pour la consommation française :

	Emissions (kgCO ₂ e/verre)
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage en France	0,002
Verre multifocal - production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	0,480
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage hors de France	0,074
Verre unifocal - production hors de France	0,163
Verre neutre - émissions moyennes	0,113

Tableau 14 : Bilan des émissions de GES liées au transport

Source : *The Shift Project*

F) Bilan

Au final, on obtient les résultats suivant :

	Émissions par verre (kgCO ₂ e)	Emissions totales (ktCO ₂ e)
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage en France	1,67	13,2
Verre multifocal - production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	2,53	9,3
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage hors de France	2,72	10,5
Verre unifocal - production hors de France	2,81	48,1
Verre neutre - émissions moyennes	2,76	0,43

Tableau 15 : Bilan des émissions de GES liées au transport

Source : *The Shift Project*

Nous estimons que les productions des verres consommés en France sont responsables de l'émission de **81 ktCO₂e par an**, ce qui représente entre 1,7 et 2,8 kgCO₂e par unité.

G) Limites de notre calcul

Le calcul détaillé précédemment présente plusieurs limites et axes d'amélioration, qui, pour la plupart ont déjà été mentionnés. Ces points ont vocation à être améliorés d'ici le rapport final.

En voici une liste non-exhaustive :

- **Matières premières** : nous chercherons à préciser notre calcul de facteur d'émissions du CR39 pour les matières premières nécessaires à la production des verres.
- **Procédés de fabrication** : Notre calcul ne tient pas en compte des matériaux et produits chimiques utilisés pour le nettoyage ou le traitement de surface des semi-finis et des verres. En outre, nous utilisons des données de consommation



énergétique issues de sites français : ces données sont probablement plus faibles que les consommations moyennes mondiales. Enfin, nous ne distinguons pas les procédés de fabrication des différents types de verres : unifocaux, multifocaux, progressifs, etc.

- **Emballages** : faute de données précises, nous avons pour le moment fait des hypothèses concernant les emballages utilisés pour le transport des semi-finis et des verres.
- **Transport** : Le calcul des émissions liées au transport a vocation à être amélioré, et notamment pour mieux tenir compte des spécificités du dernier kilomètre, c'est-à-dire de la livraison des points de ventes : taux de remplissage des véhicules, distances parcourues, etc.

Enfin, nous rappelons ici que nous ne détaillons que ce calcul dans ce rapport. Toutefois, nous sommes disposés à fournir, pour les autres catégories de dispositifs médicaux traités dans ce rapport, un document similaire sur demande. Aussi, n'hésitez pas à nous contacter à indus-sante@theshiftproject.org pour toute demande de précision concernant nos méthodologies employés.

ANNEXE II – Empreinte carbone des complémentations nutritionnelles orales

Cette annexe est dédiée aux complémentations nutritionnelles orales destinées aux adultes. Bien que ces produits ne soient pas des dispositifs médicaux, certains sont remboursés par l'Assurance Maladie et inscrits dans la LPP, liste recensant les dispositifs médicaux remboursés en ville. Nous avons donc choisi d'inclure ces produits dans l'annexe de ce rapport.

Les complémentations nutritionnelles orales pour adultes se présentent principalement sous la forme de boissons hyperprotéinées, formulées à partir de protéines de lait. **Environ 44 millions de bouteilles sont remboursées chaque année par l'Assurance Maladie**, ce qui représente 36 millions de litres de boissons, et pour 375 millions d'euros de remboursements²⁵².

D'après nos estimations, la production des complémentations orales consommées en France génère chaque année **79 ktCO₂e par an**. La répartition de ces émissions est illustrée à la figure 42.

²⁵² L'Assurance Maladie, Dispositifs médicaux inscrits à la liste des produits et prestations - LPP'AM - de 2016 à 2023, 2024. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/lpp-lppam>



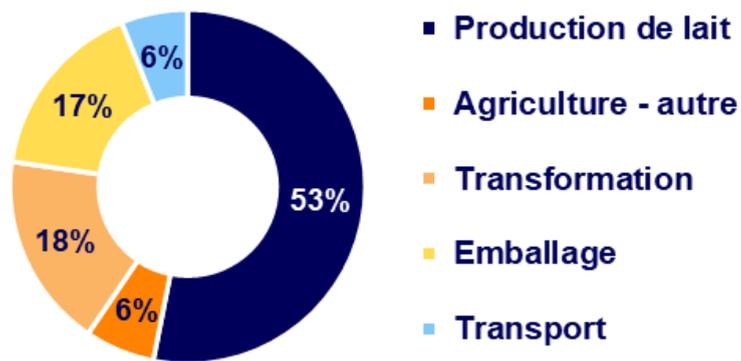


Figure 42 : Répartition de l'empreinte carbone des compléments nutritionnels orales destinés aux adultes

Source : *The Shift Project*

La majeure partie des émissions provient **de la production du lait** nécessaire à la composition des mélanges hyperprotidiques, basés sur des protéines de lait.

Le reste des émissions provient en grande partie des procédés de **transformation** des ingrédients, ainsi que de la production des **emballages** nécessaires à la distribution de ces produits.



Équipe du projet

Mathis Egnell - Ingénieur de projet Santé au Shift Project, pilote du projet

Mathis Egnell est ingénieur de projet Santé au Shift. Après avoir piloté les travaux sur l'Autonomie, il pilote désormais celui sur les Industries de santé et est chargé du Programme Santé, Climat, Résilience du think tank. Ingénieur des Mines de Paris et diplômé en économie d'AgroParisTech, il a également été ingénieur en biomécanique à l'hôpital Pasteur de Nice et consultant pour l'OMS avec P4H, le réseau mondial consacré à la protection sociale en santé et aux systèmes de financement.

Baptiste Verneuil - Ingénieur chargé de projet au Shift Project, pilote du rapport DM

Baptiste Verneuil est chargé de projet Santé au Shift Project. Il a auparavant travaillé sur le système de santé, le climat et l'énergie au Shift Project, et est co-auteur des travaux sur la décarbonation du secteur de la santé et de l'autonomie. Ingénieur de l'École Polytechnique et diplômé d'un master en ingénierie de l'environnement de l'Université Technique de Munich, il a également mené des recherches sur les modèles climatiques au laboratoire de météorologie de Leipzig et contribué, en tant qu'ingénieur, aux activités de la Chaire RESPECT (RÉSilience en Santé, Prévention, Environnement, Climat et Transition) de l'EHESP.

Erwan Proto - Ingénieur de projet Industries de Santé et textile

Erwan Proto a travaillé sur plusieurs sujets du Plan de transformation de l'économie française, dont les bilans carbone de certains secteurs incluant celui de la Santé. Diplômé de l'École Centrale Paris option Énergie, il rejoint le Shift Project après un passage en R&D à EDF. Au Shift, il pilote entre 2020 et 2023 la méthodologie d'évaluation carbone sectorielle en transverse sur les secteurs santé, culture et administration publique, travaille sur la décarbonation de l'industrie lourde et contribue au bouclage énergie-climat du PTEF. Il initie les travaux sur les industries manufacturières, notamment l'industrie textile. Animateur de fresques et auteur de nouvelles de fiction à ses heures perdues, il est aussi l'un des principaux coupables des rapports du 1^{er} avril du Shift Project.

Robin Henocque - Pharmacien, Shifter et chargé de projet Industries de santé

Robin Henocque a rejoint l'équipe santé du shift en tant que bénévole. Diplômé en Pharmacie de l'Université Grenoble Alpes, il est également titulaire d'un diplôme universitaire en médico-économie obtenu à l'Université de Bordeaux. Il possède une certification en "Mesure de l'empreinte carbone de son organisation" délivrée par la Carbone 4 Académie et poursuit actuellement un mastère à l'Institut National du Service Public (INSP). Après plus de 7 ans au sein de l'industrie pharmaceutique, il avait à cœur de partager sa connaissance du secteur et son expertise afin de travailler sur la décarbonation des industries de santé et de contribuer à la rédaction de ce rapport.

Clara Mourgues - Pharmacienne anciennement chargée de projet au Shift Project

Clara Mourgues a fait partie de l'équipe du Shift en tant que pharmacienne entre 2023 et 2024. Diplômée en Pharmacie de l'Université Paris-Saclay et du Mastère Spécialisé Expert



Environnement et Développement Durable, Ingénierie et Gestion de l'Environnement (IGE) des Mines de Paris, animatrice de la Fresque du Climat et de 2tonnes, elle a été Vice-présidente Transition Écologique & Santé Environnementale de l'Association Nationale des Étudiants en Pharmacie de France (ANEPF). Passée des établissements (AP-HP, Korian), le conseil en ACV-RSE-écoconception (Primum Non Nocere désormais Grant Thornton) et l'industrie (Pierre Fabre), elle avait contribué au groupe de travail Santé du Shift depuis 2021. Elle a rejoint depuis le ministère de la Santé.

Thomas Rambaud - Conseiller technique copilote du projet Industries de Santé

Thomas Rambaud seconde Laurie Marraud au Shift sur la santé. Il est focalisé sur les données carbone, et en particulier sur les Industries de santé qu'il copilote en tant que conseiller technique. Il a contribué aux travaux du Shift sur l'enseignement supérieur. Diplômé de Polytech Nantes et titulaire d'un MBA de l'Institut international de management (CNAM), il a 25 ans de carrière dans les grandes entreprises de service du secteur de la santé, d'abord dans l'IT puis en tant que manager dans l'excellence opérationnelle et enfin en tant que Directeur de programmes sur la conformité et la transparence des liens d'intérêts entre les professionnels de santé et l'industrie pharmaceutique.

David Grimaldi - Conseiller scientifique et médecin-réanimateur

David Grimaldi est médecin intensiviste réanimateur diplômé de l'Université Pierre et Marie Curie et docteur en immunologie de l'Université Paris Cité. Membre du Cercle Thématique Santé des Shifters et de The Shifters Belgique, il contribue aux travaux du Shift sur la santé depuis 2021. Il a été membre de la Commission épidémiologie et recherche clinique de la SRLF (Société de Réanimation de Langue Française), dont il est actuellement membre du groupe REAGIR (qui vise à promouvoir la durabilité au sein des réanimations de langue française). Plusieurs années professeur aux soins intensifs à l'Hôpital Erasme de l'Université Libre de Bruxelles, il travaille désormais à la Direction Médicale de l'Assurance Maladie belge. Conseiller scientifique du Programme Santé, Climat, Résilience du Shift Project, il assure le copilotage du rapport Industries de Santé à partir de mi-2024.

Personnes référentes

Claire Traon - Directrice de mission Transition écologique et santé environnementale à la Caisse nationale de l'Assurance Maladie (CNAM)

Ancienne élève de l'Université de Rennes I et de l'EHESP, Claire Traon dirige la jeune mission Transition écologique et santé environnementale de la Caisse nationale de l'Assurance Maladie (CNAM). Elle a d'abord travaillé pour la Mutualité Fonction Publique Services, gestionnaire de prestations d'assurance maladie obligatoire et complémentaire, pendant une dizaine d'années, jusqu'à devenir responsable du Département prestations santé. Elle rejoint la CNAM en 2017 à la coordination des relations conventionnelles puis devient responsable adjointe du département des professions de santé en 2020.

Bertrand Paradis - Responsable adjoint du Département des Produits de Santé à la Caisse nationale de l'Assurance Maladie (CNAM)



Docteur en pharmacie, spécialisé en économie et gestion de la santé, Bertrand a occupé différents postes à la direction générale de la Santé et l'ARS île de France avant de rejoindre la caisse nationale d'assurance maladie en 2016. Après plusieurs postes en région notamment à la Réunion et à Nantes, il est depuis 2022 responsable adjoint des produits de santé au sein de la direction déléguée à la gestion et à l'organisation des soins.

Laurie Marraud - Initiatrice du Programme de recherche Santé-Climat-Résilience au Shift Project, maîtresse de conférence en santé publique à l'EHESP et titulaire de la Chaire RESPECT

Laurie Marraud a initié et piloté à partir de 2019 les travaux sur le système de santé, le climat et l'énergie au Shift, désormais regroupés dans un Programme de recherche dédié. Docteure en sciences de gestion Télécom ParisTech, elle a intégré le LGI de l'École Centrale de Paris et le CRG à l'École polytechnique avant de devenir Maîtresse de Conférences à l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP) où elle axe ses recherches sur les conséquences de l'introduction des TIC en santé dans un contexte de transition épidémiologique, démographique et sociotechnique, ainsi que la résilience et la décarbonation du système de santé. Titulaire de la Chaire RESPECT – Résilience en Santé, Prévention, Environnement, Climat et Transition, elle est aussi experte santé durable à l'ANAP et conseillère scientifique du HCAAM.

Soutiens à l'équipe

Héloïse Lesimple - Cheffe de projets Affaires publiques et Santé

Héloïse Lesimple a rejoint l'équipe du Shift en tant que Cheffe de projet Affaires publiques et suit plus particulièrement les travaux du Plan de Transformation de l'Économie Française du secteur culturel et de la santé. Diplômée de l'EDHEC, elle a suivi un parcours d'une dizaine d'années en tant que consultante dans la santé, puis de chargée de production dans la culture. Elle a récemment obtenu un Mastère spécialisé en environnement d'AgroParisTech.

Mona Poulain - Chargée de communication

Après l'obtention d'un Master « Magistère, management, cultures et stratégies de communication » au CELSA Sorbonne Université, Mona Poulain a rejoint l'équipe du Shift en tant que chargée de communication et événementiel. Elle travaille notamment sur le programme santé et en support dans l'organisation d'opérations événementielles.

Jean-Noël Geist - Coordinateur du Programme de recherche Santé-Climat-Résilience

Diplômé des IEP de Strasbourg & Toulouse et de l'Université de Thessalonique, ce lecteur de science-fiction et cycliste invétéré rejoint le Shift pour conjuguer deux passions : progrès scientifique et politiques publiques. Il coordonne les affaires publiques du Shift, les relations avec l'association de bénévoles The Shifters et à partir du PTEF plusieurs travaux sectoriels (administration publique, défense, culture, santé, sport).



La caisse nationale de l'Assurance Maladie (CNAM), avec ses 200 salariés, constitue la tête de pont opérationnelle du régime d'assurance maladie obligatoire en France. Elle pilote, coordonne, conseille et appuie l'action des organismes locaux qui composent son réseau (CPAM, DRSM, Ugecam, CGSS...). Elle mène les négociations avec les professionnels de santé au sein de l'Union nationale des caisses d'assurance maladie (Uncam). Elle concourt ainsi, par les actions de gestion du risque ou les services en santé qu'elle met en oeuvre, à l'efficacité du système de soins et au respect de l'Objectif national de dépenses d'assurances maladie (ONDAM). Elle participe également à la déclinaison des politiques publiques en matière de prévention et informe chaque année ses assurés pour les aider à devenir acteurs de leur santé.

www.ameli.fr



Le Haut conseil pour l'avenir de l'assurance maladie (HCAAM) est une instance de réflexion et de propositions qui contribue, depuis 2003, à une meilleure connaissance des enjeux, du fonctionnement et des évolutions envisageables des politiques d'assurance maladie.

Créé en 2003, le HCAAM est composé de 66 membres, représentant dans leur diversité et à haut niveau les principaux organismes, institutions, syndicats, fédérations et associations intervenant dans le champ de l'assurance maladie et plus largement dans celui du système de soins.

www.securite-sociale.fr/hcaam



The Shift Project est un think tank qui oeuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et d'influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

www.theshiftproject.org

Contact :

Équipe santé du Shift Project

indus-santé@theshiftproject.org

