THE SHIFT PROJECT

SANTÉ, CLIMAT, RÉSILIENCE :

DÉCARBONONS LES INDUSTRIES DES DISPOSITIFS MÉDICAUX

Rapport final - Juin 2025

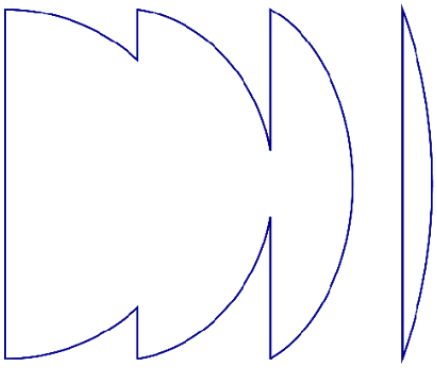
DANS LE CADRE DU PROGRAMME
DÉCARBONONS LA FRANCE !

Sécurité sociale L'Assurance Maladie Caisse Nationale

Haut Conseil pour l'avenir de l'assurance maladie

Avec la contribution de

CHAIRE RESPECT
REsilience en Santé - Prévention Environnement - Climat - Transition



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 santé[1] 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 précédents[2] avaient estimé les émissions de GES des médicaments et des dispositifs médicaux (DM) consommés en France à l'aide de facteurs d'émissions dits "monétaires", dont l'utilisation présente de fortes incertitudes. Ces résultats devaient être affinés par une analyse physique de la chaîne de valeur, qui permet en plus de mieux déterminer le potentiel réel de décarbonation de leur production : c'est chose faite avec ce nouveau rapport.

Les chaînes de valeur des industries de santé sont très 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 et des DM n'est pas forcément située dans les pays de cette zone. Par exemple, la majorité des sites produisant des principes actifs pour l'UE sont situés en Chine et en Inde[3].

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 ainsi qu'une traduction de ces flux en émissions de gaz à effet de serre. Vous trouverez également des modélisations permettant d'estimer le potentiel de décarbonation de la filière ainsi qu'un ensemble de leviers pour y parvenir. Des résultats similaires sur les médicaments sont disponibles dans le rapport dédié aux médicaments qui accompagne cette publication.

---

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

[2] Le rapport Décarboner la Santé pour soigner durablement (2023) estimait les émissions de GES des dispositifs médicaux (DM) consommés en France à 10,2 millions de tonnes de CO_2 équivalent ($MtCO_2e$), et celles des médicaments à 14,5 $MtCO_2e$, soit respectivement 21 et 29 % des 49 $MtCO_2e$ que représente le système de santé.

[3] Voir la partie sur les résultats

Ce rapport 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.

Les équipes Santé & Industrie du PTEF,
The Shift Project

EDITO

Dans un contexte de crise environnementale qui fragilise le fonctionnement du système de santé et sa capacité à protéger et soigner durablement, l'Assurance Maladie entend jouer pleinement son rôle en faveur de la transition écologique et assumer sa responsabilité en tant qu'acteur clé du système pour assurer la pérennité de l'accès aux soins et la bonne affectation des ressources.

Dans son schéma directeur de la transition écologique 2024-2027 publié en avril 2025, l'Assurance Maladie porte une double ambition : d'une part, transformer le système de santé pour le rendre plus résilient, plus sobre, et plus protecteur face aux crises environnementales et, d'autre part, décarboner son propre fonctionnement.

Nous pouvons pour cela nous appuyer sur des données scientifiques robustes et des travaux de recherche comme ceux menés par The Shift Project, dont le 1er rapport sur le secteur de la santé a permis une prise de conscience de l'ensemble des acteurs du système et un passage à l'action.

Ces deux nouveaux rapports du Shift Project permettent de préciser l'impact carbone de la production des médicaments et dispositifs médicaux, production dont la transformation représente un enjeu clé pour la décarbonation du système de santé. La volonté de l'Assurance maladie est qu'à terme la prise en compte des émissions de CO2 soit pleinement intégrée dans l'écosystème de prise en charge des produits de santé. Aussi, ces travaux répondent au besoin d'identifier les leviers de décarbonation à actionner collectivement, au bon rythme, en cohérence avec les objectifs de la feuille de route Planification écologique du système de santé et en mobilisant l'ensemble des acteurs : décideurs publics, professionnels de santé, établissements de soins, et bien sûr industries de santé.

Thomas Fatôme, Directeur Général
Caisse Nationale de l'Assurance Maladie

EDITO

Dans le cadre de son programme de travail, le Haut Conseil pour l'avenir de l'assurance maladie (Hcaam) a souhaité donner une place importante aux travaux sur les nouvelles approches des politiques de santé face aux enjeux écologiques, dans et hors du système de santé. Depuis 2023, le Hcaam s'intéresse aux méthodes permettant de mesurer les co-bénéfices des politiques en matière de santé et d'environnement. En effet, le retour sur investissement de ces politiques est difficile à démontrer et fait l'objet de peu de travaux de recherche. C'est donc tout naturellement que le Hcaam soutient depuis 2024 le Shift Project qui a développé une expertise macroscopique et systémique en matière d'évaluation de l'impact carbone des politiques publiques, en particulier dans le domaine de la santé.

Ce présent rapport qui porte sur les industries de production des médicaments et des dispositifs médicaux permet de compléter de manière cohérente et originale les résultats des évaluations des politiques de santé habituellement formulées en termes d'efficacité (amélioration de l'état de santé) et de coût (dépenses de santé). Il contribuera fort utilement à la réflexion du Hcaam sur les co-bénéfices des politiques de santé et de transition écologique et, conformément à ses missions, à des propositions d'évolution du système de santé et d'assurance maladie pour garantir sa soutenabilité.

Yann-Gaël Amghar, Président
Haut Conseil pour l'Avenir de l'Assurance Maladie

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, et description de la méthodologie suivie pour identifier des leviers de décarbonation et leurs potentiels.
- **Une troisième partie présentant les principaux résultats de notre travail,** *Pour les lecteurs souhaitant aller à l'essentiel* : nous décrivons nos résultats concernant le périmètre couvert à ce jour, et nous présentons également les principaux leviers permettant de décarboner les industries des dispositifs médicaux ainsi que le potentiel de baisse des émissions associé.
- **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 ainsi que les leviers de décarbonation adaptés à chaque catégorie.
- **Une cinquième partie sur les limites de notre travail**.

Documents complémentaires

Ce rapport est accompagné d'une annexe technique, sous la forme d'un fichier *Excel* détaillant nos calculs et hypothèses.

Ce rapport est également accompagné d'**un rapport similaire sur les médicaments**.

Table des matières

AVANT-PROPOS 3
A PROPOS 6
Clés de lecture pour lecteur plus ou moins pressé et/ou averti 6
Table des matières 7
Remerciements 11
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 30
II - Les initiatives en cours 31
A) Feuille de route de décarbonation de la filière des industries de santé, comité stratégique de filière - Industries et technologies de santé (CSF-ITS) 31
B) Création d'un outil d'évaluation de l'impact environnemental et social des dispositifs médicaux 32
C) Outil Carebone de l'AP-HP 33
D) Plusieurs initiatives publiques étudient sur la fin de vie des dispositifs médicaux 34
2. Méthodologie 36
I - Périmètre 37
A) Chaîne de valeur des industries de santé 37
B) Produits analysés 39
II - Estimations des consommations en France 40
III - Evaluation énergie-carbone 43
A) Méthodologie générale 43
B) Périmètre d'évaluation 44
C) Sources de données 44
D) Méthodologie détaillée 45
IV - Leviers de décarbonation 46
A) Identification des leviers de décarbonation 46
B) Quantification du potentiel de décarbonation des leviers à 2050 47
3. Résultats généraux 49
I - L'empreinte carbone des dispositifs médicaux en France 50
A) Périmètre couvert 50
B) Quelle est l'empreinte totale des dispositifs médicaux consommés en France ? 52
C) Flux de matières 55
D) Provenance des dispositifs médicaux 57
II - Comment décarboner les dispositifs médicaux ? 59
A) Quel potentiel de décarbonation pour les dispositifs médicaux d'ici 2050 ? 59
B) Quels leviers mettre en place pour y arriver ? 60
C) Des pré-requis essentiels pour faire face aux contraintes du secteur 66
4. Résultats détaillés 69
I - Industries des dispositifs médicaux : des industries pas comme les autres 70

A) Production en salle propre 71
B) Stérilisation 72
C) Autres contraintes pour les matières premières et les étapes de fabrication 74
II - Consommables à usage unique 77
A) Quelle empreinte carbone des consommables à usage unique ? 77
B) Quels leviers de décarbonation pour les consommables ? 83
III - L'empreinte carbone des orthèses, des prothèses et des aides techniques 93
A) Dispositifs optiques 93
B) Audioprothèses 100
C) Aides techniques 103
D) Orthèses 108
E) Prothèses de membres 114
IV - Décarboner les équipements électro-médicaux 116
A) Équipements d'imagerie 116
B) Autres équipements électro-médicaux 121
V - Dispositifs médicaux implantables et instruments chirurgicaux 128
A) Instruments 128
B) Dispositifs implantables 134
VI - Dispositifs de diagnostic in-vitro 138
A) Le diagnostic in-vitro en France 138
B) Émissions de GES des dispositifs de diagnostic in-vitro 139
C) Quels leviers de décarbonation pour les dispositifs de diagnostic in-vitro ? 142
VII - Dispositifs médicaux numériques 144
VIII - Activités corporatives et R&D 146
A) Émissions de GES des activités corporatives 146
B) Émissions de GES de la R&D 148
C) Quels leviers de décarbonation pour les activités corporatives et la R&D ? 149
5. Limites et perspectives 157
I - Les données, un enjeu crucial et une difficulté majeure pour ce projet 158
II - Principales limites à notre études 158
A) Des résultats inévitablement sous-estimés dans une approche en analyse de cycle de vie 158
B) Les défis de la représentativité et de la couverture du périmètre 159
ANNEXES 160
ANNEXE I - Détail du calcul pour les verres optiques 161
A) Estimation des consommations 161
B) Empreinte carbone des matières premières 161
C) Empreinte carbone de la production 164
D) Empreinte carbone des emballages 167
E) Empreinte carbone du transport 167
F) Fin de vie des déchets industriels 171
G) Bilan 172
H) Limites de notre calcul 172
ANNEXE II - Empreinte carbone des complémentations nutritionnelles orales 173
Équipe du projet 174
Personnes référentes 176

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. Il a déjà donné lieu à des rapports sectoriels et un livre[4].

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-compétences, filières clés, résilience des territoires, cohérence climatique et énergétique.

Entre 2020 et 2022, nos travaux de fond et l'embarquement d'un grand nombre d'acteurs ont été menés selon la méthodologie du Plan de transformation de l'économie française (PTEF). Nous avons publié la synthèse « Crises, climat : le Plan de transformation de l'économie française » aux éditions Odile Jacob en 2022, pour plus de 120 000 exemplaires vendus.

Désormais, avec 2027 en perspective, nous avons initié une nouvelle démarche de travail : **Décarbonons la France !** Plus vaste, plus profonde, elle est mieux adaptée à un monde en crise et vise à embarquer encore davantage de monde, notamment par de grandes consultations (comme celle des Agriculteurs ou du monde du sport).

[4] Climat, crises : Le plan de transformation de l'économie française, The Shift Project, Odile Jacob, janvier 2022

À propos du think tank *The Shift Project*

The Shift Project est un groupe de réflexion qui vise à éclairer et influencer le débat sur les défis climat-énergie. Association d'intérêt général, nous sommes guidés par l'exigence de rigueur scientifique et technique, et notre regard sur l'économie est avant tout physique et systémique.

Nous réalisons des études sur les enjeux clés de la décarbonation. Nous constituons des groupes de travail qui produisent des analyses robustes, quantitatives et qualitatives, ainsi que des propositions pragmatiques. Notre démarche de recherche est ouverte, itérative et collaborative. Nos publications sont librement accessibles à toute personne intéressée. Nous les diffusons auprès des professionnels, dirigeants et corps intermédiaires des secteurs et enjeux concernés. Ce réseau d'experts est mobilisé constamment, pour consolider nos travaux, et nous aider à les faire connaître. Nous favorisons les discussions entre parties prenantes, de manière apartisane.

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 dizaines de **PME**, d'ETI et de fondations. Plus rarement il fait appel, comme en ce moment avec la campagne de financement participatif, à des particuliers.

Depuis sa création, le Shift Project a initié plus de **50 projets d'étude**, participé à l'émergence de nombreuses initiatives et organisé plusieurs centaines d'événements.

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

Ce travail a été 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**) et plus récemment de **MGEN**.

Il a été conduit par **Baptiste Verneuil** (Ingénieur de projet au *Shift Project* et pilote du rapport sur les dispositifs médicaux), **Mathis Egnell** (Ingénieur de projet au Shift Project, pilote du programme Industries de santé), **Erwan Proto** (ingénieur de projet au *Shift Project*), **Robin Henocque** (Pharmacien, Shifter et chargé de projet Décarbonation des industries de santé), **Margot Aubusson de Cavarlay** (Chargée de projet Industries de santé), **Clara Mourgues** (pharmacienne, anciennement chargée de projet au *Shift*), **Thomas Rambaud** (conseiller technique et copilote Industries de Santé au *Shift*, consultant dans une entreprise de service en santé, et *Shifter*) et **David Grimaldi** (conseiller scientifique et copilote Industries de Santé au *Shift*, réanimateur et *Shifter*).

Il a bénéficié du soutien de **Marguerite Cazeneuve** (Directrice déléguée à la gestion et l'organisation des soins, CNAM), **Claire Traon** (Directrice de mission Transition écologique et santé environnementale, CNAM) et **Bertrand Paradis** (Responsable adjoint du Département des Produits de Santé, CNAM) ainsi que de **Laurie Marrauld** (initiatrice du Programme de recherche Santé-Climat-Résilience au *Shift*, 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*), **Héloïse Lesimple** (responsable adjointe affaires publiques au *Shift*) et **Mona Poulain** (chargée de communication au *Shift*).

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 : **Quentin Le Masne**, Cercle Thématique Santé des Shifters), **Xavier Perret du Cray** (Cercle Thématique Santé des Shifters), **Marion Prud'homme** (Directrice Affaires Cliniques et Innovation, Sophysa ; membre des Shifters), **Mathilde Aury** (ingénieure R&D chez Astraveus, membre des Shifters), **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), **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).

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 :

- **Dr. David Ali**, CRTT, Radiotherapie de Versailles ;
- **Robert Barrentine**, Sustainability Project Manager, Saint-Gobain Life Sciences ;
- **Dr Jean Barret**, chirurgien-dentiste à Bordeaux ;
- **Antoine Bertrand**, Chargé de mission RSE pour Trophy ;
- **Luc Besançon**, Délégué Général, NèreS ;
- **BioMérieux** ;
- **Camille Bourillon**, service d'imagerie médicale GHDCSS , GT RSE de la société francophone de radiologie, CT santé The Shifters ;
- **Catherine Bourrienne-Bautista**, Secrétaire Générale – FEFIS (Fédération Française des Industries de Santé) ;
- **Clémentine Brethomé**, Responsable RSE, Biocorp ;
- **Dr. Julien Brunier**, Microbiologiste, membre des Shifters ;
- **Paul-Edouard Brugger**, ingénieur biomédical, Hôpitaux Civils de Colmar, groupe de travail RSE de l'AFIB ;
- **Jean-Marie Cabrières**, Directeur de la Communication-RSE et site - Roche Diagnostics France ;
- **Camille Chalvin**, Responsable Commerciale Régionale Activités Respiratoires, Air Liquide Medical Systems ;
- **Virginie Chasseigne**, Pharmacienne au CHU de Nîmes ;
- **Cécile Cholvy-Bétin,** Responsable réseaux de soins et offres de services, Kalixia ;
- **Clémence Cornet**, CEO de Redeem Médical ;
- **Pierre-Frédéric Degon**, Directeur des Affaires gouvernementales, Abbott France ;
- **Jean-Baptiste Delande**, Audioprothésiste, Directeur Général Advanced Bionics SARL, Shifters Annecy ;
- **Virginie Delay**, Directrice RSE & Conformité, SGH Medical Pharma ;
- **Fatima Diyani**, Responsable RSE, Roche Diagnostics France ;
- **Etienne Dubourdieu**, Responsable Unité CIOdm, PHAST ;
- **Julien Dulieu**, Directeur Programme Climat, bioMérieux
- **Bastien Fernandez**, Directeur de Recherche, CNRS ;
- **Antoine Galmiche**, Ingénieur Biomédical, Hospices Civils de Lyon, groupe de travail RSE de l'AFIB ;
- **Françoise Gay-Andrieu**, Responsable Affaires Médicales, Roche Diagnostics ;
- **Nicolas Grélaud**, Directeur Général, OpenHealth Company
- **Dr. Hafsah Hachad**, Néphrologue (APHP) et Doctorante sur la Transition Environnementale en Dialyse (UTC-ITE) ;
- **Jérémy Hagen**, Responsable des Opérations - Dispositifs Médicaux, Materialise ;
- **J&J MedTech France** ;
- **Romain Jagu**, PhD, Directeur R&D – Ophtalmic Compagnie ;

- **Anton Kaniewski**, Responsable recherche et gestion des risques, Institut Robert Merle d'Aubigné ;
- **Dr. Thomas Lamarque**, médecin généraliste ;
- **Benoît Lamy**, Ingénieur Biomédical, CHRU Nancy, groupe de travail RSE de l'AFIB ;
- **Victor Lassalle**, journaliste pour Acuité.fr ;
- **Achille Laurent**, Strategic Project Manager, Ecoinvent® ;
- **Gwenaëlle Lavaud**, chargée de projet RSE, B. Braun Medical ;
- **Christophe Leloutre**, Responsable National Département Ultra-Propreté et Pharma-Cosmétique, SAMSIC, Délégué Régional ASPEC/Nord & Ouest France ;
- **Alan Lemoine**, Chargé de projet Sport & Défense, The Shift Project ;
- **Marie Liandrat**, interne en médecine générale et membre des Shifters ;
- **Agnes Magniez**, Responsable RSE, Carl Zeiss Vision France ;
- **Adrien Michaud**, Vice-Président Transformation et Développement Stratégique, Siemens Healthineers France ;
- **Mariska Mourik**, Bénévole, Institut Robert Merle d'Aubigné ;
- **Léa Néaume**, Chargée de communication, Kalixia
- **Dr. François Outteryck**, Groupement des Hôpitaux de l'Institut Catholique de Lille (GHICL) ;
- **Olivier Pasquier**, Directeur Marketing Produits chez Löwenstein Medical France ;
- **Rodolphe Pfaifer**, directeur général, Groupe Lepine, Président, Afideo ;
- **Lucie Porte**, ergothérapeute, Hôpital Raymond Poincaré ;
- **Romain Prêcheur**, Middle East/Turkey/Russia CFO, bioMérieux ;
- **Gaëlle Raboyeau**, Responsable LOOP santé, ADI Nouvelle-Aquitaine
- **Romain Rey** ;
- **Carole Riehl**, présidente co-fondatrice de RecyclOptics ;
- **Marie-Laetitia des Robert**, PhD, Expert-dirigeant, Randea ;
- **Philippe Robin**, directeur général de la SCIC ENVIE Autonomie ;
- **Ninon Rouvière**, pharmacienne au CHU de Nîmes ;
- **Juliette Sabatier**, Journaliste à L'Ouïe Magazine ;
- **SIGVARIS GROUP France** ;
- **Sarah Thiébaut**, Ergothérapeute, formatrice, co-coordinatrice du Réseau pour le Développement Durable en Ergothérapie (R2DE) ;
- **Tibo Uyttersprot**, Head of Sustainability, Materialise ;
- **Mickaël Vaillant**, Direction des Services Numériques, CHU d'Angers ;
- **Mélissa Vincent**, Responsable Recherche & Innovation et Responsable RSE Philips FRANCE ;
- **Benoit Waeckel**, concepteur mécanique dans l'industrie des dispositifs médicaux.
- **Théo Wittersheim**, Chargé d'édition scientifique et technique, The Shift Project ;
- **Justine Zampa**, pharmacienne au CHU de Toulouse ;
- **Pr. Laurent Zieleskiewicz**, AP-HM ;
- **Ainsi que tous les participants des ateliers de consultation.**

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).

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)[5].

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[6] [7].

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 1 : Définition du dispositif médical

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 :*

- *Diagnostic, prévention, surveillance, prédiction, pronostic, traitement ou atténuation d'une maladie ;*
- *Diagnostic, contrôle, traitement, atténuation d'une blessure ou d'un handicap ou compensation de ceux-ci ;*
- *Investigation, remplacement ou modification d'une structure ou fonction anatomique ou d'un processus ou état physiologique ou pathologique ;*
- *Communication d'informations au moyen d'un examen in vitro d'échantillons provenant du corps humain, y compris les dons d'organes, de sang et de tissus* ».

[5] INSEE, Dépenses de santé, 2024. *Insee Références*. https://www.insee.fr/fr/statistiques/8242387?sommaire=8242421
[6] 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
[7] 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

La production industrielle de ce secteur est extrêmement diversifiée, comportant **plus de 20 000 types de produits**[8], 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 médica*l, les dispositifs médicaux de diagnostics in-vitro (dit DM-DIV), c'est-à-dire les produits ou instruments destinés à être utilisés in vitro 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'euros[9]. 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 recrutement[10].

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 énergétiques[11] : 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

[8] 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

[9] MedTech Europe, Facts & Figures 2024. https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2024/07/medtech-europes-facts-figures-2024.pdf

[10] 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

[11] 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

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 entraînent par ailleurs une hausse de la demande de soins.

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 Paris[12] 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 climat[13] 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.

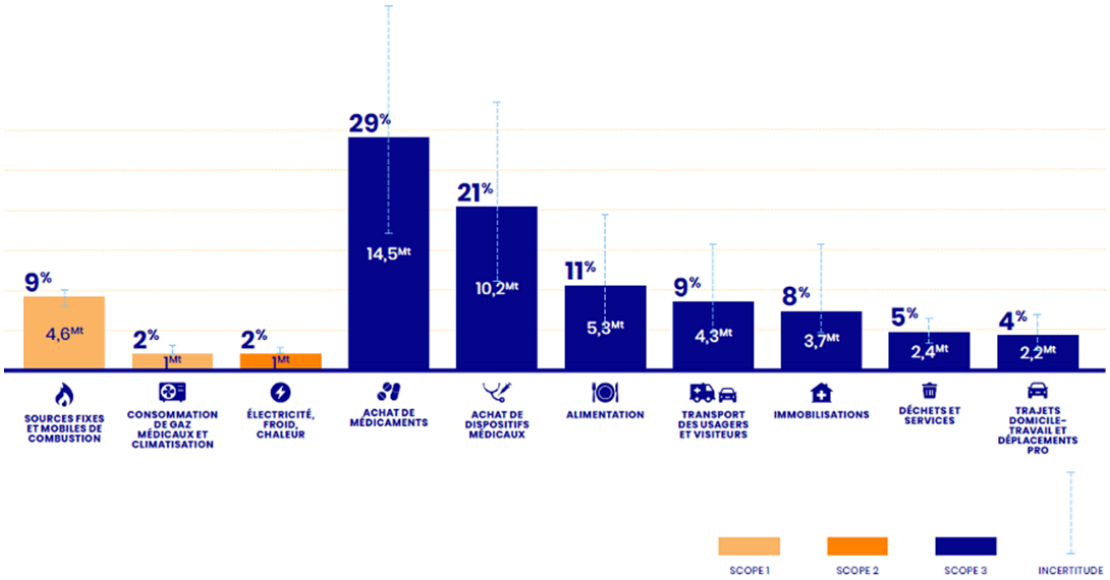


Figure 1 : *Répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé français issu du rapport "Décarbonons la santé pour soigner durablement" de 2023 ($MtCO_2e$)[14]*
Source : *Calculs The Shift Project 2023*

[12] Adopté par 195 nations le 12 décembre à Paris le 12 décembre 201525. https://www.economie.gouv.fr/laccord-de-paris
[13] 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
[14] Cela tient compte des hôpitaux qu'ils soient publics ou privés, de la médecine de ville, du médico-social et des industries de santé.

Dans ce rapport, l'empreinte est évaluée à plus de 49 millions de tonnes équivalent CO_2 (tCO_2eq), 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 et de dispositifs médicaux au sein du secteur (Figure 1), les deux principaux postes d'émissions du secteur**. 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.

Encadré 2 : ERRATUM - Rectification de nos résultats de 2023 concernant l'empreinte carbone des dispositifs médicaux

Dans notre rapport 2023, nous avions estimé les consommations françaises de DM à **32,4 milliards d'euros** (calculs détaillés dans le rapport technique[15]). Toutefois, la Feuille de Route Décarbonation de la filière Industries et Technologies de Santé[16] a pointé que ces consommations s'élèvent en réalité à **21 milliards d'euros pour notre année de référence** (23,5 milliards d'euros aujourd'hui[17]).

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 CO_2 ($MtCO_2e$)**. En appliquant le même facteur d'émissions de l'ADEME[18], cette empreinte carbone révisée serait désormais de **6,6 $MtCO_2e$ pour l'année de référence 2019**, soit une baisse de 35%[19].

Cette rectification, bien qu'elle ajuste nos estimations quantitatives, **ne remet en cause ni les conclusions principales de notre étude, ni l'importance de la part des dispositifs médicaux dans le total des émissions de GES du secteur**. 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.

[15] 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

[16] 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

[17] Le cabinet Randea en appui de la Feuille de route a identifié que nous avions comptabilisé deux fois le chiffre d'affaires relatif aux importations françaises de dispositifs médicaux, aboutissant ainsi à une surestimation du chiffre d'affaires total.

[18] 315 $kgCO_2e$/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

[19] A noter que dans ce rapport, nous utilisons des données de consommation de 2023. Nous estimons donc les émissions de GES induites par les consommations françaises de DM pour l'année 2023 à 7,4 $MTCO_2e$.

Ces résultats ne sont d'ailleurs pas spécifiques à la France et se retrouvent également dans les publications sur les systèmes de santé britannique[20], chinois[21], australien[22] ou encore autrichien[23].

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 médicaux[24]. 90 % des consultations se termineraient par une ordonnance de médicaments. C'est 72 % en Allemagne et 43 % aux Pays-Bas[25]. Autre exemple : nous estimons les consommations hospitalières de gants à usage unique à environ 2 milliards d'unités 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.

Au lancement de ce projet, nos travaux ne nous permettaient 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 gCO_2e par euro de médicaments achetés et 315 gCO_2e par euro de dispositif médicaux[26]. 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[27] [28], des

---

[20] 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/
[21] 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
[22] Malik et al, The carbon footprint of Australian health care https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2817%2930180-8
[23]Weisz et al, Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920301828
[24] Cf chiffres cités précédemment, d'après LEEM et Randea
[25] Enquête européenne réalisée en 2005 à la demande de la Caisse d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés auprès de médecins généralistes
[26] 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
[27] Edana, sustainability report, 2015. https://www.edana.org/docs/default-source/sustainability/edana-sustainability-report---2015.pdf
[28] 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 production[29] [30], de la consommation d'énergie pour l'utilisation[31] [32], ou même de la fin de vie[33].

Une seconde limite liée aux facteurs d'émission monétaires provient de l'**incertitude associée à leur usage que l'ADEME estime à 80 %**[34]. 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 avions fait plusieurs hypothèses sur leur capacité de décarbonation (baisse de l'intensité carbone des produits de santé de 0 %, 40 %, 60 % et 80 %) et sur le potentiel de réduction des volumes produits (par l'optimisation des processus de production, la diminution du packaging et des pertes). Ces hypothèses nous ont permis d'en déduire les besoins de baisse des volumes via les leviers de la prévention, la promotion de la santé et le juste soin (PPJS) (Figures 2 et 3). Cette modélisation a révélé que même avec une décarbonation de 80 % des produits de santé et une légère baisse des volumes, la demande de soins[35] devrait réduire de 30 % afin d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de 80 % d'ici à 2050 fixés par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) dans le but de respecter l'Accord de Paris.

---

[29] 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

[30] Ace & Tate, Responsibility Report 2022.
https://downloads.ctfassets.net/utaji99zkvj6/4Vrk8EdtP4cGV6lxjzUIYg/94097fc2cb53741c5abc264e507f906b/Ace___Tate_Responsiblity_Report_2022.pdf

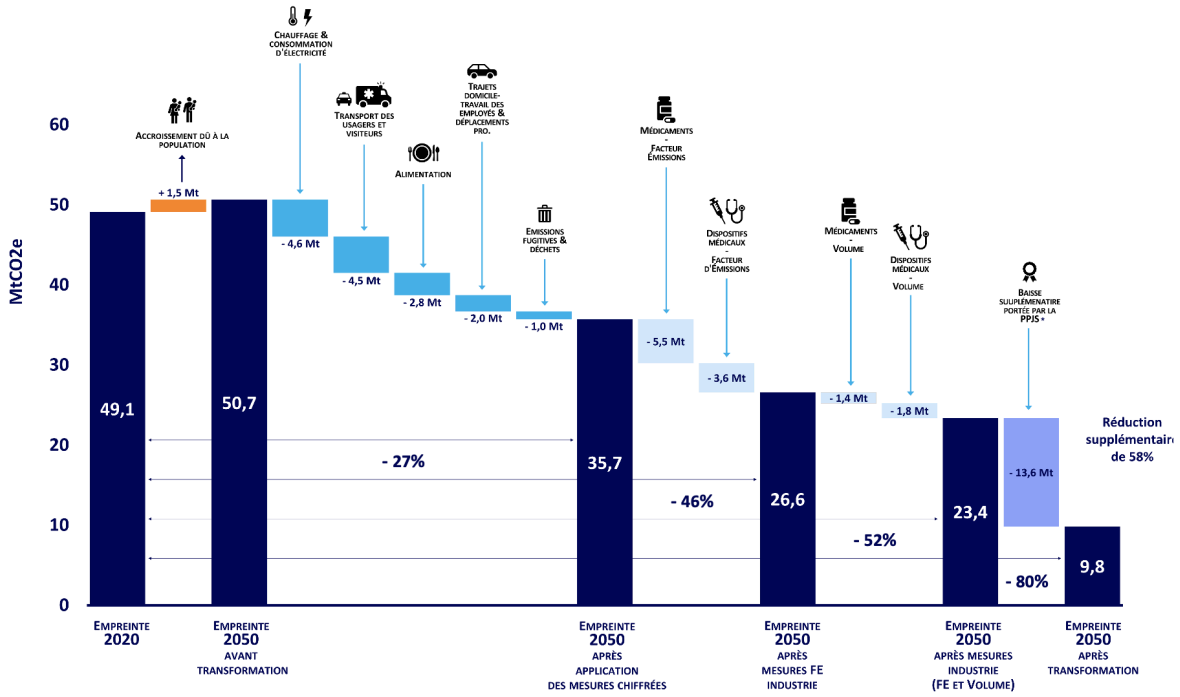
[31] McAlister, Scott et al., The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. 2022. The Lancet Regional Health – Western Pacific, Volume 24, 100459
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2666-6065%2822%2900074-8

[32] 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.

[33] 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

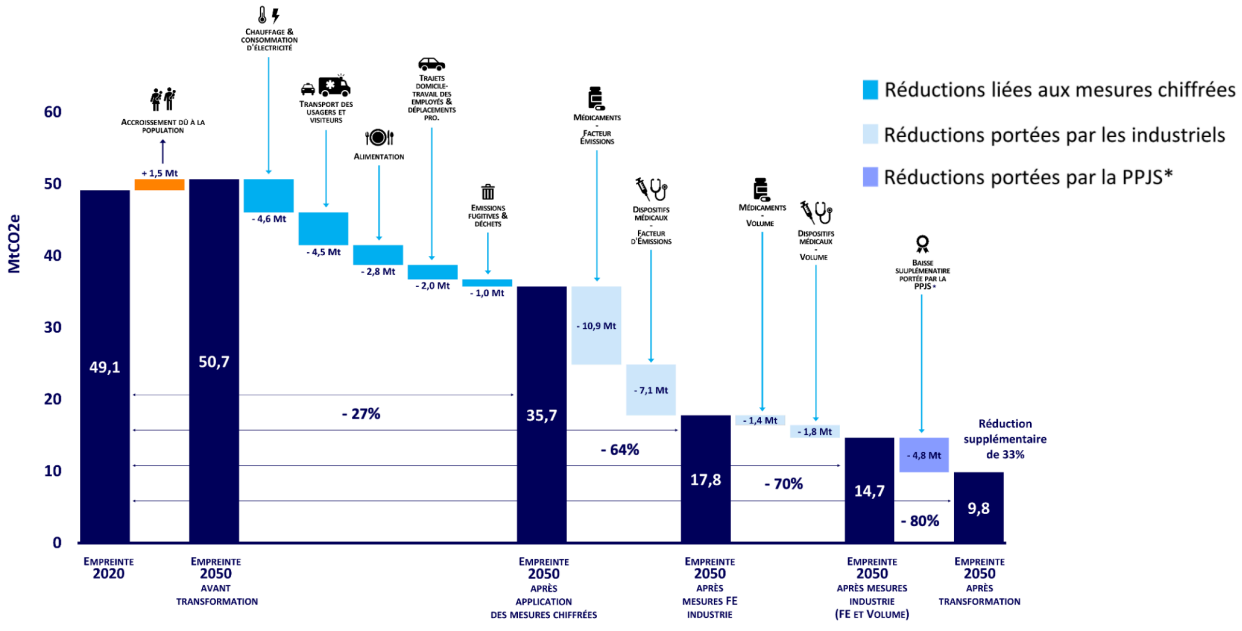
[34] ADEME, Base Empreinte, Service/Produits pharmaceutiques, 2018. https://base-empreinte.ademe.fr/

[35] Définie comme les sollicitations du système de soins par les individus



* Prévention, Promotion de la santé et Juste Soin

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% ($MtCO_2e$)*
Source : *Calculs The Shift Project 2023*



* Prévention, Promotion de la santé et Juste Soin

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% ($MtCO_2e$)*
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 dispositifs médicaux sur la base de flux physiques, et objectiver les hypothèses de décarbonation des industries de santé**.

L'idée est de **déterminer 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 soin) ? 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**.

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 stocks[36]. 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 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). **Le changement climatique est principalement dû aux émissions liées à l'utilisation d'énergies fossiles et aux procédés industriels.** Ces émissions proviennent principalement de la combustion

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

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 ciment[37]). 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 2030[38] au plus tard.

L'**épuisement des énergies fossiles** (pétrole, charbon, gaz) nous expose à un risque sur leur approvisionnement, particulièrement pour le pétrole en Europe. 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**.

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 de santé, 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

[37] Inclus l'absorption de CO_2 provenant du processus de carbonatation du ciment.
[38] Le budget carbone restant pour une probabilité de 50 % de limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C est de 235 $GtCO_2$ 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

dispositifs médicaux, les emballages[39] et comme matière première dans la chimie pharmaceutique[40] [41], comme nous le confirmerons plus loin dans notre rapport. L'ensemble des plastiques médicaux représentent environ 2% de la consommation totale de plastique mondiale[42].

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 plus complexes et notamment **pour la synthèse de nombreux principes actifs[43]**.

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 médicaments[44].

- **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 actif[45]. 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 pays[46].

---

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

[40] 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

[41] 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.

[42] 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/

[43] Glenn DH. The hidden energy crisis: oil and gas raw materials in medicine. Tex Med. 1976. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1006556/

[44] 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

[45] 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

[46] Siemens Healthineers, Sustainability Report, 2024. https://www.siemens-healthineers.com/company/sustainability/report

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 pétrolier[47].

Or 99% du pétrole consommé en France est importé[48], un chiffre qui illustre la dépendance structurelle du pays envers les producteurs étrangers. Cette forte dépendance s'observe également au niveau du système de santé français[49]. 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 ci-dessous :

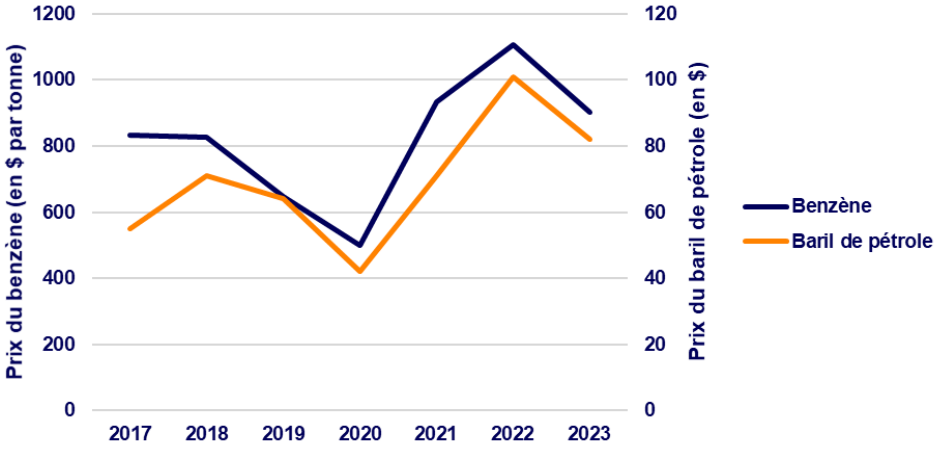


Figure 4 : *Evolution du prix du benzène et du baril de pétrole*
Source : *D'après données INSEE[50] et Statista[51]*

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.

---

[47] Clark GB, Kline B. Impact of oil shortage on plastic medical supplies. *Public Health Rep.* 1981. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1423862/
[48] Ministères Aménagement du territoire et transition écologique, Ressources en hydrocarbures de la France, 2025. https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/ressources-hydrocarbures-france
[49] 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
[50] 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
[51] Statista, Price of benzene worldwide from 2017 to 2023, 2024. https://www.statista.com/statistics/1171072/price-benzene-forecast-globally/

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 approvisionnement[52], 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 secteur des équipements médicaux domine l'utilisation du gadolinium, représentant 42,9 % de la demande globale[53]. 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 production[54]. Les restrictions sur les exportations de certains métaux de terres rares moyens et lourds, y compris le gadolinium, annoncées par Pékin en 2025 pourraient ainsi limiter la disponibilité en équipements d'imagerie[55].
- **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 années[56], mettent en péril la disponibilité des équipements d'imagerie médicale[57].
- **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 menacée[58]. 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 vie[59].

[52] 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
[53] Future Market Insight, Gadolinium Market Outlook from 2024 to 2034. 2024. https://www.futuremarketinsights.com/reports/gadolinium-market
[54] Zhao G. et al., Assessing gadolinium resource efficiency and criticality in China. 2023. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103137
[55] Boursorama, 2025. https://www.boursorama.com/bourse/actualites-amp/ge-healthcare-chute-alors-que-la-chine-impose-des-controles-a-l-exportation-sur-certains-metaux-des-terres-rares-c6d33b1fadfd8024a43babe939322056
[56] DG Trésor, Le Qatar et l'hélium, 2023. https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2023/04/18/le-qatar-et-l-helium
[57] Il faut toutefois noter que de nouvelles générations d'IRM peuvent fonctionner sans hélium.
[58] Aurora, https://www.aurora-sterilisation.com/industries/
[59] Commission canadienne de sûreté nucléaire, 2017. https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/fra/resources/research/technical-papers-and-articles/2017/candu-reactors-long-term-operation-and-refurbishment/

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 semaines[60]. Rappelons que l'île, particulièrement exposée aux dérèglements climatiques, abrite 116 sites de production dédiés aux industries de santé[61]. 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 monde[62].

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 vus leurs activités être suspendues à la suite de différents évènements climatiques[63],[64]. 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, 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 catastrophe[65]. Plus récemment, l'ouragan Helene a touché le site de production de fluides

---

[60] 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/
[61] Elizabeth Plaza, Top Entrepreneurial Sectors: Manufacturing and Pharmaceutical Sector. 2020. https://camarapr.org/PRC2020/speakers/PP/14-PP-Elizabeth-Plaza.pdf
[62] Invest Puerto Rico, BioScience Industry in Puerto Rico. 2021. https://www.investpr.org/wp-content/uploads/2021/11/IPR_BioscienceSectorProfile_11.20.2021_FINAL.pdf
[63] 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
[64] 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
[65] 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/

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 pays[66].

c) Une vulnérabilité systématique et croissante

Si de nombreux exemples territoriaux semblent appuyer la vulnérabilité des industries de santé face aux évènements climatiques, **cette vulnérabilité est globale**. **Les sites de production français sont également exposés aux risques climatiques.** D'après les données du site Géorisque, 45% des sites de production pharmaceutique français se situent dans des territoires à risque important d'inondation. D'autre part, 87% des sites de production français sont concernés par le phénomène de retrait-gonflement des argiles. En effet, les terrains argileux peuvent voir leur volume varier si leur teneur en eau varie, par exemple après de fortes pluies ou une période de sécheresse. Ces variations de volume peuvent atteindre une amplitude assez importante pour endommager les infrastructures localisées sur ces terrains (Figure 5).

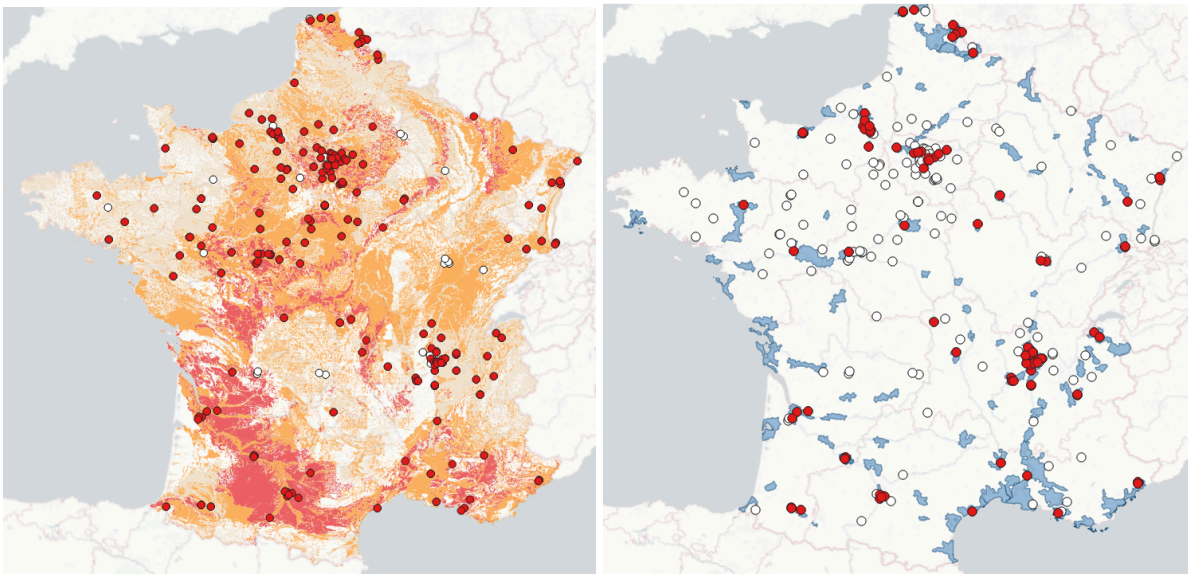


Figure 5 : *Sites de production pharmaceutique français (points rouges) exposés à deux risques climatiques : retrait-gonflement des argiles (à gauche) et inondation (à droite).*
Sources : *The Shift Project 2025 avec données Géorisque.gouv*

De la même manière, une étude de l'*Assistant Secretary for Planning and Evaluation* américain a montré que plus de **27% des sites de productions de dispositifs médicaux aux Etats-Unis étaient situés dans des zones à risque "très élevé" ou "relativement élevé" face aux catastrophes naturelles**[67]. Ainsi, peu de régions semblent totalement épargnées par les évènements climatiques.

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*

[66] Chris Newmarker, Baxter among medtech companies affected by Hurricane Helene, 2024. https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/baxter-among-medtech-companies-affected-by-hurricane-helene/
[67] 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

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".

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 assurantiel lié aux sécheresses pourrait être multiplié par trois d'ici 2050, tandis que celui induit par des inondations pourrait croître de 81% et celui des tempêtes de 46%[68]. **La vulnérabilité de l'approvisionnement en produits de santé, déjà réelle, sera amenée à s'accentuer sans mesures d'adaptation et d'atténuation concrètes.**

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 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 eaux[69]. 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[70]**, qui va impacter la demande en produits de santé ;

---

[68] 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-communiques-de-presse/des-les-30-prochaines-annees-le-rechauffement-de-notre-planete-contribuerait-pour-un-tiers-a-laugmentation-des-sinistres-climatiques-en-france/

[69] 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

[70] Hafsah 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.

- Les vagues de chaleur qui impliquent notamment une baisse de productivité[71].

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" [72] [73], phénomène brutal qui provoque des centaines de crises d'asthme graves, déjà observé en Île-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.

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, le secteur de la santé plus largement et les 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.

---

[71] 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/

[72] 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

[73] 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/

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. Ainsi, nous nous appuyons fréquemment sur leurs méthodes et leurs données pour parvenir à nos fins.

Aussi, dans cette partie, nous proposons un tour d'horizon des initiatives ayant trait à la décarbonation des dispositifs médicaux.

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.

Le Comité Stratégique de Filière des Industries et Technologies de Santé (CSF ITS)[74] a élaboré la *Feuille de route décarbonation des industries et technologies de santé*.

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.

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**.

L'initiative est divisée en deux volets :

[74] 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.

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.
- Élaboration de 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) :**

- Extension 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. Le volet 2 de la feuille de route devrait être publié prochainement.

Notre étude a pour objectif de compléter les travaux précurseurs de cette 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.

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 a publié un outil discriminant **d'aide au choix et à l'achat des dispositifs médicaux**, appelé ***l'Index DM Durable***. Destiné aux acheteurs, cet outil gratuit 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.

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.

Cette démarche va dans le sens des préconisations du rapport du Shift Project *Décarbonons la santé pour soigner durablement* (2023), qui 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***” [75].

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.

En plus de son bilan carbone classique qu’elle calcule et suit chaque année depuis 2019, l’Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP)[76] 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**, appelé l’outil **« Carebone ».**

L’objectif 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 facteurs d’émissions 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/careboner-un-outil-pour-decarboner-le-soin-mis-la-disposition-de-tous-les. Il a vocation à évoluer pour s’améliorer de façon continue.

[75] The Shift Project, Décarbonons la santé pour soigner durablement (2023). https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2023/04/180423-TSP-PTEF-Rapport-final-Sante_v2.pdf

[76] Notamment Cécile Klinguer, Inès de Maisoncelle, Matthias Didier. Notez que Ines de Maisoncelle et Cécile Klinguer sont membres du groupe de travail du projet.

D) Plusieurs initiatives publiques étudient sur la fin de vie des dispositifs médicaux

Plusieurs rapports étudient la fin de vie de certaines catégories de dispositifs médicaux. On peut citer de manière non-exhaustive plusieurs études de l'ADEME et de l'IGAS :

- Sur le retraitement des dispositifs médicaux à usage unique (2024)[77] ;
- Sur la valorisation des déchets plastiques en santé (2024)[78] ;
- Sur la Filières à Responsabilité Élargie du Producteur (REP) des textiles sanitaires à usage unique (2023)[79] ;
- Sur la filière REP pour les aides techniques (2024)[80].

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

Les différents rapports identifiant également **des freins au développement de ces filières** :

- 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**

[77] 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
[78] 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
[79] 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
[80] 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

- 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.

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, ainsi que pour la quantification du potentiel des leviers de décarbonation. 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 ;
- La méthodologie utilisée pour identifier et chiffrer le potentiel des leviers de décarbonation des dispositifs médicaux.

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 :

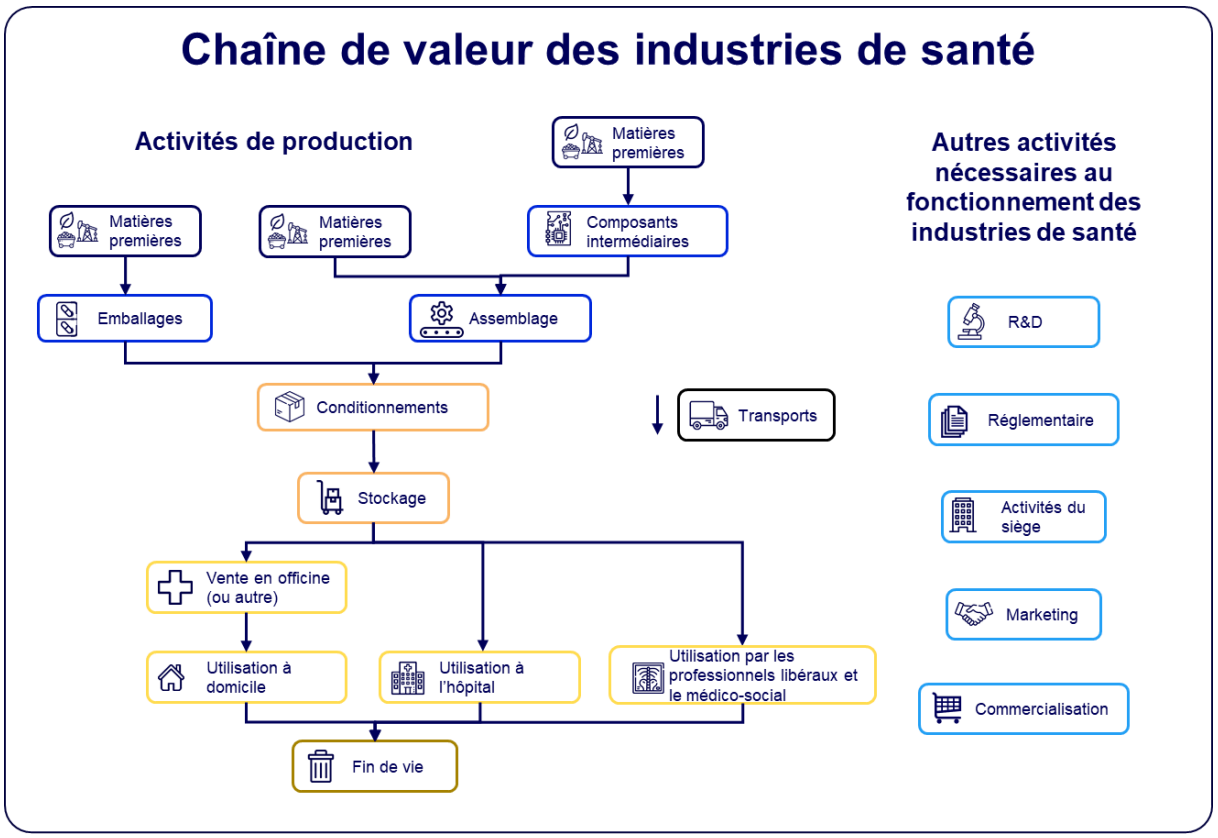


Figure 6 : *Schéma simplifié de la chaîne de valeur des industries des dispositifs médicaux.*
Source : *The Shift Project*

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&D[81].

[81] 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**.

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 7 : *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*

A noter que nous incluons dans notre étude les équipements de protection individuelle (EPI)[82] 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.

[82] 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.

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 :

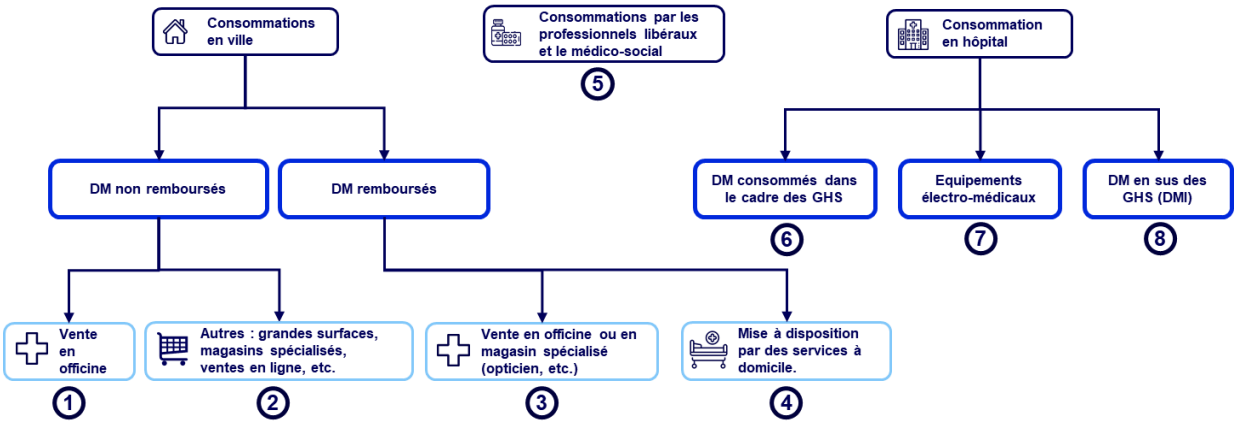


Figure 8 : *Les différents modes de consommation des dispositifs médicaux en France*
Source : *The Shift Project*

La figure 8 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'euros[83]. 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 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.

[83] 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

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 ligne[84], et représentaient en 2023 environ 4,12 milliards d'euros de remboursements[85].

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'ADEME[86].

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 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

[84] 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
[85] 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.)
[86] 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

incontinence. La Cour des comptes avait estimé les consommations de dispositifs médicaux par les Ehpad à environ 0,25 milliards en 2018[87].

- Enfin, concernant les laboratoires d'analyses, un recensement du matériel utilisé dans le cadre des actes de biologie médicale (réactifs, automates, autres consommables) sera nécessaire en vue du rapport final de juin 2025.

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)[88], qui correspondent aux financements des activités hospitalières. La Cour des comptes a estimé ces consommations entre 3,5 à 4,5 milliards d'euros[89] 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 établissements[90].

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 électro-médicaux

Cette catégorie fait référence aux équipements à usage collectif utilisés dans les établissements hospitaliers : équipements d'imagerie, de radiothérapie, générateurs d'hémodialyse, pousses-seringues, moniteurs multiparamétrique, etc. La Cour des comptes a estimé ces consommations à environ 1 milliard d'euros[91] en 2018.

Pour notre étude, nous effectuons une méthode hybride :

- Nous estimons les consommations d'équipements les plus significatives (à l'aide de données publiques mais aussi grâce à un recensement des parcs en établissements hospitaliers auprès d'ingénieurs biomédicaux réalisé conjointement avec l'AFIB - Association française des ingénieurs biomédicaux) ;

---

[87] 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

[88] 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.

[89] 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

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

[91] 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

- 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.

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'ATIH[92]. 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, mais aussi les émissions induites par **les activités non liées à la production** (R&D, activités du siège, etc.).

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 CO_2 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 :

- **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

[92] ATIH, Synthèses nationales annuelles, 2024. https://www.scansante.fr/applications/synthese-dmi-mo-sus

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	• Extraction et transformation des matières premières (plastiques, métaux, matériaux composites, etc.). • Transport des matières premières jusqu'au site de transformation.
Procédés de transformation	• Consommations d'énergie sur les sites de production (fabrication, assemblage, stérilisation, etc.). • Matières premières impliquées dans ces processus • Immobilisations nécessaires à la production
Emballages	• Fabrication et transport des emballages jusqu'au lieu de conditionnement
Transport	• 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	• Consommation d'énergie pour l'utilisation • Maintenance • Consommations spécifiques (piles, pièces de rechange, etc.)
Fin de vie	• Élimination ou recyclage des dispositifs en fin de vie.
Autres activités non liées à la production	• Activités de siège et de terrain • Recherche et Développement

Figure 9 : *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*[93]).

- **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 françaises[94], des données de parts modales des importations d'*Eurostat*[95], ou des données de consommation d'énergie d'*Open Data Grd*[96].

2) Facteurs d'émissions

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

- **Ecoinvent®[97] :** référence internationale en matière de données ACV, offrant des facteurs d'émissions détaillés et notamment les matières premières et les procédés industriels.
- **Base Empreinte[98]** : 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 CO_2, en tenant compte des spécificités techniques et géographiques des procédés analysés.

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.

De plus, tous nos calculs sont également détaillés dans notre outil de calcul disponible sur le site du Shift Project.

[93] Drew J & Rizan C., HealthcareLCA Database, 2022. healthcarelca.com/database
[94] Douanes françaises, Données publiques, 2024. https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata
[95] Eurostat, Extra-EU trade since 2000 by mode of transport, by HS2-4-6, 2024, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/
[96] 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/
[97] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[98] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/

IV - Leviers de décarbonation

L'objectif final de notre projet est d'identifier un ensemble de leviers et d'actions concrètes à mettre en place par le secteur et de quantifier leur potentiel de décarbonation.

Dans la sémantique du Shift Project, un "levier" fait appel à une grandeur physique sur laquelle on peut jouer pour la décarbonation. Il s'agit généralement d'un concept assez large. Par exemple : "électrification des transports routiers".

Dans cette partie, nous développons la méthode utilisée pour identifier les leviers et actions de décarbonation et chiffrer leur potentiel.

A) Identification des leviers de décarbonation

Dans un premier temps, nous avons cherché à identifier concrètement l'ensemble des leviers de décarbonation applicables aux dispositifs médicaux, à tous les niveaux des industries. Pour cela, nous nous sommes appuyés 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.

Une fois les leviers identifiés, il s'agit de vérifier leur pertinence pour le secteur des dispositifs médicaux.

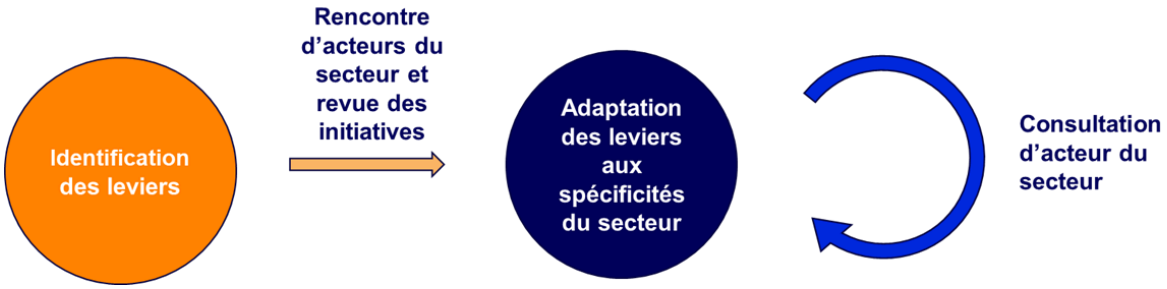


Figure 10 : *Récapitulatif de la méthodologie employée pour identifier les leviers de décarbonation des industries des dispositifs médicaux*

Pour cela, comme résumé sur la figure 10, nous avons organisé des ateliers de consultation réunissant acteurs industriels, mais aussi utilisateurs, acheteurs ou autres acteurs de la chaîne de valeur des dispositifs médicaux. Afin de cerner les spécificités et les enjeux relatifs aux différentes catégories de DM, **neuf ateliers thématiques de 2 heures ont été organisés.** Ces ateliers ont réuni au total **plus de 110 participants, dont plus de 70 acteurs industriels.**

Figure 11 : *Bilan des ateliers de consultation*

Ces ateliers avaient pour objectif de répondre à plusieurs questions clés : dans quels cas les leviers de décarbonation sont-ils applicables ou non ? Quels sont les freins techniques, réglementaires, économiques à leur mise en œuvre ? Quels prérequis sont nécessaires ? Quelles actions concrètes permettent d'activer ces leviers ?

Les ateliers ont ainsi permis de **qualifier, pour chaque levier, les conditions de son applicabilité ainsi que les éventuelles contraintes et les prérequis nécessaires à sa mise en œuvre**. Ces éléments ont alors servi de base à la quantification du potentiel des différents leviers de décarbonation identifiés.

B) Quantification du potentiel de décarbonation des leviers à 2050

Après avoir identifié des leviers de décarbonation pertinents et adaptés aux contraintes des industries de santé, nous avons quantifié leur potentiel global de décarbonation sur toute la chaîne de valeur de production des médicaments.

Un levier peut généralement agir à deux niveaux :

- Réduire l'intensité carbone d'un paramètre (par exemple, pour une consommation d'énergie, en réduisant les émissions de GES induites par unité d'énergie consommée) ;
- Diminuer le volume consommé pour un paramètre (par exemple, en diminuant une quantité d'énergie consommée).

Certains leviers peuvent également agir sur les deux aspects.

Aussi, pour chacun des leviers identifiés, nous avons estimé leurs effets sur les différents paramètres de notre modélisation des émissions d'ici 2050. Puis nous avons calculé l'empreinte carbone des industries avec ces nouvelles données.

La mise en œuvre de cette méthodologie repose avant tout sur la précision de l'estimation des émissions du poste analysé (et donc de nos résultats sur l'empreinte carbone). Par exemple, une estimation basée sur une distance totale et un facteur d'émission moyen ne permettra pas d'identifier et de quantifier les leviers de décarbonation avec autant de finesse qu'une analyse détaillée par zone géographique, mode de transport et taux de remplissage.

Par exemple, si nous savons qu'un produit est transporté sur 6700 km entre l'Inde et l'Allemagne en avion, puis transporté entre l'Allemagne et la France par camion pendant 1000 km avec un taux de remplissage à 80%, cela nous permettra d'évaluer plus précisément les sources de GES et d'identifier plus efficacement les sources de décarbonation.

Cette méthodologie pose alors la question du degré d'activation de chaque levier.

Dans un monde sans contraintes physiques, tout pourrait être neutre en carbone (par exemple avec une production d'énergie très bas carbone et des systèmes de capture et séquestration du carbone résiduel conséquents). Mais, il est important d'intégrer les enjeux de faisabilité technologique et de capacités des filières à développer d'ici 2050 de telles transformations, mais aussi des enjeux spécifiques aux industries des dispositifs médicaux. Le tout en tenant compte des compétitions d'usage sur les ressources (tous les secteurs vont chercher à utiliser de l'énergie bas carbone) et des spécificités technologiques de chaque filière (il est techniquement plus compliqué d'électrifier les besoins en chaleur supérieure à 1000 °C que des besoins en chaleur inférieure à 500 °C.)

Pour identifier le potentiel d'activation de chaque levier, nous avons adopté une approche pragmatique en nous basant sur des entretiens avec des acteurs, de la littérature scientifique ou encore des rapports gouvernementaux tout en tenant compte des limites du secteur et des contraintes économiques, humaines et techniques.

Néanmoins, en l'absence de données précises sur certains aspects, il a parfois été nécessaire de formuler plusieurs hypothèses. C'est pourquoi il est important de rappeler que les résultats présentés ne constituent pas une prédiction : **un scénario n'a pas vocation à décrire l'avenir avec certitude, mais à explorer les effets possibles de l'activation de certains leviers, dans un cadre donné**. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision, qui permet de réfléchir aux marges de manœuvre disponibles et aux conditions nécessaires à la transition.

03

RÉSULTATS GÉNÉRAUX

I - L'empreinte carbone des dispositifs médicaux en France

A) 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 sur les activités de production, d'usage et de fin de vie. Nous avons également inclus les activités annexes, telles que la R&D ou les fonctions de siège.
- **Par catégorie de dispositif médical**, en segmentant les consommations françaises selon des regroupements de produits relativement homogènes.

Dans ce rapport, 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	Sous-catégorie	Prise en compte
Consommables	Equipements de protection individuelle	
	Consommables en plastiques utilisés à l'hôpital (poches, tubes, etc.)	
	Produits pour l'urologie et la stomathérapie	
	Consommables pour plaies et cicatrisation	
	Produits pour l'incontinence	
	Autres consommables : sutures, aiguilles, hémodialyseurs, etc.	
	Autocontrôle, autosurveillance et autotraitement du diabète	
Orthèses, Prothèses et Aides techniques	Optique médicale : verres, montures, lentilles de contact	
	Audioprothèses	
	Orthèses (orthèses de contention, attelles, etc.)	
	Aides techniques : fauteuils, lits médicalisés, béquilles, etc.	
	Grand appareillage	
	Orthèses sur mesure : podo-orthèses, etc.	
Equipements électro-médicaux	Equipement d'imagerie	
	Appareils d'aide à la respiration	
	Autres équipements électro-médicaux	
Dispositifs implantables et instruments	Implants orthopédiques	
	Stimulateurs, défibrillateurs, sondes	
	Autres implants : stents, bioprothèses, implants neuronaux	
	Instruments	
Dispositifs de diagnostic in-vitro	Réactifs de diagnostic	
	Automates	
DM numériques		

Figure 12 : *Récapitulatif du périmètre pris en compte dans notre étude*
En vert (■) prise en compte totale, en vert clair (■) prise en compte partielle, en jaune (■) Pas pris en compte mais description qualitative, en rouge (■) pas pris en compte
Source : *The Shift Project*

Ainsi, il convient de noter plusieurs éléments :

- **Les résultats relatifs à certaines catégories de dispositifs médicaux ne figurent pas dans notre analyse ou bien n'y figurent que partiellement.** Cela ne signifie pas pour autant qu'elles ont été ignorées, mais que les données collectées se révèlent trop lacunaires pour être présentées dans ce rapport.
- Notre objectif a été en effet de nous **focaliser sur les catégories dont les volumes engagés sont les plus significatifs**, et **d'offrir une vision** aussi **représentative** que possible de la consommation française.

Rappelons que d'un point de vue temporel, nous utilisons des données de consommation de dispositifs médicaux de 2023 pour estimer les émissions de gaz à effet de serre. Aussi, même si notre rapport est publié en 2025, nous prenons 2023 comme année de référence.

*Notez que la production et l'utilisation des dispositifs médicaux ont **des impacts environnementaux au-delà des émissions de gaz à effet de serre**. En particulier, les dispositifs composés de plastiques, sont une source potentielle de microplastiques. Lors de leur fabrication et de leur usage, ces dispositifs médicaux composés de plastiques peuvent libérer des **microplastiques**. Ces microplastiques peuvent ensuite s'accumuler durablement dans les milieux aquatiques ou terrestres, mais aussi dans le corps humain[99]. Des études suggèrent également que certains **additifs chimiques** contenus dans les plastiques peuvent altérer la reproduction[100] ou le développement[101], même à très faibles doses. À cela s'ajoutent les **conséquences de la fin de vie** de ces dispositifs, souvent non recyclables et à usage unique pour des raisons sanitaires, ce qui renforce leur impact en termes de pollution plastique et de gestion des déchets. Bien que ces enjeux environnementaux soient cruciaux, ce rapport se concentre spécifiquement sur les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités des industries de santé. Par conséquent, les impacts non liés au carbone ne seront pas abordés dans ce rapport.*

[99] Maaike Vercauteren et al. (2024) ont mené une étude évaluant la migration de microplastiques depuis un circuit d'infusion de nutrition parentérale destiné aux nouveau-nés. Ils ont démontré que des microplastiques peuvent être libérés dans le liquide administré sur 72 h. Vercauteren M et al., An Ex Vivo Study Examining Migration of Microplastics from an Infused Neonatal Parenteral Nutrition Circuit. Environ Health Perspect. 2024. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38506503/

[100] Ullah S et al., A review of the endocrine disrupting effects of micro and nano plastic and their associated chemicals in mammals. 2023. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9885170/

[101] Yan D et al., Endocrine-disrupting chemicals and the risk of gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. 2022. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9109392/

B) Quelle est l'empreinte totale des dispositifs médicaux consommés en France ?

Encadré 3 : Avertissement

Avant de les présenter, il convient de noter que **nos calculs présentés ci-après ne permettent pas de donner une estimation de l'empreinte carbone de l'intégralité des dispositifs médicaux**. En effet, comme détaillé précédemment, nous n'avons pris en compte ni la totalité des activités industrielles du dispositif médical, ni l'ensemble des catégories consommées en France.

Nous proposons néanmoins une estimation de l'empreinte carbone globale des industries du dispositif médical, construite à partir de données monétaires. Ce chiffre doit être interprété avec prudence : les facteurs d'émissions monétaires peuvent présenter de fortes incertitudes. L'ADEME estime par exemple ces incertitudes à 80%.

En se basant sur ces données, l'empreinte carbone des dispositifs médicaux consommées en France[102] représente entre 5,4[103] et 7,4[104] $MtCO_2e$ selon le facteur d'émission retenu. Dans la suite de ce rapport, nous utilisons le facteur d'émissions de l'ADEME, celle-ci faisant référence en France.

Toutefois, l'objectif de ce rapport n'est pas le calcul et la mise en avant d'un nouveau chiffre mais bien, pour la première fois en France, d'étudier les chaînes de valeur industrielles, et à proposer des solutions concrètes pour la décarbonation des industries du dispositif médical.

Comme mentionné dans l'encadré ci-dessus, **les émissions de gaz à effet de serre des dispositifs médicaux consommés en France sont évaluées à 7,4 $MtCO_2e$.**

Ces émissions sont **comparables aux émissions liées à l'ensemble des industries agroalimentaires en France**[105].

La répartition des émissions des dispositifs médicaux consommés en France est représenté sur la figure 13 :

[102] Dépenses de 2023. A noter que précédemment dans l'encadré 2, nous utilisions les données de dépenses de 2019. Nous trouvions donc, pour l'année 2019, des émissions de GES pour les DM consommés en France de 6,6 $MtCO_2e$.
Données SNITEM, Panorama du DM 2023, traitement Randea, sur la base des adhérents des différentes organisations. https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2025/04/Presentation-colloque-RSE-Compilee.pdfhttps://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2025/04/Presentation-colloque-RSE-Compilee.pdf
[103] Donnée issue du calcul de l'empreinte globale de la filière des dispositifs médicaux, qui sera publié prochainement dans le cadre de la Feuille de route décarbonation des industries et technologies de santé, Volets 1 & 2 (FEFIS).
[104] Donnée obtenue à partir du facteur d'émissions de l'ADEME, 315 $kgCO_2e$ / k€. 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
[105] Haut Conseil pour le Climat, Acter l'urgence, engager les moyens, 2023. https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2023/10/HCC_Rapport_GP_2023_VF_cor-1.pdf

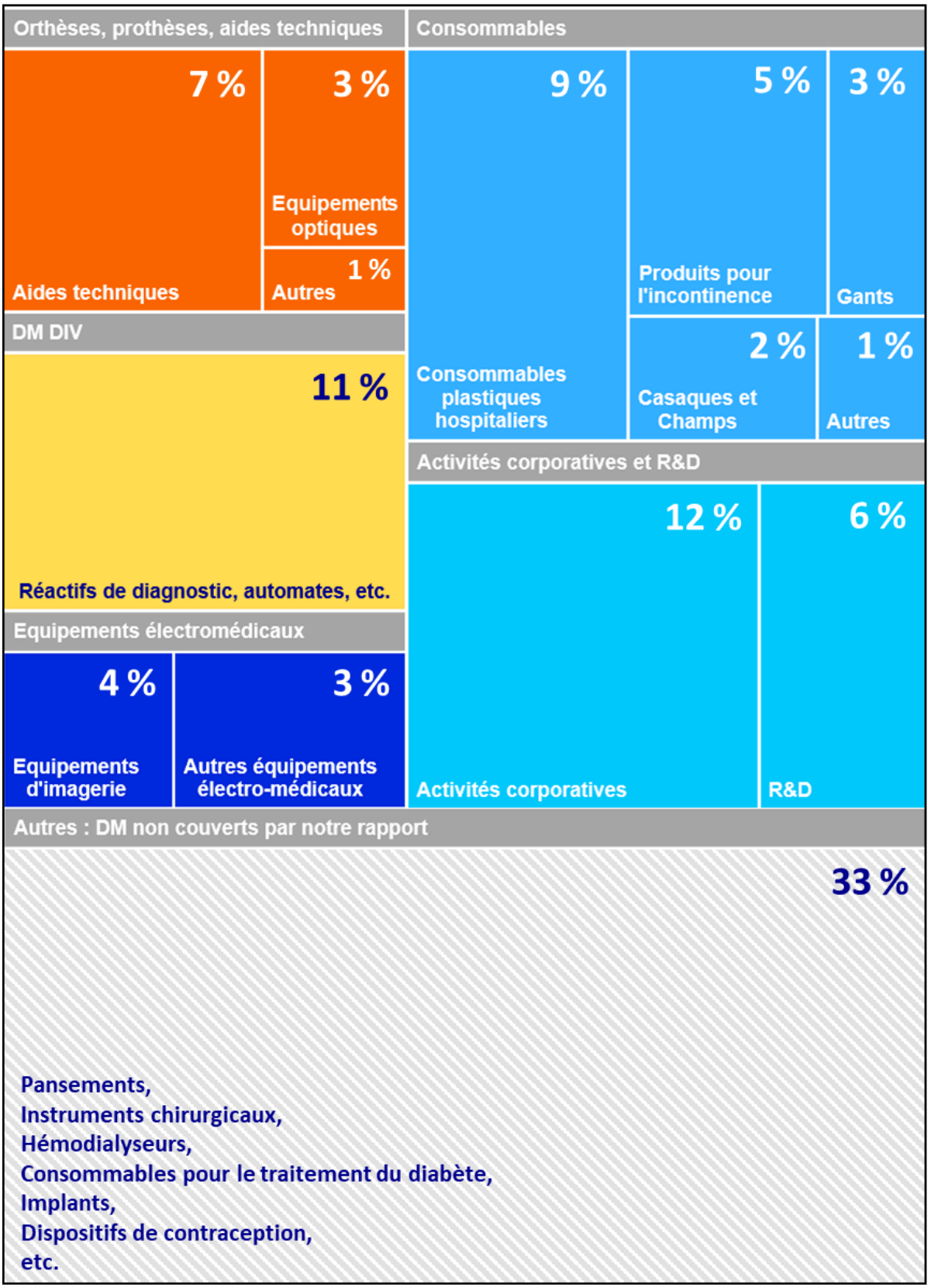


Figure 13 : *Répartition de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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 (9% des émissions) :** 74 000 tonnes de plastiques consommés annuellement en seringues, plateaux à instruments, tubulures, poches à perfusion, etc.
- **Les aides techniques[106] (7% des émissions)** : avec notamment 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 produits pour l'incontinence** pour personnes âgées **(5% des émissions)** : 1,8 milliards de protections consommées en France chaque année.

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 (intensité carbone), celles-ci s'avèrent souvent bien plus élevées** (figure 14).

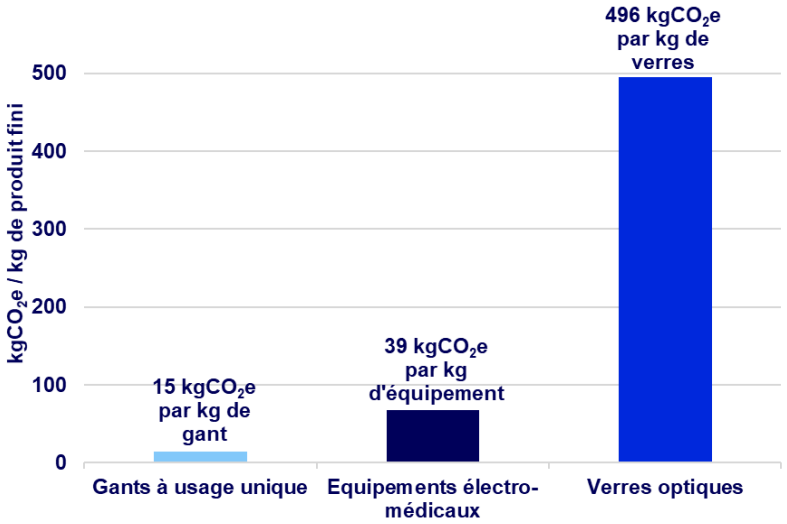


Figure 14 : *Intensité carbone massique des gants, des équipements électromédicaux et des verres optiques*
Aide à la lecture : *1 kg de gant consommé induit des émissions de gaz à effet serre de 15 kgCO₂e.*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Ainsi :

- Les verres optiques représentent par exemple une faible masse consommée, mais une intensité carbone élevée[107].
- À l'inverse, les gants à usage unique sont consommés massivement et représentent des émissions totales importantes, bien que leur intensité carbone soit plus faible.

Cette observation met en évidence la **diversité des profils d'émissions des dispositifs médicaux** : elle reflète à la fois la complexité des procédés de fabrication, le recours à des matériaux à fort impact environnemental, ou encore des exigences logistiques spécifiques. Comme nous le verrons par la suite, cette hétérogénéité justifie l'importance d'une approche différenciée dans les stratégies de décarbonation des dispositifs médicaux.

[106] Une aide technique est un équipement permettant aux personnes en situation de handicap ou aux personnes âgées de compenser les difficultés du quotidien.
[107] 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.

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), les émissions sont dominées par la **production des matières premières**, ainsi que par la **transformation de ces matières en produits finis** (Figure 15).

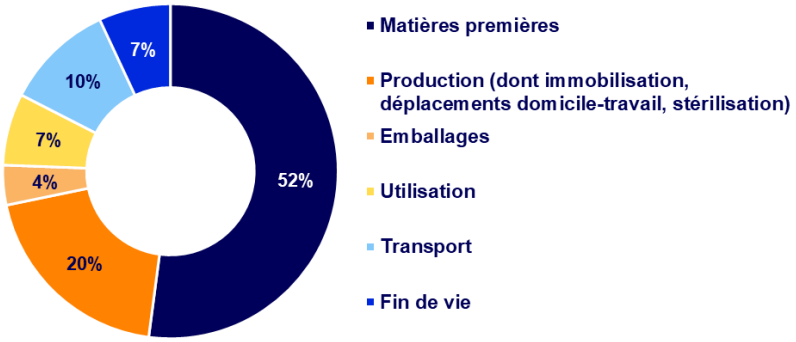


Figure 15 : *Répartition de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux couverts par notre périmètre.*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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 :

- Pour les équipements pour pathologies respiratoires, **la consommation d'électricité nécessaire à leur utilisation** représente plus de 40% des émissions induites par ces appareils ;
- Pour les défibrillateurs automatiques externes, **les déplacements pour les opérations de maintenance** représentent 35% des émissions induites ;
- Pour certains réactifs de diagnostic, **les emballages** représentent une part importante des émissions de GES.

C) Flux de matières

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

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 plus de 170 000 tonnes, **soit une consommation de 2,5 kg par Français**[108] et par an (ou **l'équivalent de la consommation annuelle en plastique de 2,5 millions de Français**[109]). 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 observe également une consommation annuelle importante de **métaux, notamment d'acier et d'aluminium**, équivalente en masse à 26 200 voitures de taille moyenne[110].

[108] D'après INSEE, Population au 1er janvier 2024. https://www.insee.fr/fr/statistiques/5225246
[109] ADEME, Plastique : peut-on s'en passer ? 2022. https://infos.ademe.fr/magazine-juillet-aout-2022/faits-et-chiffres/plastique-peut-on-sen-passer/
[110] ADEME, Car labelling, 2024. https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionMasseMoyenne

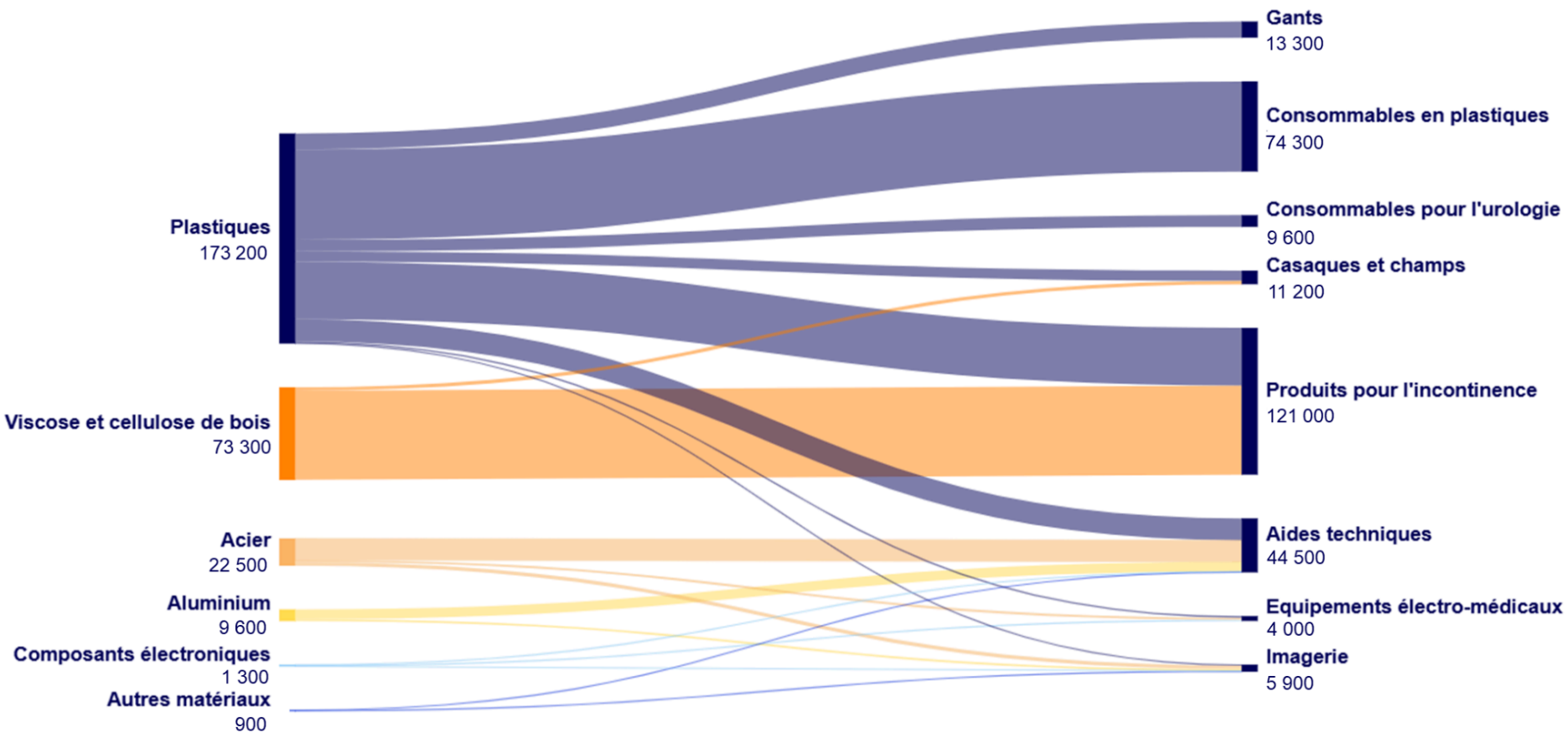


Figure 16 : *Flux de matières (en tonnes) composant les produits finis (hors emballages et pertes de matériaux lors de la production), pour les huit catégories de dispositifs médicaux représentant les plus gros volumes de matière*
Source : *The Shift Project*

D) Provenance des dispositifs médicaux

1) Où sont fabriqués les dispositifs médicaux consommés en France ?

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).

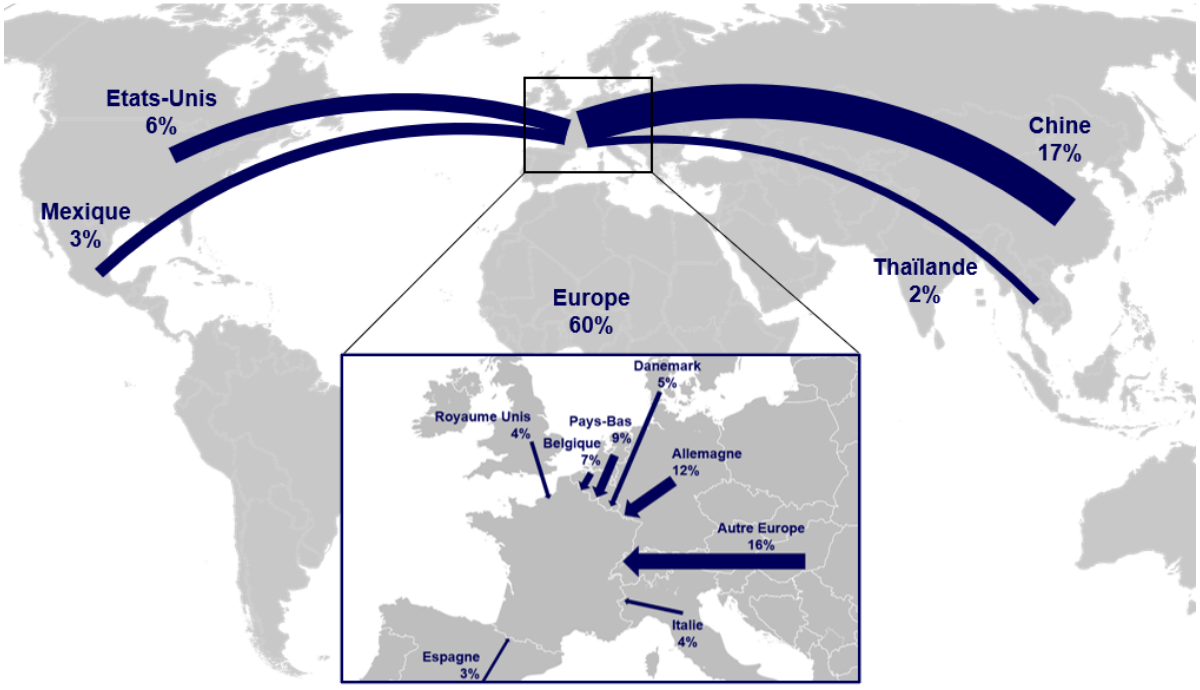


Figure 17 : *Flux d'importations de DM depuis des pays non-européens vers la France en 2023 (les importations intra-européennes ne sont pas représentées sur ces graphiques)*
Source : *The Shift Project, d'après données des douanes françaises pour 65 codes produits*

Ainsi, d'après les données des douanes françaises, plus de 285 000 tonnes de DM ont été importées vers la France en 2023[111]. **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. Une entreprise comme *Siemens Healthineers* a par exemple recours à 40 000 fournisseurs, répartis sur 120 pays[112].

[111] 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.
[112] Siemens Healthineers, Sustainability Report, 2024. https://www.siemens-healthineers.com/company/sustainability/report

2) Une empreinte carbone déterminée par la provenance

L'empreinte carbone d'un dispositif médical **dépend fortement de son pays de fabrication.** Les exemples de la figure 18 ci-dessous montrent des écarts significatifs : pour ces exemples, **une production localisée en France induit des écarts d'émissions de gaz à effet de serre entre 34% à 48% inférieure à une production en Asie.**

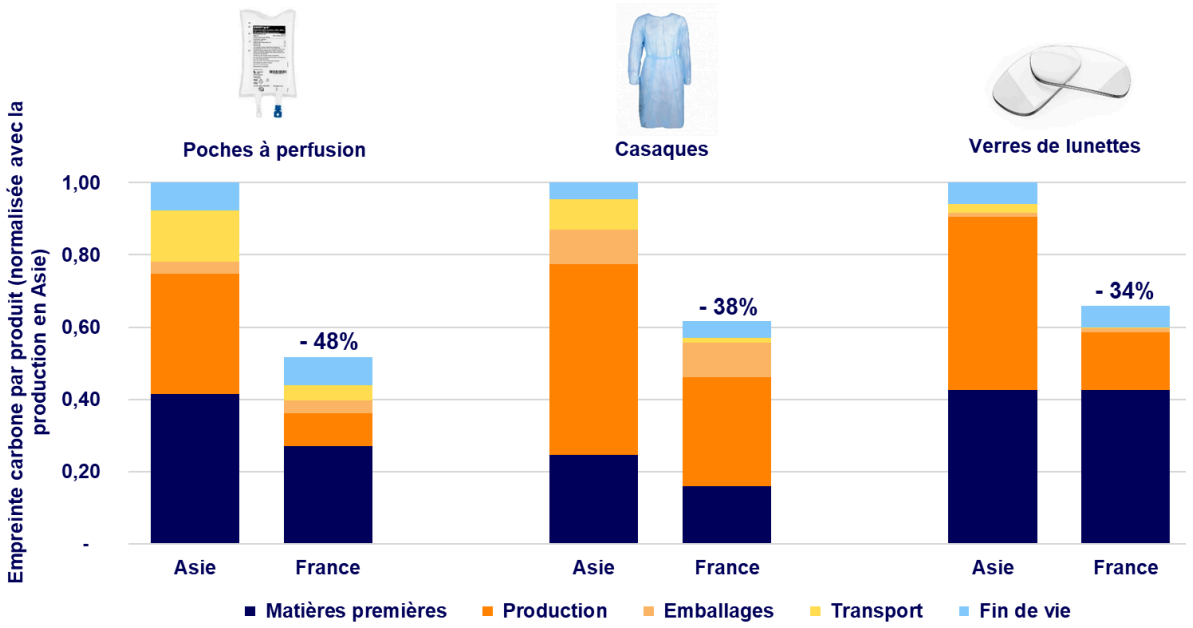


Figure 18 : *Comparaison de l'empreinte carbone en fonction du pays de production pour les poches à perfusion, les casaques et les verres de lunettes*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Plusieurs facteurs expliquent cette différence :

- **L'intensité carbone de l'énergie utilisée dans les sites de production** : l'électricité chinoise repose par exemple encore majoritairement sur le charbon, ce qui alourdit considérablement l'empreinte de la phase de production. Ainsi, à consommation électrique équivalente, les émissions de gaz à effet de serre induites sont environ trois fois plus élevées en Chine qu'en Europe, et jusqu'à douze fois plus élevées qu'en France[113].
- **L'approvisionnement en matières premières**, dont la production nécessite des consommations d'énergie, et donc induit plus d'émissions en Asie qu'en France. A titre d'exemple, la production d'un kilogramme de polypropylène en Chine génère des émissions de 55% supérieures à une production Europe, et près de trois fois supérieures dans le cas de d'une production d'aluminium[114].
- **Le transport international**, particulièrement lorsque les dispositifs sont expédiés par fret aérien. Ainsi, l'acheminement d'un kilogramme de marchandise entre Shanghai et la France émet environ 0,9 $kgCO_2e$ par fret maritime, contre 11,4 $kgCO_2e$ par fret aérien, soit plus de **12 fois plus** d'émissions pour le transport aérien[115].

[113] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
Nous approchons ici les émissions associées à la production de polypropylène en Chine par la production "hors Europe".
[114] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[115] Distance Shanghai - Le Havre pour le transport maritime et Shanghai - Paris pour le fret aérien, facteurs d'émissions de la Base Empreinte (ADEME, https://base-empreinte.ademe.fr/)

II - Comment décarboner les dispositifs médicaux ?

En raison des difficultés liées aux prévisions des évolutions des consommations de dispositifs médicaux d'ici, ce rapport examine comment baisser les émissions de gaz à effet de serre à ***production constante****.*

A) Quel potentiel de décarbonation pour les dispositifs médicaux d'ici 2050 ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les consommations de dispositifs médicaux pourraient potentiellement diminuer de 72% par rapport à 2025**. La figure 19 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

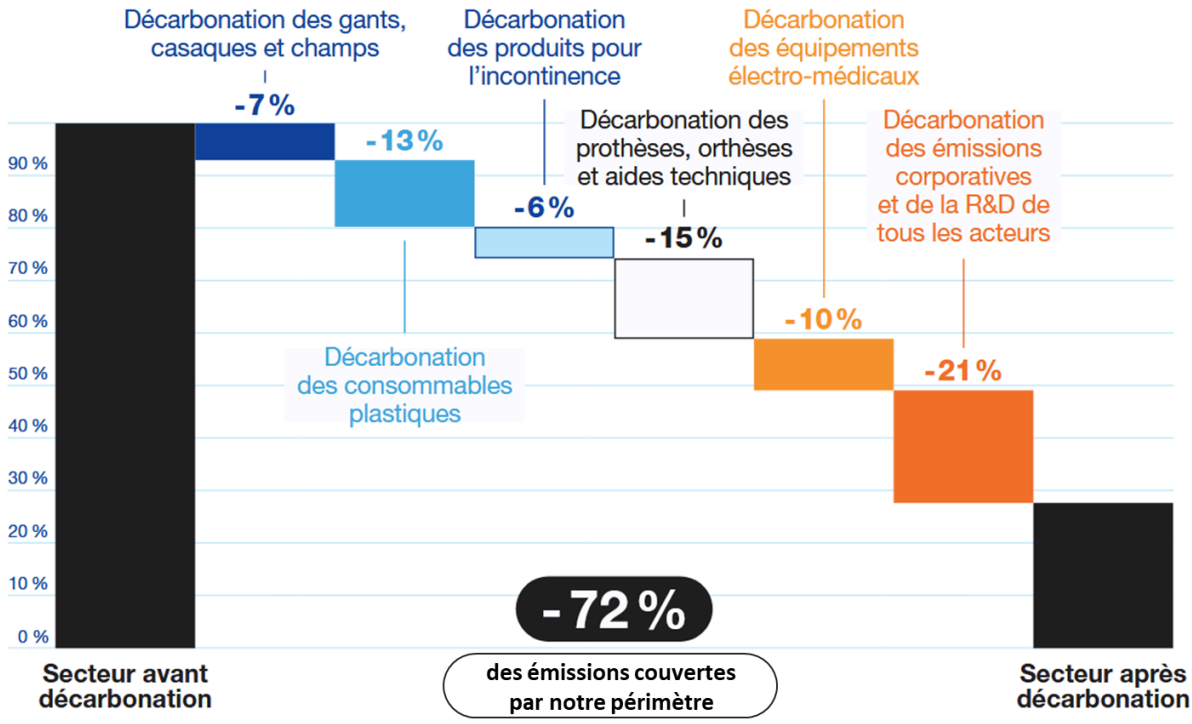


Figure 19 : *Evolution des émissions annuelles des dispositifs médicaux couverts dans notre périmètre d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*
Aide à la lecture : *La décarbonation des gants, des casaques et des champs (dont les émissions peuvent diminuer de 76%, voir infra), participe à baisser de 7% les émissions des industries couvertes par notre périmètre.*

Au vu de ces résultats, nous pouvons en déduire que **tous les dispositifs médicaux ont leur rôle à jouer dans la décarbonation** : consommables plastiques, équipements d'imagerie, orthèses, prothèses, aides techniques, implants, instruments, DM de diagnostic in-vitro.

De plus, il est nécessaire de décarboner non seulement les activités liées à la production mais aussi les activités corporatives et la R&D.

Encadré 4 : Une modélisation sans projection de l'évolution des consommations

L'évolution des émissions de gaz à effet de serre entre 2025 et 2050 ne dépend pas uniquement de la décarbonation des productions existantes. Elle dépend également :

- **De l'évolution de la demande** en dispositifs médicaux, et notamment vis-à-vis :
  - Du vieillissement de la population ;
  - De l'augmentation tendancielle des pathologies chroniques[116] (diabète, pathologies respiratoires, pathologies rénales, etc.) particulièrement demandeuses en dispositifs médicaux ;
  - D'une potentielle diminution du gâchis et de certains usages non pertinents.
- **De l'évolution de l'offre** de dispositifs médicaux, et notamment vis-à-vis :
  - De l'augmentation de certains dépistages,
  - De l'usage du numérique et de l'intelligence artificielle.

En raison des difficultés liées aux prévisions de ces évolutions, ce rapport examine comment baisser les émissions de gaz à effet de serre à **production constante**. Autrement dit, nous étudions comment il serait possible de décarboner la production actuelle de dispositifs médicaux. En cas d'évolution significative de ces consommations, une mise à jour de nos conclusions sera nécessaire.

B) Quels leviers mettre en place pour y arriver ?

1) Des stratégies adaptées à la diversité des dispositifs médicaux

En raison de la grande variété des dispositifs médicaux, il n'existe **pas de solution unique** ; chaque industrie de DM requiert ses propres leviers de décarbonation, étant donné qu'elles présentent chacune des contraintes techniques, réglementaires et logistiques différentes.

Nos travaux ont permis d'identifier, pour chaque catégorie de produits, des stratégies différenciées de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Ces leviers sont analysés en détail dans le Chapitre 4. Résultats par catégorie. Mais ils doivent également être envisagés avec une perspective plus large. Notre analyse a en effet mis en évidence l'existence de leviers génériques et transversaux. Ces derniers n'agissent pas sur une étape spécifique de la chaîne de valeur, mais relèvent d'une **approche systémique** : organisation industrielle, structuration des filières, ou encore mécanismes d'incitation. Leur rôle est fondamental pour viser à soutenir et accompagner une décarbonation plus active de l'ensemble du secteur des dispositifs médicaux.

[116] ANACT, Maladies chroniques évolutives (MCE), 2025. https://www.anact.fr/maladies-chroniques-evolutives-mce

2) Un levier en commun : engager les fournisseurs

L'industrie du DM repose sur des fournisseurs mondialisés issus de nombreux secteurs différents: plasturgie, métallurgie, textile, électronique, logistique, stérilisation, mécanique[117].

Ainsi, la décarbonation de l'industrie des dispositifs médicaux ne peut se limiter à ses sites de production, **elle doit également s'appuyer sur un engagement massif des fournisseurs et sous-traitants.**

La décarbonation passe ainsi par une **coopération renforcée avec les fournisseurs**. Cela implique la co-construction de plans de réduction des émissions, l'intégration de critères carbone dans les appels d'offres, et le développement de programmes collaboratifs. L'objectif est d'aligner l'ensemble des acteurs sur une trajectoire de décarbonation commune.

a) Embarquer les fournisseurs dans une stratégie de décarbonation

Il est essentiel de privilégier les **fournisseurs engagés dans une stratégie active de décarbonation**. Cela peut passer par le choix de fournisseurs ayant initié une trajectoire certifiée, comme la démarche **Science-Based Targets initiative (SBTi)** ou une certification **Ecovadis**. À défaut, un accompagnement peut être mis en place pour co-construire avec eux une trajectoire de décarbonation, adaptée à leur secteur et à leur maturité.

b) Choix des fournisseurs plus vertueux

L'intégration de critères environnementaux dans les politiques d'achat est un levier majeur. Le choix des fournisseurs doit reposer non seulement sur la performance économique ou technique, mais aussi **sur l'impact carbone de leurs produits et procédés**. Cela implique de disposer de données fiables sur l'empreinte des matériaux couramment utilisés (plastiques, métaux, textiles), et donc de disposer de référentiels sectoriels de calculs d'empreinte pour les matières premières.

Par ailleurs, la production des matières premières est fortement consommatrice d'énergie. Le **choix du lieu de production** est donc déterminant : privilégier une fabrication dans des pays disposant d'un mix électrique faiblement carboné, comme la France ou certains autres pays européens, permet de réduire significativement l'empreinte carbone amont de ces consommables. Néanmoins, le choix de fournisseurs plus vertueux et/ou basés en France ou en Europe peut avoir un impact négatif sur les coûts de production pour les industriels. C'est pourquoi les critères environnementaux dans les appels d'offres hospitaliers doivent **avoir un poids suffisamment important,** en tenant **compte de la part des matières premières dans l'empreinte carbone et de leurs lieux de production,** pour inciter efficacement les fabricants. Nous reviendrons sur les incitations pour les industries plus bas dans la section dédiée.

[117] SNITEM, Panorama 2023 et analyse quantitative, 2024.
https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2024/02/Snitem-Panorama-chiffre-des-DM-2023.pdf

c) Programmes collaboratifs et développement de la capacité des fournisseurs

Au-delà de la sélection de partenaires déjà vertueux, il est nécessaire d'initier des **programmes collaboratifs** pour faire monter en compétence l'ensemble des fournisseurs sur le sujet de la décarbonation. Cela peut prendre la forme de partage de bonnes pratiques, d'ateliers thématiques réunissant industriels et sous-traitants, ou encore de formations techniques sur la mesure et la réduction des émissions (calculs d'ACV, de Scope 3, outils de modélisation du cycle de vie). Ces actions collectives peuvent être pilotées par des pôles de compétitivité, des associations professionnelles ou des groupements d'industriels.

3) Une décarbonation qui doit couvrir tous les aspects de la chaîne de valeur

Pour être pleinement efficace, **la décarbonation doit couvrir chaque maillon de la chaîne de valeur**, de la production des matières premières à la logistique, en passant par l'énergie consommée et la gestion de la fin de vie.

Concrètement, nous avons identifié des leviers mobilisant l'ensemble de la chaîne de valeur des dispositifs médicaux :

- **Des leviers pour décarboner les matières premières** : par exemple, pour les DM à usage unique majoritairement composés de plastique (seringues, tubulures), la substitution vers des polymères à plus faible intensité carbone ou l'approvisionnement local (notamment en France) constitue un levier pertinent ;
- **Des leviers pour décarboner les procédés de production** : par exemple en remplaçant les presses à injection de plastique hydrauliques par des modèles électriques, plus sobres en énergie ;
- **Des leviers pour décarboner les emballages** : par exemple, via l'écoconception des emballages et l'augmentation de la recyclabilité ;
- **Des leviers pour décarboner la logistique :** par exemple, en diminuant le recours à l'aérien pour les équipements d'imagerie ou pour les dispositifs optiques, aujourd'hui majoritairement transportés par voie aérienne ;
- **Des leviers pour décarboner les consommations énergétiques des équipements** : par exemple, en développant des logiciels optimisant les consommations pendant les modes veille des équipements ;
- **Des leviers pour promouvoir des alternatives plus vertueuses :** par exemple, en concevant puis en mettant en avant des instruments chirurgicaux réutilisables ;
- **Des leviers prenant en compte la fin de vie** : par exemple, en augmentant les durées de vie[118] des fauteuils roulants et des équipements électro-médicaux, et en développant les filières du reconditionnement ;
- **Des leviers pour décarboner les activités corporatives** : par exemple, en développant les flottes de véhicules électriques des collaborateurs terrains.

La décarbonation doit donc porter sur l'ensemble des étapes de la chaîne de valeur et les acteurs impliqués dans la chaîne de valeur des dispositifs médicaux doivent agir rapidement

[118] Ce qui aura un impact sur la fin de vie, mais également sur la production des DM en réduisant les besoins et donc les quantités produites

et avec détermination en mobilisant tous les leviers : **aucun n'est optionnel, tous sont nécessaires**.

Nos résultats permettent d'identifier **les leviers à prioriser**, qui présentent le plus fort potentiel de réduction d'émissions.

4) Favoriser les industries française et européenne : quels critères pour une relocalisation ?

Dans nos résultats présentés précédemment, nous avons montré qu'une production française et européenne de dispositif médicaux génère moins d'émissions de gaz à effet de serre qu'une production localisée en Asie. Aussi, notre rapport propose **un cadre analytique destiné à orienter les décisions de relocalisation** vis-à-vis des enjeux environnementaux.

Nous proposons ainsi de relocaliser en priorité :

- les dispositifs stratégiques pour des enjeux de souveraineté sanitaire,
- les produits à forte valeur ajoutée dont la distribution repose largement sur le transport aérien,
- les matières premières essentielles pour la production des dispositifs médicaux.

Cas n°1 : Enjeu de souveraineté sanitaire	Cas n°2 : Forte valeur ajoutée et dépendance au fret aérien	Cas n°3 : Enjeu de matière première	Cas n°4 : Relocalisation à envisager sur le long terme
➢ Forte production asiatique ➢ Enjeu de souveraineté mis en lumière pendant le Covid	➢ Forte production asiatique ou américaine ➢ Forte valeur ajoutée ➢ Pas d'alternatives à l'avion	➢ Forte production ou assemblage européen ➢ Enjeu sur l'origine des approvisionnements en matières premières	➢ Peu de sites de production dans le monde ➢ Production spécialisée de composants
➢ Exemple : masques, compresses, casaques.	➢ Exemple : montures de lunettes, pacemakers.	➢ Exemple : production de plastique, d'aluminium.	➢ Exemple : composants électroniques, implants sur-mesure.

Tableau 1 : *Panorama des enjeux différenciés pour une stratégie de relocalisation ciblée*
Source : *The Shift Project 2025*

Ainsi, quatre cas sont identifiés, chacun correspondant à des dynamiques industrielles spécifiques. Ceux-ci sont présentés ci-dessous :

1) Cas n°1 : enjeux de souveraineté sanitaire

La relocalisation de certains dispositifs médicaux a d'ores et déjà été identifiée comme un enjeu majeur de souveraineté sanitaire[119].

[119] Direction Générale des Entreprises, Anticiper et prévenir les pénuries et améliorer la disponibilité des dispositifs médicaux en France, feuille de route 2025-2027.
https://www.entreprises.gouv.fr/la-dge/actualites/presentation-de-la-feuille-de-route-2025-2027-pour-garantir-la-disponibilite-des

Ainsi, les bénéfices environnementaux apparaissent aujourd'hui comme des co-bénéfices à ces enjeux sanitaires.

Aujourd'hui, 84 % des champs opératoires et jusqu'à 97 % des casaques sont importés, principalement de Chine, Malaisie, Thaïlande, Birmanie et Cambodge. Plus de la moitié des volumes de pansements utilisés en France proviennent également de Chine[120]. **La localisation des sites de production influence fortement les émissions de gaz à effet de serre :** produire en Asie engendre des émissions entre 40 % et 60 % supérieures à celles d'une production française, en grande partie en raison des mix électriques plus carbonés dans ces pays. **Le développement d'une capacité de production industrielle locale est donc essentiel pour une décarbonation effective**.

2) Cas n°2 : produits à forte valeur ajoutée dépendant du fret aérien

Certains dispositifs médicaux à haute valeur ajoutée, caractérisés par une grande diversité de références et nécessitant une livraison rapide, dépendent largement du transport aérien.

C'est le cas par exemple des montures de lunettes, largement produites en Chine[121], où la multiplicité des modèles rend difficile une suppression totale du fret aérien. De même, pour des dispositifs critiques tels que les pacemakers, dont plus de la moitié de la production est située hors d'Europe et notamment à Porto Rico, le recours systématique au transport aérien est dicté par des contraintes strictes liées à la péremption et à la sécurité.

Pour ces catégories de produits, la relocalisation constitue donc un levier indispensable à la décarbonation par la réduction du fret aérien.

3) Cas n°3 : enjeu de matières premières

La localisation des matières premières représente un facteur clé déterminant de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux.

Par exemple, près de la moitié des fauteuils roulants commercialisés en France provient de Chine et d'Inde. Or, une production d'aluminium en Chine émet en moyenne 23,6 $kgCO_2e$ par kilogramme, contre seulement 7,3 $kgCO_2e$ en Europe, soit des émissions trois fois supérieures[122].

Ainsi, **il ne suffit pas de relocaliser la dernière étape de la production,** il est impératif de **repenser la chaîne d'approvisionnement en matières premières**. Favoriser une production française ou européenne des matières premières participe à réduire significativement l'empreinte carbone des dispositifs médicaux tout en renforçant la résilience industrielle face aux tensions géopolitiques et aux perturbations logistiques.

4) Cas n°4 : enjeu de relocalisation à envisager sur le long terme

La relocalisation est un levier à envisager sur une logique de long terme. Elle nécessite la construction de nouveaux sites de production et l'élaboration d'un modèle économique

[120] 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.
[121] Estimation The Shift Project, d'après les données des Douanes françaises.
[122] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

pérenne. Ce constat est d'autant plus vrai pour certaines catégories de dispositifs médicaux nécessitant de penser une stratégie de relocalisation dans une temporalité très étendue. Par exemple, certains implants très spécifiques ne sont produits que sur un nombre restreint de sites à l'échelle mondiale. Cette concentration peut alors limiter les possibilités de relocalisation, car rapprocher la production du marché européen pourrait entraîner un éloignement d'autres marchés stratégiques, comme par exemple le marché américain.

Par ailleurs, de nombreux dispositifs reposent sur des composants hautement spécialisés, pour lesquels aucun fournisseur n'existe en Europe. C'est par exemple le cas pour les composants électroniques, dont la majorité de la production est concentrée en Asie ou aux Etats-Unis[123]. Dans ce contexte, le renforcement des compétences industrielles et des capacités de fabrication sur le long terme en France et en Europe s'avère indispensable pour préparer une relocalisation future de ce type de production.

Encadré 5 : Des co-bénéfices pour les filières du plastique, de l'acier et de l'aluminium française et européenne en difficulté

Les filières de production de plastique, d'acier et d'aluminium européenne traversent une période de fragilité industrielle[124]. Pour la première fois, l'Europe est devenue importatrice nette de résines plastiques en volume en 2022 et de produits finis en plastique dès 2021. La fermeture du dernier site français de production d'aluminium en 2022[125] illustre ces difficultés, alors que plus de la moitié de l'approvisionnement européen en aluminium (54%) dépend désormais des importations[126]. Par ailleurs, les hauts fourneaux européens sont aujourd'hui menacés de fermeture, en raison notamment d'un recul de la demande et de la concurrence exercée par une production chinoise à bas coût[127].

Cette dépendance accrue à des importations, souvent plus carbonées que les productions européennes[128], compromet les efforts européens en matière de décarbonation.

En France, la filière plasturgie représente un tissu industriel dense, avec environ 3 200 entreprises, principalement des PME, réparties sur l'ensemble du territoire. Soutenir les filières nationales et européennes permet non seulement de réduire l'empreinte carbone des produits en favorisant des circuits courts et des procédés de production plus vertueux, mais aussi de **préserver des emplois locaux et de renforcer la souveraineté industrielle**.

Encourager la décarbonation des matières premières des dispositifs médicaux, c'est donc soutenir les filières françaises du plastique, de l'acier et de l'aluminium, aujourd'hui en difficulté tout en promouvant la décarbonation de leurs productions.

---

[123] Semiconductor Industry Association, Factbook, 2022. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/05/SIA-2022-Factbook_May-2022.pdf

[124] En 2023, la production de plastique vierge en Europe a chuté de 8,3 % par rapport à 2022, et celle de plastique recyclé a diminué de 7,8%. https://plasticseurope.org/fr/2024/11/18/la-chute-de-la-competitivite-europeenne-menace-la-transition-vers-une-economie-circulaire-des-plastiques/

[125] France Culture, La filière aluminium française fragilisée par les conséquences de la guerre en Ukraine, 2022. https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/les-enjeux-territoriaux/la-filiere-aluminium-francaise-fragilisee-par-les-consequences-de-la-guerre-en-ukraine-4436760

[126] European Aluminium, données de 2022, https://european-aluminium.eu/about-aluminium/aluminium-industry/

[127] Le Monde, En Europe, la sidérurgie laminée par la crise, 2025. https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/04/15/en-europe-la-siderurgie-laminee-par-la-crise_6596195_3234.html

[128] C'est par exemple le cas de l'acier, de l'aluminium ou du plastique (Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/)

C) Des pré-requis essentiels pour faire face aux contraintes du secteur

1) Comment inciter les industries à une décarbonation effective ?

Alors que plusieurs réflexions sont actuellement engagées pour renforcer la prise en compte de l'impact environnemental dans les achats (en particulier dans les appels d'offres hospitaliers[129] [130]), il nous semble essentiel de rappeler deux conditions fondamentales pour que ces démarches soient efficaces.

a) Les critères environnementaux doivent peser suffisamment sur les appels d'offres

Premièrement, **les critères environnementaux doivent avoir un poids significatif dans les appels d'offres**.

En effet, si les décisions d'achat reposent exclusivement sur des considérations économiques, les productions plus vertueuses (en particulier les productions françaises ou européennes, aux émissions carbone plus faibles) restent fréquemment désavantagées face à des offres moins chères mais plus émissives. Les exemples passés des masques, blouses ou respirateurs pendant la crise sanitaire en sont une illustration[131].

Dans ce contexte, **nous proposons que les critères liés à l'empreinte carbone pèsent a minima pour 10 % dans la pondération des appels d'offres**, publics comme privés.

Cette recommandation s'inscrit dans le cadre des obligations légales existantes. Depuis la loi Climat et Résilience, les marchés publics doivent intégrer des clauses environnementales[132]. Il conviendrait d'aller plus loin dans leur mise en œuvre effective dans le secteur hospitalier. Pour les établissements privés, des mesures spécifiques pourraient être envisagées afin de faciliter l'intégration de ces critères dans leurs pratiques d'achat.

b) Les critères environnementaux doivent cibler les leviers les plus impactants

Dans les appels d'offres, il n'est pas nécessaire d'intégrer la totalité de l'empreinte carbone issue de l'analyse de cycle de vie des produits pour faire des choix, sachant que ces informations complètes sont rarement disponibles. Pour être rapidement opérationnels et véritablement efficaces, **les critères environnementaux intégrés aux appels d'offres doivent se concentrer sur les facteurs les plus dimensionnant dans le calcul de l'empreinte carbone de chaque type de matériel médical**.

---

[129] SNITEM et C2DS, Index DM Durable : Un outil inédit pour responsabiliser l'achat des dispositifs médicaux. 2025. https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2025/04/CP_02042025_IndexDMDurable.pdf

[130] Assurance Maladie, Schéma directeur de la transition écologique 2024 > 2027. https://www.assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/Transition%20Action%20%21%20Sch%C3%A9ma%20directeur%20de%20la%20transition%20%C3%A9cologique%20de%20l%27Assurance%20Maladie%20-%20Avril%202025.pdf

[131] Polyvia, « Made in France » : le mauvais exemple des masques, des blouses et des respirateurs, 2023. https://www.polyvia.fr/fr/economie/made-france-le-mauvais-exemple-des-masques-des-blouses-et-des-respirateurs

[132] Ministère de l'économie et des finances, 2021. https://www.economie.gouv.fr/daj/les-mesures-commande-publique-de-la-loi-dite-climat-et-resilience

Ainsi, pour les consommables, cela implique de cibler particulièrement les matières premières et la production des dispositifs médicaux. En revanche, pour les équipements électro-médicaux, la consommation d'énergie lors de l'utilisation ou le recours au fret aérien jouent un rôle plus important.

Par ailleurs, **les critères doivent être suffisamment ciblés** pour induire des transformations effectives au sein des filières industrielles. En effet, multiplier les indicateurs à évaluer diminue l'impact de chacun, tout en alourdissant les calculs et en diluant la portée des leviers d'action.

Les critères devraient donc se concentrer sur les facteurs les plus déterminants de l'empreinte carbone, tels qu'explicités dans le Chapitre 4. Résultats par catégorie.

c) Intégrer les critères environnementaux dans la LPP et l'évaluation des dispositifs médicaux

Au-delà de leur inclusion dans les appels d'offres des établissements de santé, les critères environnementaux doivent également être pris en compte dans la **Liste des Produits et Prestations remboursables (LPP)**. Ainsi, il est nécessaire d'initier des réflexions afin de proposer des **différenciations de remboursement** en valorisant davantage les produits à faible impact environnemental, ou des valorisations lors de la **fixation du prix** de remboursement fixé par le Comité économique des produits de santé (CEPS).

Par ailleurs, une intégration des enjeux environnementaux **dans les procédures d'évaluation réglementaire** des dispositifs médicaux pourrait être envisagée à l'échelle européenne. L'obtention d'un marquage CE pourrait par exemple être conditionné à la fourniture de données environnementales.

2) Consolider la recherche académique sur l'empreinte carbone des dispositifs médicaux

a) De nombreux sujets restent insuffisamment traités par la recherche académique

Un pré-requis pour identifier les leviers de décarbonation des dispositifs médicaux est la réalisation rigoureuse d'analyses de cycle de vie (ACV). Or, certains segments restent encore mal couverts par la recherche académique ou par notre rapport. C'est notamment le cas des dispositifs de diagnostic in vitro, des pansements ou des consommables liés au diabète, dont l'empreinte carbone est encore mal documentée.

b) Les analyses de cycle de vie doivent prendre en compte les spécificités industrielles

En outre, les ACV doivent impérativement intégrer les spécificités industrielles propres à ces produits. Par exemple, la fabrication d'une aiguille ne se résume pas à la production de l'acier composant l'aiguille : il faut aussi tenir compte des pertes de matière, des traitements de surface, ou des procédés spécifiques. Bien trop peu d'études intègrent par exemple l'utilisation de salles propres pour la fabrication des dispositifs médicaux.

Une analyse de cycle de vie doit prendre en compte l'ensemble de ces spécificités, **sous peine de fausser les résultats**. Ainsi, une grande partie des études actuelles comparant l'empreinte des instruments à usage unique et réutilisable sous-estiment l'empreinte des dispositifs à usage unique, ce qui fausse les conclusions et crée de la confusion quant aux recommandations d'utilisation (comme détaillé à la section Usage unique et réutilisable : quelles différences en termes d'empreinte carbone ?).

Face à ces limites, nous recommandons que les revues scientifiques exigent la conformité des ACV publiées, aux normes ISO 14040 et 14044. En parallèle, un regard critique des acheteurs est essentiel pour éviter que des résultats erronés ne soient utilisés à tort dans les décisions d'achat.

3) Une décarbonation qui doit impliquer tous les professionnels des industries

La décarbonation du secteur des dispositifs médicaux ne saurait reposer uniquement sur les départements RSE. Pour être réellement structurante, la transition doit être portée par l'ensemble des fonctions clés de l'entreprise et intégrée à sa stratégie globale.

D'abord, il est essentiel que les responsables RSE **siègent au comité de direction**, afin de peser dans les décisions structurantes. De même, **des objectifs environnementaux** doivent être intégrés aux feuilles de route de l'ensemble des dirigeants, au même titre que les objectifs économiques.

Sur le plan opérationnel, **toutes les fonctions ont un rôle à jouer** :

- **Les activités de production :** par exemple en optimisant les équipements et leurs consommations d'énergie ;
- **Les politiques d'achats :** en sélectionnant des fournisseurs engagés dans une véritable trajectoire bas-carbone ;
- **La logistique** : par exemple en réfléchissant à des méthodes afin de diminuer le recours au fret aérien ;
- **La recherche et développement** : par exemple en concevant des technologies plus sobres, comme des concentrateurs à oxygène à faible consommation ;
- **La stratégie marketing :** en assurant la promotion des produits plus vertueux, comme les instruments chirurgicaux réutilisables.

Enfin, ces transformations devront s'accompagner d'une montée en compétences des professionnels sur les sujets environnementaux. Ainsi, "*la transformation profonde des activités économiques n'aura pas lieu sans une évolution des compétences. Tous types de métiers sont concernés, de tous les niveaux de qualification et dans tous les secteurs*[133] ".

[133] The Shift Project, Former les actifs pour la transition écologique, 2025. https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/04/Former-les-actifs-pour-la-transition-ecologique-Synthese.pdf

04

RÉSULTATS DÉTAILLÉS

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

Le secteur des dispositifs médicaux se distingue par ses exigences 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 2 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	• 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	• 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 2 : *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.

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 [134].

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 20. Ainsi, **les salles propres dédiées à la production française de dispositifs médicaux consomment 0,372 TWh par an**, ce qui génère environ **35 ktCO₂e**.

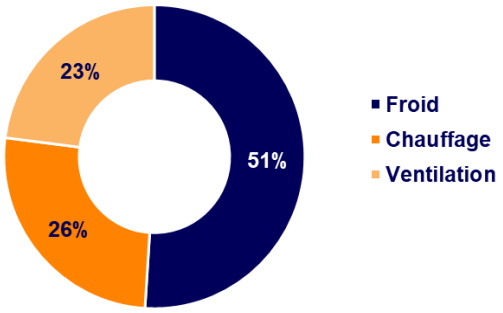


Figure 20 : *Répartition des consommations d'énergie en salles propres de classe ISO 8*
Source : *The Shift Project, d'après le "Guide de l'Ultrapropreté" (2013-2014)*

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 **4 fois plus** en moyenne en Europe, et **12 fois plus** en Chine[135].

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

[134] Aspec, EDF et ADEME, Performance énergétique en ambiance propre (2016).
[135] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

de **0,8 $ktCO_2e$** par an. Finalement, les émissions induites par les salles blanches dédiées à la production de dispositifs médicaux en France est **estimée à 41 $ktCO_2e$.**

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*[136]*)* prennent en compte cette particularité des industries de santé. La figure 21 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 médical[137], il apparaît que **l'empreinte carbone de l'injection de plastique à usage médical est entre 1,7 et 2,2 fois plus élevée que pour du plastique ordinaire**.

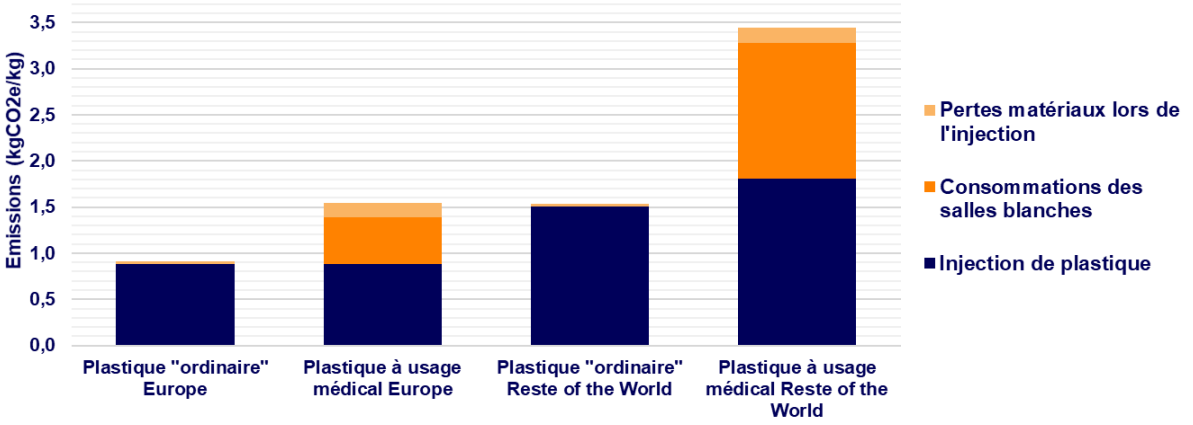


Figure 21 : *Émissions liées au moulage de plastique par injection*
Source : *The Shift Project, d'après données Ecoinvent®*[138] *et données transmises par des industriels.*

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.).

[136] Drew J & Rizan C., HealthcareLCA Database, 2022. healthcarelca.com/database
[137] Nous le verrons plus en détail à la section suivante.
[138] Ecoinvent®, Injection moulding.

Aujourd'hui, la stérilisation des dispositifs médicaux à usage unique enregistre une croissance financière annuelle de 7%[139], et repose sur quatre procédés : **l'oxyde d'éthylène** (EtO) (~55% du volume stérilisé), le **rayonnement gamma** (~35% du volume stérilisé), **l'e-beam** (~10% du volume stérilisé, voir infra), 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 22 :

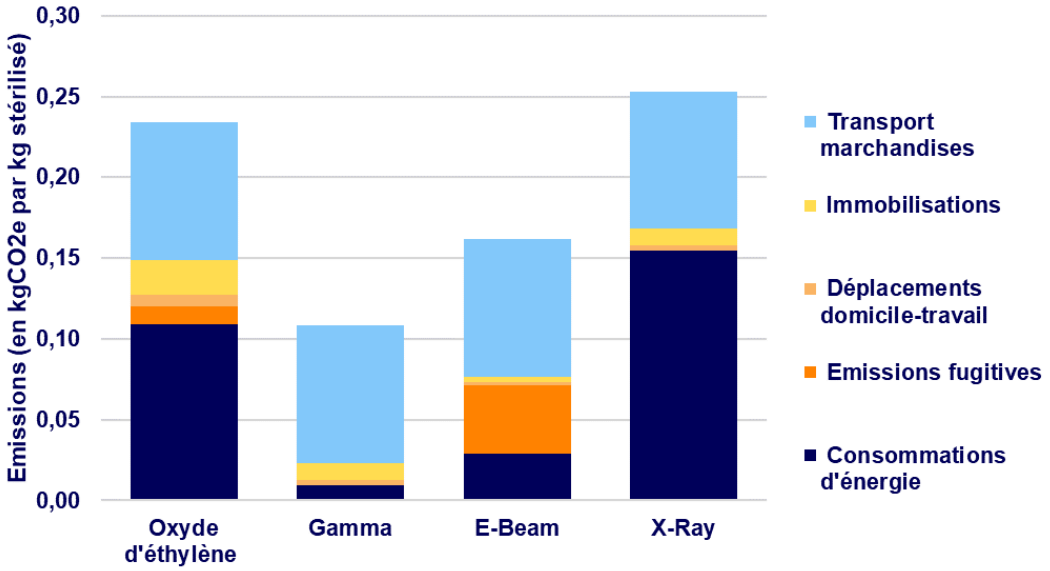


Figure 22 : *Répartition des émissions des différents modes de stérilisation industrielle*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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 conditionnement[140]. Les autres principaux contributeurs d'émissions sont les consommations d'énergie ainsi que, dans certains cas, les émissions fugitives[141].

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**

[139] IBA, 2023. https://www.iba-worldwide.com/sites/default/files/2023-03/iba-brochure-corporate-2021-fr.pdf
[140] 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.
[141] 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.

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 menacée[142]. 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 vie[143].

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 (SF_6), qui est un gaz permettant 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 SF_6 contribue autant aux émissions que 23 000 kilogrammes de CO_2). 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*[144] et 34% des scopes 1 et 2 de l'entreprise *Ionisos*[145].

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 gamma[146].

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.

---

[142] Aurora, https://www.aurora-sterilisation.com/industries/
[143] Commission canadienne de sûreté nucléaire, 2017. https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/fra/resources/research/technical-papers-and-articles/2017/candu-reactors-long-term-operation-and-refurbishment/
[144] IBA, http://www.iba-dynamitron-lifesf6free.com/
[145] Ionisos, Sustainability report, 2023. https://www.ionisos.com/wp-content/uploads/2023/11/Sustainability-report-2022-1.pdf
[146] 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/goronzy2/docs/gipa-aug17.pdf

De plus, les industries des dispositifs médicaux ont parfois recours à des matériaux dits « à usage médical » ou « de grade médical » (par exemple, du polypropylène de grade médical). Ces matériaux présentent des coûts sensiblement plus élevés que leur équivalent sans grade médical[147], ce qui reflète des spécifications réglementaires plus strictes, mais aussi, dans certains cas, des procédés de fabrication plus complexes : contrôles supplémentaires nécessitant l'intervention de techniciens spécialisés, équipements industriels de haute précision, ou encore protocoles de polymérisation plus rigoureux. Ces exigences sont susceptibles d'induire une empreinte carbone plus importante. Cet effet n'a toutefois pas été pris en compte dans notre rapport : certains résultats pourraient donc être sous-estimés.

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 3). 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 3 : *Exemple de traitements de surface ou revêtements utilisés*

3) Tests, contrôles qualité et taux de pertes

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.

Par ailleurs, la petite taille de nombreux dispositifs médicaux nécessite l'utilisation de moules à injection comportant un grand nombre de cavités, ce qui multiplie le risque de défauts ou de non-conformités au cours de la production. Ces contraintes techniques, associées aux exigences de conformité, se matérialisent également par **des taux de pertes et de rebuts**

[147] Ainsi, 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 (d'après https://fr.made-in-china.com/)

relativement élevés. Les pertes pour l'injection de plastique à usage médical sont par exemple d'environ 3%[148], contre 0,6% en moyenne pour une injection de plastique ordinaire[149]. Ces pertes s'appliquent également aux produits finis, on observe par exemple :

- Des taux de rebut de 1 à 7% pour les masques chirurgicaux[150] ;
- Des taux de rebut de 5 à 15% pour des éléments de verrerie[151] ;
- 10% de volume de production supplémentaire pour compenser les pièces non conformes dans la production de pièces métalliques à usage aéronautique, défense et médicale[152].

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 4 : *Exemple de processus de nettoyage utilisés*

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.

[148] Données transmises par un industriel
[149] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[150] 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/
[151] Kaizen, Reducing Scrap in Medical Devices Production. https://kaizen.com/insights/reducing-scrap-medical-devices/
[152] Mpanza, Zanele, Identifying the root causes contributing to defects in order to minimize scrap. 2016. https://ieomsociety.org/ieom_2016/pdfs/318.pdf

II - Consommables à usage unique

Les **consommables à usage unique** désignent l'ensemble des dispositifs médicaux utilisés une seule fois avant d'être jetés, qu'ils soient stériles ou non. Ils représentent **une part significative des volumes consommés** dans le système de santé, tant en ville qu'à l'hôpital, et contribuent donc de manière non négligeable à l'empreinte carbone du secteur.

Dans cette partie, nous analysons en détail **l'empreinte carbone** associée à plusieurs grandes familles de consommables :

- les gants, casaques et champs opératoires ;
- les consommables plastiques utilisés à l'hôpital ;
- les consommables pour l'urologie et la stomathérapie utilisés en ville ;
- les protections pour l'incontinence ;
- les consommables pour plaies et cicatrisation ;
- Et, plus brièvement, nous évoquons les autres consommables non traités dans le détail dans ce rapport.

Enfin, nous identifions les **leviers de décarbonation** de ces dispositifs, qu'ils soient propres à une catégorie de produits ou transversaux à l'ensemble des consommables à usage unique.

A) Quelle empreinte carbone des consommables à usage unique ?

1) Gants, casaques et champs opératoires

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

Parmis ces 3 catégories, **nous incluons dans notre étude les équipements de protection individuelle (EPI)**[153] 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 dans notre périmètre, faute de données de consommation pour ces produits de santé, les masques, les surchaussures, les charlottes et bonnets, ou les autres équipements d'habillement à usage unique.

a) Consommations annuelles

Faute de base de données structurée de consommation nationale, il est difficile d'identifier précisément les consommations par le système de santé de casaques, de gants, de masques, etc.

[153] 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.

À partir de données collectées auprès d'établissements hospitaliers, nous estimons les **consommations hospitalières de gants à usage unique à environ 3,3 milliards par an**. La majorité de ces gants sont des gants d'examen, en nitrile ou en PVC. Nous estimons également les **consommations de casaques chirurgicales à environ 35 millions par an**. Enfin, nous estimons les **consommations annuelles de champs opératoires à 92 millions de mètres carrés**, soit une surface du même ordre de grandeur que la ville de Paris.

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 5 ci dessous :

Consommation en millions d'unités	Gants	Casaques	Champs opératoires (unité = 1 m2)	Masques
Consommations hospitalières	2 560	35	92	Non estimé faute de données
Cabinets de chirurgiens dentistes	570			280
Cabinets de médecine générale	210			70

Tableau 5 : *Estimation des consommations de gants, de casaques, de masques et de champs opératoires en ville et à l'hôpital*
Source : *The Shift Project*

b) Estimation de l'empreinte carbone

Nous estimons que le total de **ces consommations sont responsables de l'émission de 370 ktCO₂e par an**, décomposée comme suit (figure 23) :

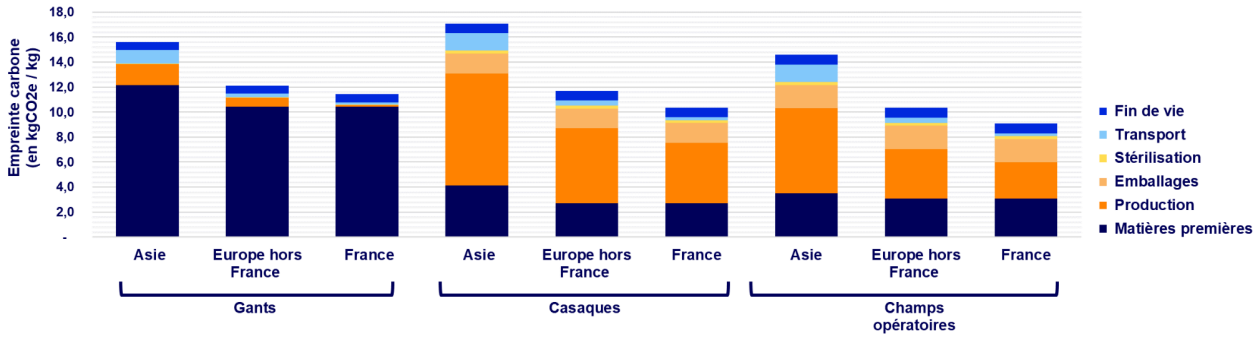


Figure 23 : *Répartition des émissions par kg de gants, de casaques ou de champs opératoires, selon le lieu de production*
Source : *The Shift Project*

Les émissions dépendent du lieu de fabrication : ainsi, **une production en Asie induit des émissions entre 40% et 60% 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 est fabriquée hors Europe et importée : 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 casaques, viscose 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** constituent une part importante de l'empreinte des champs et des casaques, puisqu'ils 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, notamment dans le cas où ces produits sont assimilés à des DASRI[154]. En effet, le traitement des DASRI induit des émissions 2,4 fois plus importantes que celui des déchets conventionnels[155], une différence imputable à des modalités de gestion spécifiques, telles qu'une logistique dédiée et une incinération systématique dans des centres spécialisés.

2) Consommables à usage unique en plastique utilisés à l'hôpital

Nous étudions ici les émissions induites par les consommables en plastique utilisés dans les établissements hospitaliers : plateaux à instruments, seringues, tubulures, poches à perfusion, etc. La figure 24 ci-dessous donne la répartition des masses de ces consommables par catégorie:

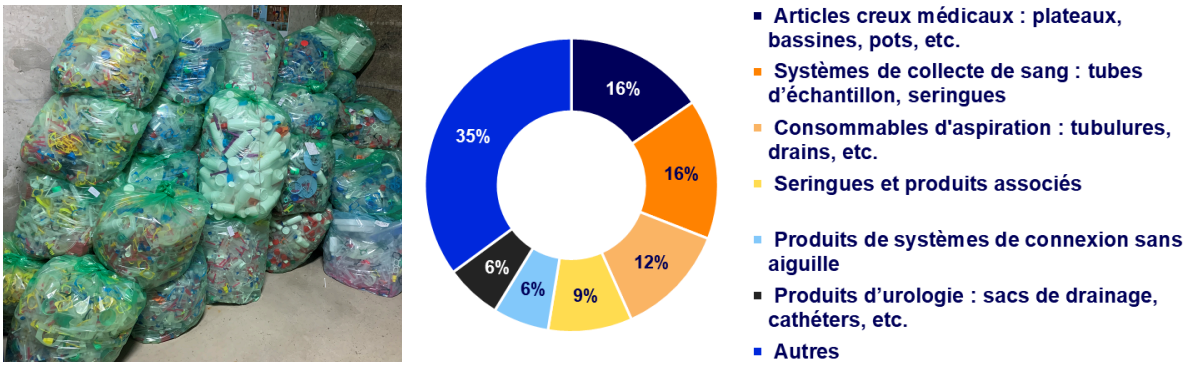


Figure 24 : *Collecte des déchets en plastique de l'hôpital Trousseau (à gauche), et répartition des masses de consommables en plastique à usage unique à l'hôpital (à droite)*
Source : *AP-HP, The Shift Project*

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 hospitaliers[156] [157] [158]: Il en ressort que **47% des déchets hospitaliers sont 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), les protections pour l'incontinence et les consommables

[154] 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.
[155] ADEME, Base Empreinte (*DAS/Incinération - Impacts* et *Ordures ménagères résiduelles/Fin de vie moyenne - Impacts*). https://base-empreinte.ademe.fr/
[156] Healthcare Without Harm, Measuring and reducing plastics in the healthcare sector, 2022. https://europe.noharm.org/media/4544/download?inline=1
[157] NHS, Is Green the New Blue?, 2020. https://swsenate.nhs.uk/wp-content/uploads/2020/01/Datagreen-is-the-new-blue2-1.pdf
[158] 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

pour plaies et cicatrisation (traités plus bas), nous estimons que **les dispositifs médicaux à usage unique en matière plastique représentent une consommation annuelle d'environ 74 000 tonnes**. Comme montré sur la Figure 25, 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 640 $ktCO_2e$. La majeure partie de ces émissions provient des **matières premières**, c'est-à-dire de la production de granulés de plastiques, ainsi que de la **transformation des matières premières** (et notamment lorsque celle-ci a lieu en salles blanches). Les **emballages** ne représentent pas une part très importante des émissions en moyenne, à l'exception de certains produits comme les seringues qui représentent une part substantielle de l'empreinte carbone.

Les émissions liées au **transport et à la livraison** représentent 15% des émissions totales. 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 ⅔ des émissions liées au transport.

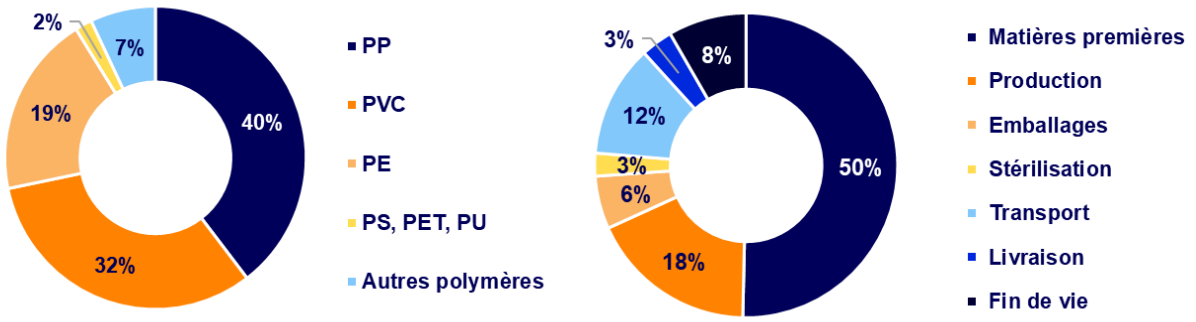


Figure 25 : *Répartition des plastiques et polymères utilisés (à gauche), et répartition des émissions des consommables en plastiques consommés à l'hôpital (à droite)*
Source : *The Shift Project*

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 DASRI[159], dont l'élimination génère davantage de GES.

3) Consommables pour l'urologie et la stomathérapie

Environ 90 millions de sondes urinaires sont remboursées chaque année par l'Assurance Maladie, et entre 80 000 et 100 000 personnes vivent avec une stomie[160]. Ainsi, les consommations de dispositifs pour l'urologie (sondes, poches de drainage) et pour stomie (poches, supports) représentent des volumes de consommations significatifs. **Nous estimons que ces consommations sont responsables d'émissions annuelles de 80 $ktCO_2e$**, réparties comme montré sur la figure 26.

[159] 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.
[160] HAS, Évaluation du repérage préopératoire du site de la stomie, 2022. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2022-04/cadrage_reperage_preop_stomie.pdf

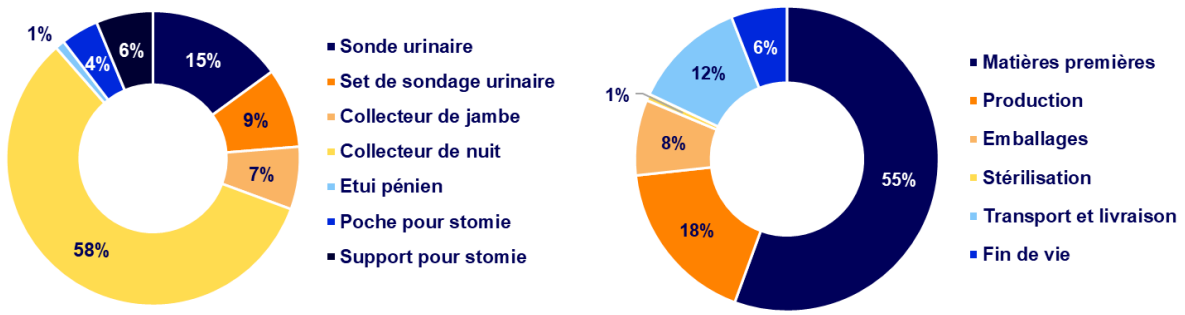


Figure 26 : *Répartition des émissions des dispositifs urologiques et de stomathérapie, par type de produit (à gauche), et source d'émissions (à droite)*
Source : *The Shift Project*

Encore une fois, on retrouve des émissions dominées par **la production de matières premières** plastiques (polyéthylène, polyuréthane, etc.) et par **les procédés de transformation**, ainsi que, dans des proportions moindres, les transports, les emballages et la fin de vie.

4) Consommables pour plaies et cicatrisation

Nous n'avons pas réalisé pour ce rapport une analyse complète de l'empreinte carbone des pansements et des autres consommables pour plaies et cicatrisation consommés en France. Toutefois, compte tenu des volumes importants consommés en France, nous souhaitons inclure ces produits dans des travaux complémentaires futurs.

En 2023, les pansements représentaient environ **1 milliard d'euros de dépenses en France** (dont 38% pour les pansements hydrocellulaires), ce qui représente plus de 10 km^2 de bandes de compression, 12 km^2 de compresses (pour 1,5 milliards d'unités) et 2,2 km^2 de pansements hydrocellulaires.

Plus de la moitié des volumes de pansements importés en France proviennent de Chine[161]. Bien que nous ne l'ayons pas démontré, les résultats observés dans d'autres analyses (par exemple dans la section sur les gants, casaques et champs opératoires) laissent penser que l'empreinte carbone d'une production française ou européenne serait significativement plus faible que celle d'une production en Asie.

Ce constat est particulièrement pertinent dans le cas des pansements, dont la fabrication repose sur des procédés techniques spécifiques et des environnements de production en salles propres, fortement consommateurs d'énergie. À titre d'exemple, les étapes de production représentent à elles seules environ 18 % de l'empreinte carbone des bandes de compression, et près de 41 % de celle des compresses (dont les consommations françaises représentent **des émissions annuelles de respectivement 15 $ktCO_2e$ et 7 $ktCO_2e$**), comme montré sur la figure 27 :

[161] 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.

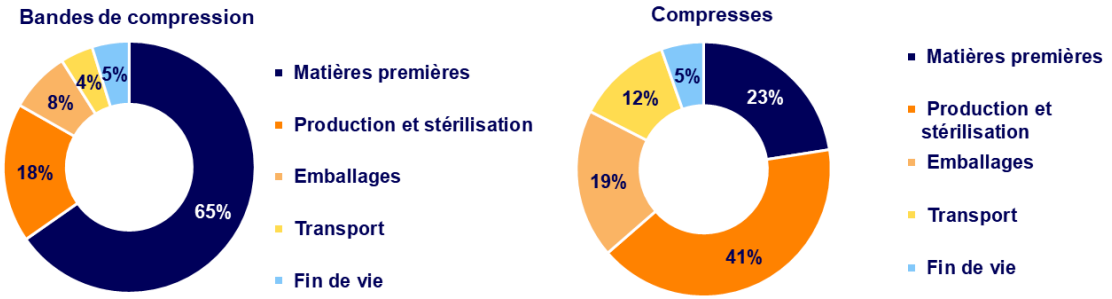


Figure 27 : *Répartition des émissions des bandes de compression (à gauche) et des compresses (à droite)*
Source : *The Shift Project*

Or, l'intensité carbone de l'électricité varie fortement d'un pays à l'autre : à consommation équivalente, les émissions de gaz à effet de serre sont environ trois fois plus élevées en Chine qu'en Europe, et jusqu'à douze fois plus élevées qu'en France[162]. **Dans ce contexte, le lieu de fabrication devient un levier majeur de décarbonation pour ces dispositifs.**

Au-delà du lieu de fabrication, le choix des **matières premières**, et également **le conditionnement de ces consommables** représentent d'autres enjeux importants. Ces éléments seront détaillés plus bas dans la section Quels leviers de décarbonation pour les consommables ?.

5) Protections pour l'incontinence

Les protections pour l'incontinence des personnes âgées représentent un volume extrêmement important de consommation de dispositifs médicaux. Environ **1,8 milliards de protections sont consommées en France chaque année[163]** réparties comme indiqué sur la figure 28 (à gauche), ce qui représente plus de 120 000 tonnes de produits. Ces protections représentent près de la moitié de l'empreinte carbone des dispositifs médicaux utilisés dans le secteur de l'Autonomie[164].

Nous estimons que les productions des protections pour l'incontinence consommées en France sont responsables de l'émission de **393 ktCO$_2$e par an,** répartie comme sur la figure 28 (à droite).

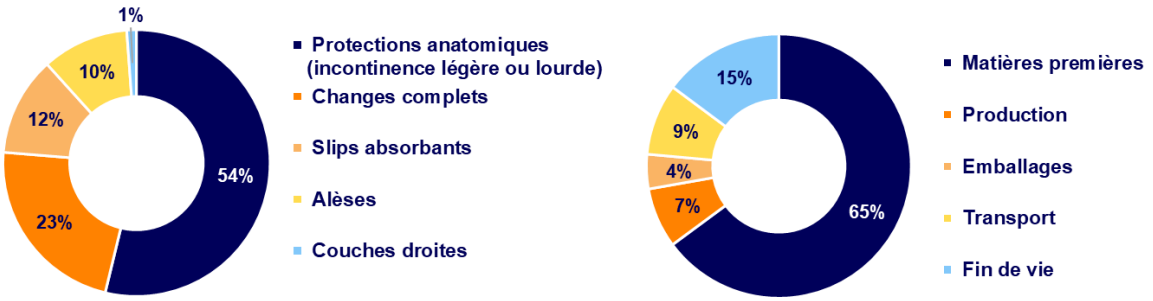


Figure 28 : *Répartition des consommations de protections pour l'incontinence (en unités) (à gauche), et répartition des émissions des protections pour l'incontinence (à droite)*
Source : *ANSES[165], The Shift Project*

[162] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[163] 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
[164] 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
[165] ANSES, Sécurité des couches pour incontinence, 2020. https://www.anses.fr/fr/system/files/CONSO2018SA0023Ra.pdf

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'Europe[166], ce qui explique la part relativement faible du transport. **La fin de vie** représente une part très significative de 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-estimée[167].

6) Autres consommables

Dans le cadre de ce rapport, nous n'avons pas pu couvrir l'intégralité du périmètre des dispositifs médicaux consommés en France.

En particulier, nous n'avons pas pris en compte :

- **Les dispositifs d'autosurveillance et d'autotraitement du diabète :**
  - 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 ;
- **Les aiguilles** (aiguilles hypodermiques, pour prélèvements, pour cathéters, à fistule, aiguilles de suture) ;
- **Les consommables multi-matériaux plus complexes**, (par exemple les hémodialyseurs) ;
- **Les dispositifs de contraception** :
  - Préservatifs masculins lubrifiés (117 millions d'unités vendues en France en 2023[168]) ;
  - Stérilets au cuivre (482 000 stérilets au cuivre remboursés en 2023).

B) Quels leviers de décarbonation pour les consommables ?

1) Quel potentiel de décarbonation pour les consommables d'ici 2050 ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les consommations de consommables à usage unique peuvent potentiellement diminuer de 72% par rapport à 2025**. La figure 29 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

[166] Données des Douanes françaises, en incluant la Turquie.
[167] 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-estimée.
[168] Santé publique France, VIH/Sida, 2024.
https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/infections-sexuellement-transmissibles/vih-sida/notre-action/

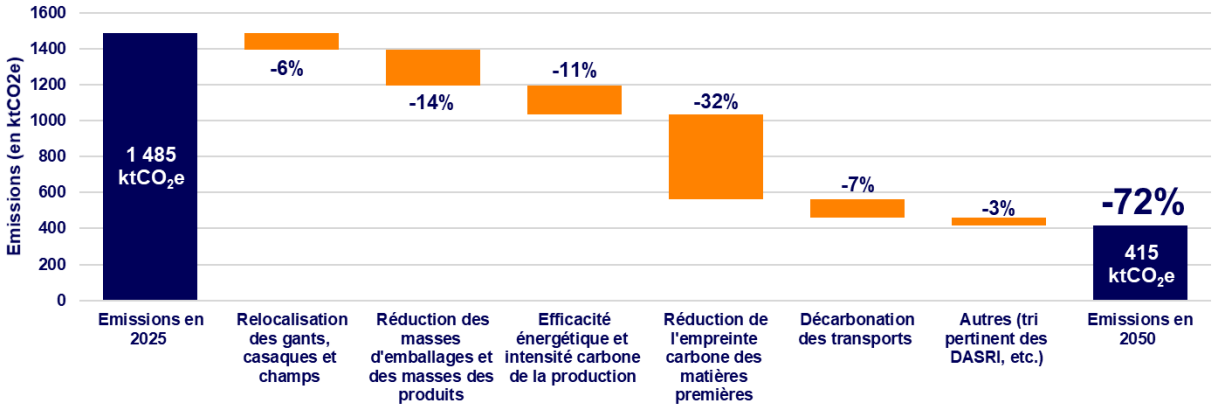


Figure 29 : *Evolution des émissions des consommables à usage unique d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **plusieurs critères structurants pour décarboner les consommables à usage unique :**

- La décarbonation des consommables est avant tout un enjeu de **matières premières**, et repose donc sur un **engagement des fournisseurs** vers des stratégies de décarbonation ambitieuses ;
- La décarbonation passe ensuite par une **relocalisation** de la production de certains consommables ;
- La décarbonation est également un **enjeu d'énergie** : ainsi, il est crucial de renforcer **l'efficacité énergétique** des procédés industriels et de privilégier les **sources d'énergie bas-carbone**.
- Enfin, d'autres leviers complémentaires sont nécessaires pour une décarbonation complète : cela inclut une **éco-conception** des produits visant à réduire les quantités de matière utilisées, la **réduction de l'empreinte des emballages**, la **décarbonation des transports** et un **conditionnement optimisé.**

Nous revenons sur ces critères dans les sections suivantes.

2) La décarbonation des consommables est avant tout un enjeu de matières premières

Les émissions des consommables sont avant tout déterminées par les émissions induites par la production des matières premières nécessaires à la fabrication des produits, et notamment au plastique.

La réduction de l'empreinte des matières premières apparaît alors comme incontournable pour la décarbonation des consommables à usage unique. Ainsi, l'engagement des fournisseurs de matières premières dans la réduction de l'empreinte carbone de leurs produits est essentiel.

Il est donc essentiel de privilégier les **fournisseurs engagés dans une stratégie active de décarbonation**, en particulier pour les fournisseurs des polymères et textiles utilisés. Cela peut passer par le choix de fournisseurs ayant initié une trajectoire certifiée, comme la démarche **Science-Based Targets initiative (SBTi)** ou une certification **Ecovadis**.

Par ailleurs, la production des matières plastiques est fortement **consommatrice d'énergie**. Le **choix du lieu de production** est donc déterminant : privilégier une fabrication dans des pays disposant d'un **mix électrique faiblement carboné**, comme la France ou d'autres pays européens, permet de réduire significativement l'empreinte carbone amont de ces consommables.

Néanmoins, le choix de fournisseurs plus vertueux et/ou basés en France ou en Europe peut avoir un impact sur les coûts de production pour les industriels. C'est pourquoi, les critères environnementaux dans les appels d'offres hospitaliers doivent avoir un poids suffisamment important, en tenant compte de la part des matières premières dans l'empreinte carbone, pour inciter efficacement les fabricants. Nous reviendrons sur les incitations pour les industries plus bas dans la section dédiée.

3) Relocalisation : enjeux de souveraineté sanitaire mais aussi enjeu environnemental

Aujourd'hui, une majorité de 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. Plus de la moitié des volumes de pansements importés en France proviennent de Chine[169].

Les émissions dépendent du lieu de fabrication : ainsi, **une production en Asie induit des émissions entre 40% et 60% supérieures à une production française** (ce qui est principalement imputable aux mix électriques plus élevés des pays asiatiques).

La relocalisation de certains sites de production est donc essentielle pour la décarbonation de certains produits.

Prenons l'exemple des gants, des casaques et des champs opératoires.

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les consommations de gants, de casaques et de champs opératoires peuvent potentiellement diminuer de 76% par rapport à 2025**. La figure 30 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

[169] 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.

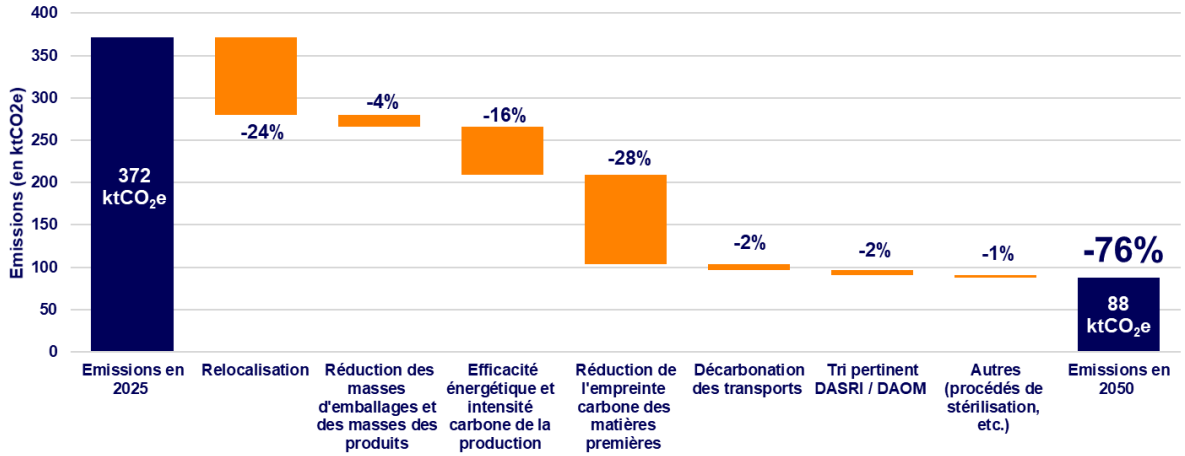


Figure 30 : *Evolution des émissions des gants, casaques et champs opératoires d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Nous estimons également que sans relocalisation, la baisse maximale ne serait que de 65 %[170].

La relocalisation représente une part significative du potentiel de réduction des émissions. Concrètement, la relocalisation se matérialise par une diminution de l'empreinte carbone de la logistique, mais surtout de celle associée aux consommations d'énergie.

L'empreinte carbone de la production des matières premières, mais aussi des procédés de transformation ou du fonctionnement des salles blanches, est en effet fortement dépendante des consommations énergétiques, et notamment des consommations électriques. Une même consommation d'électricité induit en effet 3 fois plus d'émissions de GES en Chine qu'en Europe, et 12 fois plus qu'en France[171].

Ainsi, **le développement d'une capacité de production industrielle locale est essentiel pour une décarbonation effective**.

Encadré 6 : Un exemple concret

En 2024, l'entreprise *Manikheir* a inauguré une usine de gants en nitrile à Bessé-sur-Braye, dans la Sarthe. Le site de production vise une capacité de production de 900 millions de gants par an d'ici 2026. Ce projet a reçu le soutien du plan France 2030, et a permis la création de 150 emplois[172].

Alors qu'une majorité des gants à usage unique consommés en France provient encore de Chine et de Malaisie, cet exemple témoigne de la faisabilité économique de certaines relocalisations industrielles sur le territoire national.

Comme évoqué plus haut, **la production de certains produits pour plaies et cicatrisation (compresses, pansements adhésifs, etc.) repose également en grande partie sur des**

[170] A noter que dans le scénario sans relocalisation, le potentiel associé aux autres leviers augmente : par exemple, le levier *"augmentation de l'efficacité énergétique et de l'intensité énergétique"* passe de -16% à -25% du total des émissions. Ainsi, le potentiel total sans relocalisation est de 65%.
[171] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[172] Pôle implantation, Relocalisation en Sarthe : Manikheir investit 88 Millions d'euros et crée 150 emplois ! 2024. https://www.pole-implantation.org/relocalisation-en-sarthe-manikheir-investit-88-millions-deuros-et-cree-150-emplois

importations asiatiques. Or, leur fabrication repose sur des procédés fortement consommateurs d'énergie. **De la même façon, le lieu de fabrication est donc un levier majeur de décarbonation des consommables pour plaies et cicatrisation.**

4) Enjeu énergétique : efficacité des procédés industriels et sources d'énergie bas-carbone

Les sites de fabrication doivent également mettre en place des **mesures ambitieuses d'efficacité énergétique**, afin de réduire leurs consommations d'énergie.

Parmi les leviers d'amélioration, on peut citer :

- La modernisation des équipements industriels ;
- La récupération et la valorisation de chaleur ;
- Le recours à l'éclairage LED intelligent, piloté en fonction des plages horaires et de la présence dans les ateliers ;
- Le remplacement des presses à injecter hydrauliques par des presses à injecter électriques ou hybrides, dont les consommations d'énergies sont de l'ordre de 40% plus faibles ;
- L'automatisation de la gestion énergétique, via des systèmes de management de l'énergie conformes à la norme ISO 50001.

Encadré 7 : Un exemple concret : l'efficacité énergétique des salles propres

Les salles propres sont des environnements contrôlés où la concentration de particules dans l'air est maintenue à un niveau très bas. La production en salle propre induit des émissions de GES significatives, notamment via une **consommation d'énergie** très importante pour répondre aux exigences de ventilation, de climatisation, de gestion de l'humidité et de chauffage des espaces.

Plusieurs actions sont recensées[173] pour réaliser des économies d'énergie très significatives, et notamment :

- L'isolation des réseaux pour éviter les déperditions thermiques ;
- Le redimensionnement des filtres et conduits d'air afin de diminuer les pertes de charge et la puissance nécessaire aux ventilateurs ;
- La mise en place de systèmes de veille automatique ou manuelle pour réduire le débit d'air en dehors des périodes de production ;
- Le contrôle de l'étanchéité et la maîtrise des fuites.

Par exemple, sur un site pharmaceutique doté de 240 m² de salle propre, la mise en œuvre conjointe de plusieurs actions – optimisation des ventilateurs, de la climatisation, du chauffage et de l'humidification – a permis d'atteindre une réduction de 49 % de la consommation énergétique annuelle. Notons que la majorité de ces mesures présente une durée inférieure à trois ans avant d'obtenir un retour sur investissement positif, et parfois moins inférieure à un an.

[173] ASPEC, EDF, ADEME, Performances énergétiques en ambiances propres, 2016.

En parallèle des efforts d'efficacité énergétique, les industries des dispositifs médicaux doivent s'attacher à consommer une énergie dont **l'intensité carbone est la plus faible possible.**

Cette recherche d'une faible intensité carbone peut se concrétiser par une relocalisation vers des pays à faible mix électrique, comme mentionné précédemment. Un autre levier majeur réside dans **l'électrification des procédés industriels**, en particulier lorsqu'ils reposent encore sur des énergies fossiles telles que le fioul ou le gaz. Cette électrification peut notamment concerner le chauffage, la production de vapeur ou les procédés thermiques.

Enfin, les industries peuvent également s'engager dans la **production directe d'énergie décarbonée** sur leurs propres sites. L'autoconsommation photovoltaïque, la production de chaleur renouvelable (biomasse, géothermie, solaire thermique), ou encore la récupération de chaleur fatale favorisent à la fois la maîtrise de l'empreinte carbone des sites industriels et leur résilience à long terme.

Encadré 8 : L'achat d'énergie verte, une fausse bonne idée ?

L'achat d'énergie verte est souvent présenté comme un levier de décarbonation accessible pour les entreprises. Il consiste à souscrire un contrat d'électricité auprès d'un fournisseur garantissant que l'équivalent de la consommation achetée est produit à partir de sources renouvelables via un système de garanties d'origine.

Cependant, **cette approche présente des limites importantes.** En effet, si l'achat d'énergie verte peut constituer un signal économique en faveur des filières renouvelables, **il ne permet pas, à lui seul, de financer de nouvelles capacités de production à la hauteur des besoins**[174]. En effet, les garanties d'origine sont souvent peu coûteuses et dissociées des investissements réels dans les infrastructures. Le mécanisme ne permet donc pas de générer d'impact significatif sur le développement de nouvelles installations.

Pour décarboner effectivement, l'achat d'énergie verte reste donc insuffisant : il est plus pertinent de concentrer les efforts sur l'efficacité énergétique, et, lorsque cela est possible, d'opter pour une énergie décarbonée produite localement comme l'autoconsommation photovoltaïque ou la production de chaleur renouvelable.

5) D'autres leviers complémentaires pour une décarbonation complète : éco-conception, décarbonation des emballages, décarbonation des transports et conditionnements optimisés

Les leviers précédemment évoqués permettent à eux seuls une réduction de 55% des émissions de gaz à effet de serre. Pour aller plus loin, il est nécessaire de les associer à des actions complémentaires :

- **Ecoconception des produits**

[174] Maxence Cordiez, Décarbonation : corriger le système des garanties d'origine électriques, 2024. Institut Montaigne. https://www.institutmontaigne.org/expressions/decarbonation-corriger-le-systeme-des-garanties-dorigine-electriques

L'écoconception consiste à intégrer des considérations environnementales dès la conception des produits. Le développement et la commercialisation de nouveaux produits s'inscrivent sur un temps long — parfois plusieurs décennies — **ce qui rend indispensable l'intégration systématique des enjeux environnementaux dès la conception**.

Plusieurs pistes de recherche peuvent être explorées.

Réduire la masse des produits et de leurs emballages permet de diminuer la quantité de matières premières nécessaires, ainsi que les besoins énergétiques associés à leur transformation. Cela contribue également à limiter les volumes transportés, améliorant ainsi l'efficacité logistique et réduisant les émissions liées au transport.

L'utilisation de matériaux alternatifs doit également être exploré. Ces substitutions doivent néanmoins respecter les exigences strictes propres aux dispositifs médicaux : biocompatibilité, stérilisation et contraintes mécaniques. L'intégration de matières recyclées, lorsque les exigences réglementaires et fonctionnelles du produit le permettent, constitue par exemple une voie prometteuse.

- **Réduction du gachi des pansements par des conditionnement adaptés**

Le conditionnement des consommables pour plaies et cicatrisation représente un autre enjeu important. Aujourd'hui, les conditionnements sont encadrés par les référentiels de la Liste des Produits et Prestations remboursables (LPP), ce qui peut conduire à des **kits de soins inadaptés aux usages réels** (par exemple, certains sets de nutrition entérale incluent jusqu'à 10 pansements hydrocolloïdes de 15 × 15 cm, dont une partie importante est fréquemment inutilisée). De même, **le nombre d'unités de pansements par conditionnement n'est pas toujours ajusté aux besoins des patients ni aux durées de traitement**, entraînant du gaspillage et un surcoût carbone.

Il apparaît donc nécessaire d'**adapter les conditionnements et les référentiels de la LPP** aux pratiques réelles des professionnels de santé, notamment en tenant compte des retours des infirmiers et prescripteurs.

Favoriser le conditionnement à l'unité, notamment en établissement de santé, pourrait également permettre de limiter les pertes (et pourrait même faire gagner du temps aux soignants, en évitant des manipulations inutiles liées au "déboîtage" des conditionnements multiples).

Enfin, il est possible d'**améliorer la formation des prescripteurs**, en particulier les chirurgiens et médecins hospitaliers, afin de limiter les prescriptions inappropriées de pansements, notamment des pansements hydrocellulaires. Ce levier pourra faire l'objet d'un approfondissement dans notre rapport à venir concernant le **"Juste soin"**.

- **Décarbonation des transports**

La logistique représente également un poste non négligeable d'émissions. **L'électrification progressive des transports routiers** constitue un axe central de la décarbonation des transports, permettant aussi une moindre dépendance aux carburants fossiles. Par ailleurs, **la réduction du recours au fret aérien**, particulièrement émetteur, doit être une priorité.

En parallèle, **l'amélioration de l'efficacité logistique** passe par l'optimisation du taux de remplissage des camions, tant par une **meilleure organisation des flux** que par le recours à des véhicules adaptés, tels que les **camions à double étage de palettes**, particulièrement pertinents pour le transport de dispositifs médicaux, souvent d'une densité faible.

Enfin, une rationalisation des circuits d'approvisionnement et une réflexion sur la mutualisation des livraisons, notamment pour le « dernier kilomètre », comme évoqué dans les travaux du Comité stratégique de filière (CSF)[175], constituent des voies à explorer.

- **Vers une réduction de l'usage unique : privilégier les dispositifs réutilisables**

Dans certaines situations, des consommables à usage unique peuvent être remplacés par des alternatives réutilisables : par exemple les casaques, cupules ou pinces. Lorsque les conditions sanitaires le permettent, ces solutions doivent être favorisées, car elles permettent de réduire significativement l'empreinte environnementale de ces équipements (voir aussi la section Usage unique et réutilisable : quelles différences en termes d'empreinte carbone ?).

- **Fin de vie et tri des DASRI**

Enfin, une meilleure gestion de la fin de vie des dispositifs médicaux peut contribuer à réduire les émissions liées à la fin de vie. En particulier, il est important d'améliorer le tri entre les DASRI (Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux) et les DAOM (Déchets Assimilés aux Ordures Ménagères). Aujourd'hui, de nombreux déchets non dangereux sont orientés à tort vers la filière DASRI, entraînant une incinération à température plus élevée inutile, davantage émettrice de gaz à effet de serre. **La sensibilisation des professionnels de santé, notamment par la formation et l'accompagnement**, est un levier essentiel pour améliorer ces pratiques.

En outre, la nomination d'un **"référent" identifié pour porter le pilotage d'une filière** de recyclage des déchets plastiques à l'hôpital à l'échelle nationale[176] permettrait de faciliter la coordination des acteurs, d'harmoniser les pratiques entre établissements, et de structurer progressivement une véritable filière industrielle de recyclage adaptée aux contraintes du secteur hospitalier.

6) Comment inciter à une décarbonation effective pour les consommables ?

Plusieurs réflexions sont aujourd'hui engagées pour renforcer la prise en compte de l'impact environnemental dans les achats en particulier dans les appels d'offres hospitaliers. Nous rappelons ici **deux conditions majeures**, détaillées dans la section Des pré-requis essentiels pour faire face aux contraintes du secteur, pour que ces démarches soient efficaces :

[175] Feuille de route de la filière pharmaceutique, volet 1, Comité Stratégique de Filière des Industries et Technologies de Santé (CSF ITS), 2023. https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Entites/CNI/2023/2023-12-feuille-de-route-decarbonation-pharma.pdf

[176] Comme préconisé dans l'étude "Evaplus". 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

- **Les critères environnementaux doivent peser suffisamment sur les appels d'offres :** en effet, si les décisions d'achat reposent exclusivement sur des considérations économiques, les productions plus vertueuses pourront être désavantagées face à des offres moins chères mais plus émissives. Les exemples passés des masques, blouses ou respirateurs pendant la crise sanitaire en sont une illustration[177]. Dans ce contexte, nous proposons que les critères liés à l'empreinte carbone pèsent a minima pour **10 % dans la pondération des appels d'offres, publics comme privés**.
- **Les critères environnementaux doivent cibler les leviers les plus impactants** : pour être véritablement efficaces, les critères environnementaux intégrés aux appels d'offres doivent se concentrer sur les critères les plus **significatifs et les mieux adaptés** dans l'empreinte carbone du produit. Ainsi, pour les consommables, **cela implique de cibler particulièrement les matières premières et la production des dispositifs médicaux**, incluant par exemple des critères liés à l'origine ou l'intensité carbone des matériaux, l'engagement du fournisseur dans une stratégie de décarbonation (stratégie SBTi, certification EcoVadis, etc.), la localisation de la production et la performance énergétique des sites.

Encadré 9 : Une illustration chiffrée

Imaginons un fabricant souhaitant remplacer un plastique importé d'Asie par du plastique produit en France. Dans l'hypothèse où ce changement de fournisseur représente un surcoût de la matière première de 15%, et que cette matière première ne représente qu'environ 20% du coût total de l'unité produite, alors, l'impact final sur le prix de vente est d'environ 3%.

Le critère environnemental liée à la matière première devra donc peser suffisamment dans le choix final (selon les pondérations) pour que les différences de résultats environnementaux entre les deux produits soit comparable à l'impact de ces 3% de différence de prix de vente dans le choix final.

7) Une recherche à approfondir

Comme mentionné précédemment, une partie du large spectre des consommables utilisés en France ne sont pas couverts dans notre rapport : aiguilles, dispositifs d'autosurveillance et d'autotraitement du diabète, consommables multi-matériaux, dispositifs de contraception, etc.

Un **pré-requis pour une décarbonation de ces consommables est la réalisation rigoureuse d'analyse de cycle de vie** prenant en compte les procédés de production spécifiques. Par exemple, fabriquer une aiguille ne consiste pas uniquement à produire l'acier qui la compose : il faut aussi intégrer les pertes de matière lors de la fabrication, les traitements de surface, ou encore les opérations de nettoyage et de stérilisation.

[177] Polyvia, « Made in France » : le mauvais exemple des masques, des blouses et des respirateurs, 2023. https://www.polyvia.fr/fr/economie/made-france-le-mauvais-exemple-des-masques-des-blouses-et-des-respirateurs

Une fois cette vision complète établie, des leviers de réduction des émissions peuvent être identifiés. L'encadré 10 illustre le cas des hémodialyseurs, pour lesquels une réutilisation contrôlée pourrait permettre de réduire fortement l'empreinte carbone.

Encadré 10 : Une réutilisation également possible pour des DM complexes : le cas des hémodialyseurs

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 de la production d'un hémodialyseur (fabriqué au Japon) à 7,8 kgCO_2e**, dont 50% pour les matières premières et 35% pour les procédés de fabrication. **En prenant en compte les 7,44 millions de séances de dialyse par an en France[178], les hémodialyseurs représentent donc un total d'émissions annuelles de 58 ktCO_2e.**

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 ; lesquelles sont 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 médicaux[179], semble ici particulièrement pertinente, 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 dans le 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

[178] DREES, Les établissements de santé, édition 2022. https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2022-07/Fiche%2004%20-%20Les%20autres%20prises%20en%20charge%20hospitali%C3%A8res.pdf

[179] R. Chouvel, D. Goeury, La prohibition du retraitement des dispositifs médicaux à usage unique en France, Revue Droit & Santé, Mars 2023

explicitement le retraitement des DM à usage unique[180]. 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. Cependant, l'initiative ne peut venir que des fabricants eux-mêmes, qui devront 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.

Source : Dr. Hafsah Hachad, Néphrologue (APHP) et Doctorante sur la Transition Environnementale en Dialyse (UTC-ITE)

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 résidant 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 contact[181].

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.

1) L'empreinte carbone des verres optiques

En 2023, **plus de 43 millions de verres de lunettes ont été produits pour répondre à la consommation française**[182], répartis à peu près équitablement entre verres unifocaux et

[180] 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* ».

[181] 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

[182] Ce chiffre ne prend en compte les verres solaires. Octika, Les chiffres de l'optique - Septembre 2024.

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 **148 ktCO$_2$e par an**, ce qui représente entre 2,1 et 3,7 kgCO$_2$e par unité. L'empreinte carbone des verres optiques diffèrent grandement en fonction du lieu de production des semi-finis et de surfaçage, comme montré sur la figure 31. On distingue alors 3 cas.

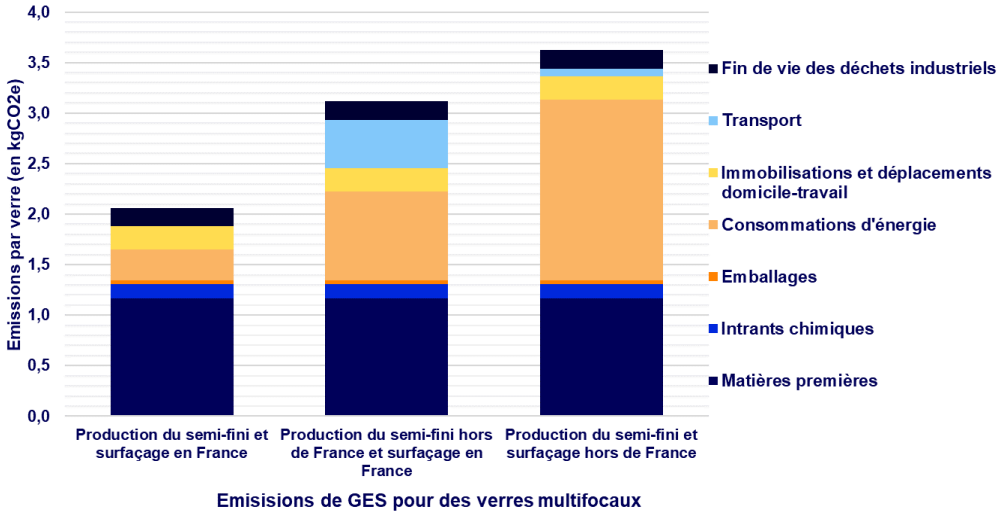


Figure 31 : *Empreinte carbone d'un verre multifocal, en fonction du lieu de fabrication*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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

Pour environ 10% des verres consommés en France, la production du semi-fini et le surfaçage 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 surfaçage en France

Lorsque l'étape de surfaçage 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 entièrement réalisée en France. Cette différence s'explique en partie par un impact carbone plus important des **transports** par avion (le fret aérien compte pour 86% des importations hors Europe) des produits semi-finis, **lesquels sont plus lourds que les produits finis.**

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

https://www.octika.com/blog/les-chiffres-de-l-optique-septembre-2024-n164#

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 75% 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) L'empreinte carbone des montures de lunettes

En 2023, **près de 16 millions de montures de lunettes ont été produits pour répondre à la consommation française**[183]. 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 **61 ktCO₂e par an**, ce qui représente environ 3,8 kgCO₂e par unité.

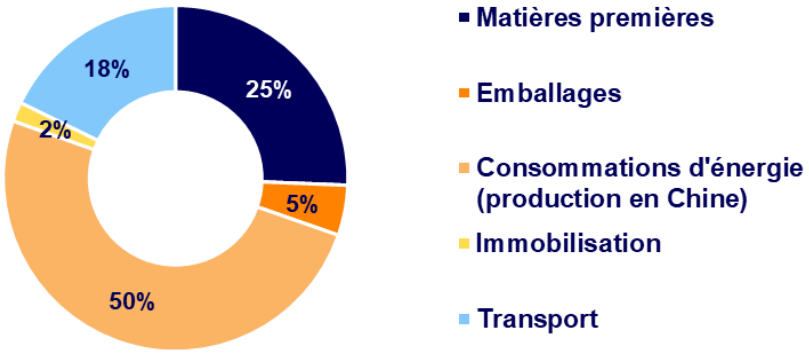


Figure 32 : *Répartition de l'empreinte carbone moyenne d'une monture de lunettes*
Source : *The Shift Project*

Nous avons estimé qu'environ 95% des montures consommées en France sont **produites à l'étranger** (dont en Chine à 80%)[184], 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 français[185].

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 cette part est probablement sous-estimée : les données d'un industriel consulté suggèrent que ces émissions pourraient être 2 et 3 fois plus élevées[186].

[183] 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
[184] Estimation The Shift Project, d'après les données des Douanes françaises.
[185] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/
[186] D'après Essilor, Document d'enregistrement universel, 2023. bnains.org/archives/communiques/Essilor/20240308_Document_d_enregistrement_universel_2023_EssilorLuxottica.pdf

3) L'empreinte carbone des lentilles de contact

Plus de **200 millions de lentilles sont consommées en France annuellement**[187]. 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.

D'après notre première analyse qui aurait vocation à être affinée[188], nous estimons que les lentilles de contact consommées en France sont responsables des émissions de **13 $ktCO_2e$ par an**, réparties comme montré sur la figure 33.

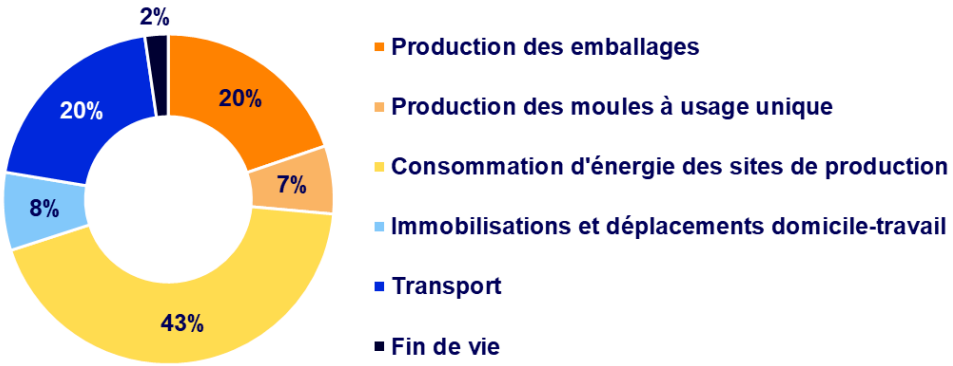


Figure 33 : Répartition des émissions des lentilles de contact
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Plus de 40 % des émissions associées aux lentilles de contact proviennent des **processus de production**, qui reposent sur des procédés énergivores tels que le moulage, l'hydratation et la stérilisation, le tout dans un environnement maintenu contrôlé.

À cela s'ajoute le recours systématique à des moules en plastique à usage unique, pesant environ 1 gramme par lentille, ainsi qu'un conditionnement estimé à 2,8 grammes (blister, opercule, boîte, notice). Au total, le poids du moule et de l'emballage représente ainsi près de 200 fois celui de la lentille elle-même (environ 20 milligrammes).

Enfin, une part importante des lentilles vendues en France est produite hors d'Europe (notamment aux États-Unis et à Singapour). Environ 40 % des importations sont alors assurées par fret aérien[189], mode de transport particulièrement émetteur de gaz à effet de serre, ce qui explique la part importante du transport dans la répartition des émissions.

4) Quels leviers de décarbonation pour les dispositifs optiques ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les dispositifs optiques peuvent potentiellement diminuer de 74% par rapport à 2025**[190]. La figure 34 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

[187] Estimation via données internes
[188] En effet, le calcul réalisé dans le cadre de ce rapport représente un ordre de grandeur des émissions des lentilles de contact plutôt qu'un résultat précis. Nous n'avons par exemple pas pris en compte les émissions de la production du silicone hydrogel.
[189] The Shift Project, d'après les données d'Eurostat.
[190] N.B. : ce calcul ne prend pas en compte les lentilles de contact, et se concentre sur les verres et montures optiques.

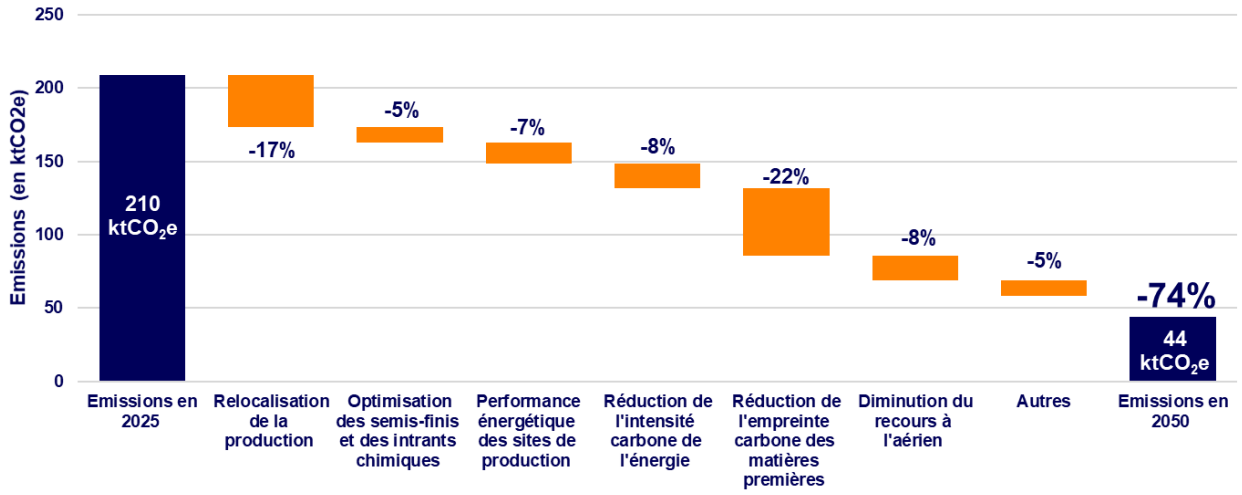


Figure 34 : *Evolution des émissions des dispositifs optiques d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **plusieurs leviers structurants pour des dispositifs optiques décarbonés** :

1. **Relocaliser en Europe une partie de la production**

Aujourd'hui, une part très significative de la production des dispositifs d'optique est concentrée en Asie. Cette organisation industrielle génère à la fois **une empreinte énergétique plus élevée** (une même consommation d'électricité induit en effet trois fois plus d'émissions de GES en Chine qu'en Europe, et 12 fois plus qu'en France[191]), et **un recours fréquent au transport aérien**. Des délais de livraison très courts sont en effet exigés : les montures sont par exemple soumises à des effets de mode saisonniers.

Ainsi, une relocalisation progressive de certaines étapes clés apparaît comme un levier structurant pour réduire l'empreinte carbone de la filière des dispositifs optiques. En particulier, il semble pertinent de cibler en priorité :

- La production de **montures de classe B**[192], à plus forte valeur ajoutée, et aujourd'hui dépendantes du fret aérien ;
- La production des **semi-finis**, qui constituent la base de la majorité des verres correcteurs et dont la masse transportée est importante ;
- Les opérations de **surfaçage pour les verres de prescription**, étape de personnalisation des verres, qui nécessite des quantités importantes d'énergie et qui rendent les verres dépendants du fret aérien[193].

2. **Limiter le recours au fret aérien au profit du transport maritime**

Dans les cas où la production reste localisée en Asie, il est impératif de réduire le recours systématique au fret aérien, dont l'empreinte carbone est largement supérieure à celle du transport maritime pour une même quantité transportée.

[191] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[192] Verres dont les prix ne sont donc pas encadrés par l'offre "100% Santé".
[193] Il faut toutefois noter que les opérations de surfaçage des verres de prescription sont aujourd'hui en grande partie déjà situées en Europe.

Cela concerne tout particulièrement :

- Les **montures de classe A**[194] **et les deuxièmes paires**, dont les volumes et les flux réguliers rendent possible une optimisation logistique ;
- Les **verres semi-finis**, dont la chaîne d'approvisionnement pourrait être adaptée pour favoriser des délais plus longs, notamment avec la constitution de stocks tampons ;
- Les **accessoires** des montures (lingettes, étuis).

La réduction du fret aérien implique une meilleure coordination logistique, une anticipation des commandes et une adaptation des systèmes de gestion des stocks. À court terme, ce levier est d'autant plus important qu'une relocalisation industrielle ne pourra s'opérer que plus progressivement.

3. Décarboner la production des matières premières

La réduction de l'empreinte carbone des dispositifs optiques passe également par une action sur les matières premières utilisées.

Dans le cas des verres optiques, la substitution des matières premières reste limitée par les exigences techniques. Néanmoins, des alternatives biosourcées commencent à émerger[195], bien que leur développement en soit encore à ses débuts. Un levier plus immédiat consiste à **mobiliser les fournisseurs** pour décarboner les procédés de production des matières premières existantes. Enfin, **l'optimisation des tailles des palets** utilisés (notamment pour les verres à faible correction) permet de réduire les pertes de matière[196].

Dans le cas des montures, la réutilisation des chutes de matières premières (et notamment des chutes d'acétate) permet de réduire très significativement la consommation de matière première. Des matières premières plus sobres sont également à privilégier : nylon biosourcé et acétate pour les plastiques, acier inoxydable recyclé, en remplacement du maillechort pour les montures métalliques.

4. Décarboner les consommations d'énergie des sites de production

La décarbonation des sites de production repose sur deux leviers complémentaires : améliorer l'efficacité énergétique et réduire l'intensité carbone de l'énergie consommée.

Concernant l'efficacité énergétique, des efforts déjà engagés dans certains sites français de production de verres optiques ont montré des résultats significatifs[197], par exemple à travers une modernisation des systèmes d'éclairage, une sensibilisation des équipes, ou une modernisation des équipements. Ces démarches doivent être poursuivies et généralisées à l'ensemble des sites, en France comme à l'international.

Quant à la réduction de l'intensité carbone de l'énergie, elle implique plusieurs actions :

---

[194] Verres inclus dans l'offre "100 % Santé", dont les prix sont encadrés.
[195] EssilorLuxottica, Eyes on Circularity, https://www.essilorluxottica.com/fr/durabilite/eyes-on-circularity/
[196] Ce levier est cependant déjà largement déployé dans l'industrie.
[197] 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

- **Électrifier** les procédés encore dépendants des énergies fossiles (chauffage, vapeur, etc.) ;
- **Développer la production d'énergie renouvelable sur site** (photovoltaïque, solaire thermique, biomasse, géothermie) et valoriser la chaleur fatale.
- **Privilégier les localisations industrielles dans des pays à faible mix carbone.**

Ces leviers, combinés, permettent de réduire significativement les émissions associées aux consommations d'énergie tout en renforçant la résilience énergétique des sites.

5. Autres leviers complémentaires

Les leviers précédemment évoqués permettent à eux seuls de réduire très significativement les émissions de gaz à effet de serre liées aux dispositifs optiques. Pour aller plus loin, il est nécessaire de les associer à des leviers complémentaires :

- **Développer l'économie circulaire**, en favorisant la remise en bon état d'usage (RBEU) des montures, afin d'allonger leur durée de vie et limiter la production de nouvelles montures ;
- **Logistique et livraisons :** en envisageant une diminution de la fréquence de livraison des enseignes, et en électrifiant les flottes de véhicules routiers ;
- **Réduire l'usage d'intrants chimiques** dans les procédés de production, notamment pour les traitements de surface ;
- **Réévaluer la pertinence des deuxièmes paires offertes**, par exemple lors des renouvellements de montures sans changement de correction.
- **Recycler les verres de présentation ou envisager leur suppression.**

6. Comment inciter les industries à une décarbonation effective ?

Afin de faciliter la décarbonation du secteur des dispositifs optiques, il est crucial de favoriser les produits les plus vertueux. Cette évolution suppose l'implication coordonnée de l'ensemble des acteurs concernés : fabricants, mais aussi assurance maladie, complémentaires santé, réseaux de soins et enseignes d'opticiens.

Ces différents acteurs doivent **favoriser les produits vertueux**, en intégrant dans leurs décisions **les critères ayant le plus d'impact sur l'empreinte carbone** :

- Origine de la production, par exemple à travers le label Origine France Garantie (OFG)[198] ;
- Recours au fret aérien ;
- Provenance du semi-fini ;
- Choix des matériaux.

De plus, les mutuelles devraient réfléchir à des systèmes de **remboursement différenciés**, par exemple via un système de bonus/malus favorisant les produits à faible impact environnemental. De leur côté, les réseaux de soins et les enseignes d'opticiens pourraient **intégrer des exigences environnementales dans leurs cahiers des charges** et référencements.

[198] Optic for Good, Origine France Garantie et écologie : faisons le point, 2023. https://www.opticforgood.com/origine-france-garantie-et-ecologie/

B) Audioprothèses

1) L'empreinte carbone des 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 ans[199]. Parmi ceux-ci, plus de 3 millions de Français étaient appareillés en 2020[200].

Aussi, en 2023, 1,56 millions d'aides auditives ont été produites pour répondre à la consommation française[201]. Environ la moitié des aides auditives vendues fonctionnent avec une batterie, et l'autre moitié fonctionne avec des piles[202].

Nous estimons que les productions des aides auditives consommées en France sont responsables de l'émission de **11 $ktCO_2e$ par an**.

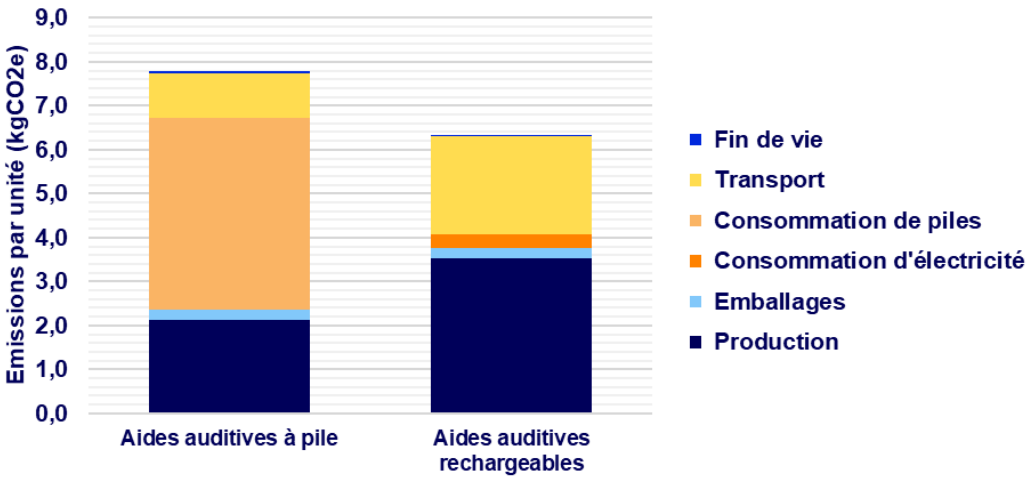


Figure 35 : *Empreinte carbone moyenne des aides auditives par unité produite*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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% de ces aides auditives sont importées, **dont 90% par fret aérien** lorsqu'elles proviennent de pays hors d'Europe[203], ce qui explique la part importante du transport dans la répartition de l'empreinte carbone.

[199] INSERM, Troubles de l'audition – Surdités, 2023. https://www.inserm.fr/dossier/troubles-audition-surdites/
[200] IGESR, Évaluation de la filière auditive, 2022. https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/sites/default/files/2022-01/rapport-igesr-2021-206-16063.pdf
[201] 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
[202] 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.
[203] Estimations réalisées à partir des données des douanes françaises et d'Eurostat

2) Quels leviers de décarbonation pour les aides auditives ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les aides auditives peuvent potentiellement diminuer de 79% par rapport à 2025**. La figure 36 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

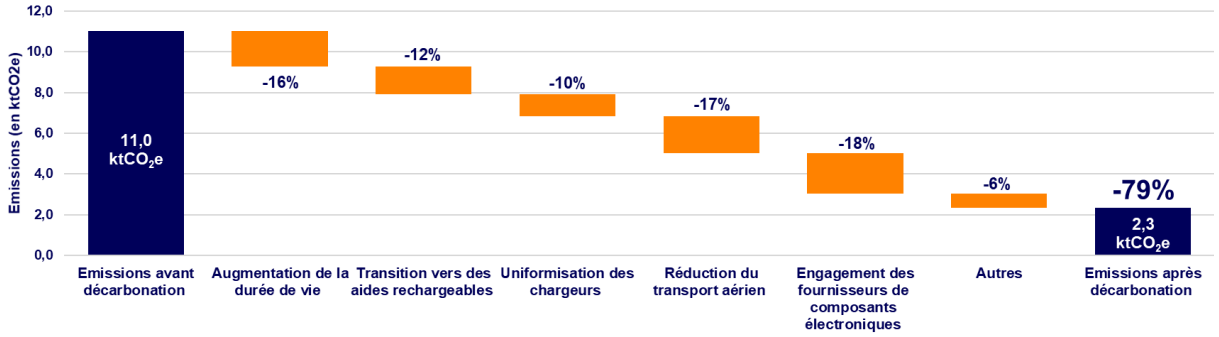


Figure 36 : *Evolution des émissions des aides auditives d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **plusieurs leviers structurants pour des aides auditives décarbonées** :

1) Augmentation de la durée de vie des aides auditives

Le délai minimal de renouvellement pour bénéficier d'un remboursement de l'Assurance Maladie et des complémentaires santé est de 4 ans. Pourtant, cette fréquence ne reflète pas toujours la réalité technique des appareils.

En effet, la plupart des composants électroniques embarqués dans les aides auditives possèdent une longévité supérieure à quatre ans. Une grande partie des pannes concernent en réalité des éléments remplaçables, tels que les écouteurs ou les microphones. Malgré cela, les pratiques de réparation tendent à diminuer, alors qu'elles contribuent, en plus de valoriser les compétences des audioprothésistes, à des bénéfices environnementaux significatifs.

Ainsi, nous proposons :

- **De valoriser les réparations d'aides auditives**, en intégrant explicitement les actes de réparation dans les forfaits de remboursement de la LPP, notamment pour le remplacement de pièces détachées standards ;
- **De garantir la disponibilité des pièces détachées**, en rendant obligatoire la mise à disposition des composants par les fabricants pendant au moins cinq ans après la fin de commercialisation d'un modèle ;
- **D'initier des réflexions pour établir un indice de réparabilité** spécifique aux aides auditives, afin d'orienter les professionnels et les usagers vers les modèles les plus durables.

De plus, certaines aides auditives sont renouvelées avant la fin de vie technique du dispositif, en l'absence de panne ou de dégradation notable des performances. Ainsi, **des réflexions pourraient être engagées pour conditionner un remboursement** en cas de renouvellement des aides auditives (aujourd'hui possible automatiquement tous les 4 ans) **à une validation des bénéfices sanitaires par un ORL, ou par un justificatif de panne par**

l'industriel concerné. Une telle approche permettrait de garantir la pertinence des renouvellements tout en maintenant une réponse adaptée aux besoins de santé.

2) Entamer une transition vers la fin des appareils à pile

Les piles jetables représentent une part importante de l'empreinte carbone des aides auditives. Le passage à des dispositifs rechargeables permettrait de réduire significativement cet impact, tout en facilitant l'usage des appareils au quotidien pour les utilisateurs.

Cependant, cette transition risque d'être entravée principalement parce que les appareils proposés dans le cadre du 100 % Santé sont majoritairement à piles. **Il apparaît donc essentiel que les fabricants développent des aides auditives rechargeables pouvant être intégrées à l'offre 100 % Santé**.

3) Uniformisation des boîtiers de recharge

Aujourd'hui, chaque fabricant propose ses propres modèles de chargeurs, souvent incompatibles entre marques. Cette absence de standardisation freine la réutilisation des chargeurs, alors même que ces équipements peuvent avoir une durée de vie supérieure à celle des aides auditives elles-mêmes. **L'introduction d'un chargeur universel, commun à l'ensemble des fabricants**, permettrait de limiter la production de nouveaux chargeurs, mais aussi de réduire les déchets électroniques.

Cette démarche s'inscrit dans la continuité de la directive européenne de 2022 sur les chargeurs universels[204] qui impose à partir de 2024 l'USB-C comme port de charge commun pour une large gamme d'appareils électroniques, afin de réduire les déchets et d'harmoniser les pratiques industrielles.

4) Réduction du recours au transport aérien

Les aides auditives sont aujourd'hui largement transportées par voies aériennes, notamment pour les productions asiatiques représentant aujourd'hui la majorité de la production. Cependant, le fret aérien génère des émissions de gaz à effet de serre bien supérieures à celles du fret maritime.

Il apparaît donc essentiel que les industriels envisagent une transition vers le recours au transport maritime, ce qui permettrait de limiter très significativement l'impact environnemental des aides auditives. Parallèlement, les acheteurs, notamment les audioprothésistes et les réseaux de soins, ont un rôle à jouer en privilégiant les achats recourants au transport maritime.

5) Engagement des fournisseurs

Les émissions des aides auditives reposent en partie sur les émissions de la production des composants intermédiaires, et notamment des composants électroniques.

[204] EUR-Lex, Directive (UE) 2022/2380 du Parlement européen et du Conseil du 23 novembre 2022 modifiant la directive 2014/53/UE relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'équipements radioélectriques, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2380

La réduction de l'empreinte carbone de la production de ces composants apparaît alors comme incontournable pour décarboner les aides auditives. Ainsi, l'engagement des fournisseurs dans la réduction de l'empreinte carbone de leurs produits est essentiel.

Il est donc primordial de privilégier les **fournisseurs engagés dans une stratégie active de décarbonation**. Cela peut passer par le choix de fournisseurs ayant initié une trajectoire certifiée, comme la démarche **Science-Based Targets initiative (SBTi)** ou une certification **Ecovadis**.

6) Leviers complémentaires

Les leviers évoqués précédemment permettent à eux seuls de réduire très significativement les émissions de gaz à effet de serre liées aux aides auditives. Pour aller plus loin, il est nécessaire de les associer à des leviers complémentaires :

- **Fin de vie des appareils :** proposer une seconde vie aux appareils non utilisés, et valoriser les composants encore fonctionnels (notamment les microphones ou haut-parleurs). Cela implique la mise en place de filières structurées de collecte des dispositifs en fin de vie, en vue de leur réemploi ou du réemploi partiel de certaines pièces pour la réparation ou la remise en état.
- **Logistique et livraisons :** envisager une diminution de la fréquence de livraison des audioprothésistes, et électrifier les flottes de véhicules routiers.

7) Comment inciter les industries à une décarbonation effective ?

Afin de faciliter la décarbonation du secteur des aides auditives, il est crucial de favoriser les produits les plus vertueux. Cette évolution suppose l'implication coordonnée de l'ensemble des acteurs concernés : fabricants, mais aussi assurance maladie, complémentaires santé, réseaux de soins et enseignes d'audioprothésistes.

Ces différents acteurs doivent **favoriser les produits vertueux**, en intégrant dans leurs décisions **les critères ayant le plus d'impact sur l'empreinte carbone** (par exemple le recours au transport maritime, la réparabilité et la disponibilité des pièces de rechange, etc)

De plus, les mutuelles devraient réfléchir à des systèmes **de remboursement différenciés**, par exemple via un système de bonus/malus favorisant davantage les produits à faible impact environnemental. De leur côté, les réseaux de soins et les enseignes d'audioprothésistes pourraient **intégrer des exigences environnementales dans leurs cahiers des charges** et référencements.

C) Aides techniques

1) L'empreinte carbone des 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'ADEME[205], de la LPP[206], et de la DREES[207], nous avons effectué une première estimation de la taille du parc d'aides techniques 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, déambulateurs, béquilles d'aisselle, cannes anglaises ou cannes blanches** 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 **528 ktCO$_2$e par an**, répartie comme montré sur la figure 37.

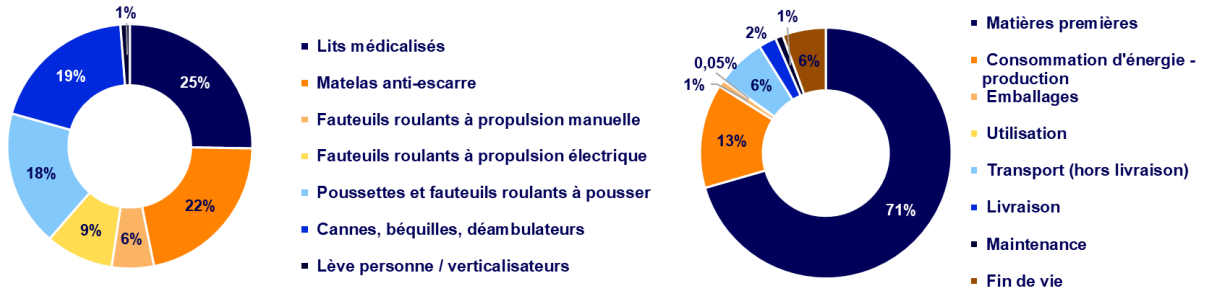


Figure 37 : *Répartition de l'empreinte carbone des aides techniques, par catégorie d'aide technique (à gauche), et par catégorie d'émissions (à droite)*
Source : *The Shift Project*

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) générant des émissions plus importantes qu'en Europe . En effet, 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. Il en est de même pour les émissions liées au **transport,** même si celles-ci restent relativement faibles puisque le transport vers l'Europe est principalement effectué par fret maritime.

[205] 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
[206] 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
[207] Pour quantifier le nombre de lits. DREES, Panorama statistique 2022.
https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/panorama/telechargement.htm

2) Quels leviers de décarbonation pour les aides techniques ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les aides techniques peuvent potentiellement diminuer de 76% par rapport à 2025**. La figure 38 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

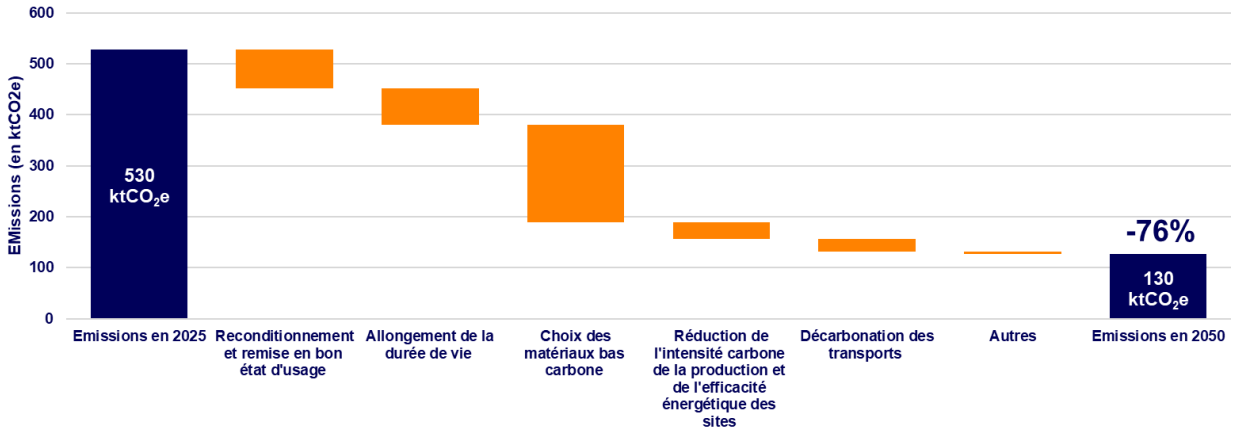
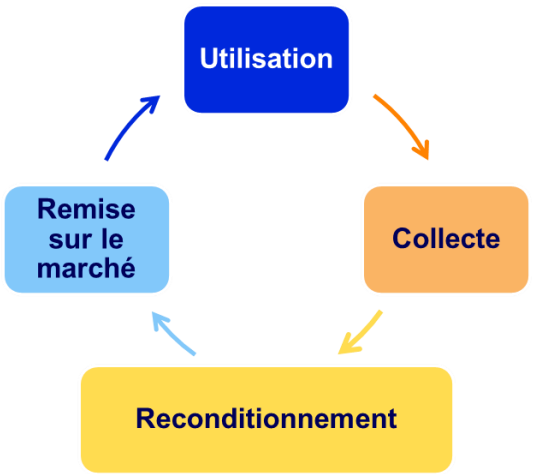


Figure 38 : *Evolution des émissions des aides techniques d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **plusieurs leviers structurants pour la décarbonation des aides techniques** :

1) **Développer une économie circulaire, basé sur le reconditionnement, la remise en bon état d'usage et l'allongement de la durée de vie**

Actuellement, il est estimé qu'environ un tiers des aides techniques sont abandonnées un an après leur livraison[208]. **Un reconditionnement ou une remise en bon état d'usage permettrait ainsi de limiter la production de nouveaux produits.** Le remise en bon état d'usage (RBEU) est notamment autorisée depuis 2025 à la suite de la publication du décret n° 2025-247[209].



[208] Dijcks et al., 2006; Federici et al., 2016, cités par Isabelle Barbé, Promouvoir le recours aux aides techniques de seconde main pour les personnes en situation de handicap ou de perte d'autonomie, 2019.https://cnam.hal.science/hal-02103834/
[209] Legifrance, Décret n° 2025-247 du 17 mars 2025 relatif à la remise en bon état d'usage de certains dispositifs médicaux. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051347713

Cependant, plusieurs freins structurels existent aujourd'hui : méconnaissance du parc existant, collecte dispersée des aides techniques, incertitudes juridiques sur les responsabilités légales, disponibilité limitée des pièces détachées et absence de protocoles techniques partagés de reconditionnement.

Pour y remédier, nous préconisons la mise en place des mesures suivantes :

- **Recensement du parc d'aides techniques :** établir une base de données centralisée permettant d'identifier les aides techniques en circulation, notamment en établissements ;
- **Organisation et mutualisation des collectes** : mettre en place des collectes gérées par des réseaux d'acteurs locaux, pour regrouper efficacement les dispositifs en fin de vie ;
- **Clarification des responsabilité légales** : en définissant un cadre contractuel standardisé permettant si besoin de transférer la responsabilité des dispositifs remis à neuf du fabricant initial vers l'acteur en charge du reconditionnement ;
- **Assurer la disponibilité des pièces détachées** : pendant une durée minimale de 10 ans après la vente du dernier équipement ;
- **Co-construction de guides techniques et protocoles de reconditionnement certifiants** : élaborer, en collaboration avec les fabricants, des référentiels détaillant les étapes de remise en état validées, afin d'harmoniser les pratiques et d'assurer la conformité aux normes en vigueur ;
- **Formation de techniciens spécialisés** : mettre en place des programmes de formation continue pour développer les compétences nécessaires à la réparation et à l'entretien des aides techniques, garantissant ainsi des interventions de qualité et pérennes.

À cette fin**, une collaboration étroite** doit être mise en place entre acteurs industriels, acteurs du reconditionnement, établissements de santé et prestataires de services et distributeurs de matériel (PSDM).

Cette collaboration pourrait s'organiser dans un cadre institutionnel, par exemple à travers des plateformes territoriales partagées, soutenues par les collectivités locales, les agences régionales de santé (ARS) et la Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie (CNSA). Elle pourrait aussi prendre la forme de groupements multi-acteurs ou de groupements d'intérêt économique (GIE), permettant de mutualiser les ressources, de partager les compétences techniques et de standardiser les exigences de qualité.

En parallèle d'un développement du reconditionnement, il serait pertinent **d'encourager un modèle locatif** pour certaines utilisations limitées dans le temps, comme les attelles, les béquilles ou les cannes anglaises, notamment au sein des officines. Aujourd'hui, la vente tend à devenir la norme, même pour des usages temporaires. Par ailleurs, le remboursement des embouts de cannes par l'Assurance maladie pourrait contribuer à éviter des remplacements prématurés.

2) Favoriser le choix de matériaux moins carbonés

Les émissions des aides techniques sont avant tout déterminées par les émissions induites par la production des matières premières nécessaires à la fabrication des produits, et notamment par l'acier, l'aluminium et les composants électroniques.

La réduction de l'empreinte carbone des matières premières apparaît alors comme incontournable pour décarboner les aides techniques. Ainsi, l'engagement des fournisseurs de matières premières dans la réduction de l'empreinte carbone de leurs produits est essentiel.

Il est donc primordial de privilégier les **fournisseurs engagés dans une stratégie active de décarbonation**, en particulier les fournisseurs d'acier, d'aluminium et de composants électroniques. Cela peut passer par le choix de fournisseurs ayant initié une trajectoire certifiée, comme la démarche **Science-Based Targets initiative (SBTi)** ou une certification **Ecovadis**.

Par ailleurs, les productions d'acier et d'aluminium sont fortement **consommatrices d'énergie**. Le **choix du lieu de production** est donc déterminant : privilégier une fabrication dans des pays disposant d'un **mix électrique faiblement carboné**, comme la France ou d'autres pays européens, permet de réduire significativement l'empreinte carbone amont : ainsi, une production d'aluminium en Chine émet en moyenne 23,6 $kgCO_2e$ par kilogramme, contre seulement 7,3 $kgCO_2e$ en Europe, soit des émissions trois fois supérieures[210].

Néanmoins, le choix de fournisseurs plus vertueux ou basés en France ou en Europe peut avoir un impact sur les coûts de production pour les industriels. C'est pourquoi, les critères environnementaux dans les appels d'offres hospitaliers doivent avoir un **poids suffisamment important**, et **tenir compte de la part des matières premières** dans l'empreinte carbone, pour inciter efficacement les fabricants. Nous reviendrons sur les incitations pour les industries plus bas.

3) Leviers complémentaires

Les deux leviers précédemment évoqués permettent à eux seuls de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux aides techniques de près de 63 % par rapport aux émissions de 2025. Pour aller plus loin il est nécessaire de les associer à des leviers complémentaires :

- **La décarbonation des sites de production :** les procédés de production des aides techniques (découpe, soudure, etc.) sont des procédés énergivores. Ainsi, les industries doivent s'attacher à des **efforts d'efficacité énergétique**, mais également à consommer une énergie dont **l'intensité carbone est la plus faible possible.** Cette recherche d'une faible intensité carbone peut se traduire par le **choix de pays à faible mix électrique** (notamment la France), par une **électrification des procédés industriels**, ou par la **production directe d'énergie décarbonée** sur les sites (photovoltaïque, chaleur renouvelable).
- **La décarbonation du transport routier et de la maintenance**, notamment à travers une électrification progressive des flottes de camions.

[210] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

4) Comment inciter les industries à une décarbonation effective ?

Afin de faciliter la décarbonation du secteur des aides techniques, il est crucial d'encourager le développement des produits les plus vertueux. Si plusieurs réflexions sont déjà engagées pour intégrer des critères environnementaux dans les achats publics, celles-ci concernent principalement les dispositifs consommables et les appels d'offres hospitaliers. Les aides techniques, notamment celles prises en charge dans le cadre de la Liste des Produits et Prestations remboursables (LPP), restent encore en dehors de ces réflexions.

Pour les équipements achetés directement par les établissements, il est nécessaire, comme détaillé précédemment (section Comment inciter à une décarbonation effective pour les consommables ?), de **cibler les facteurs les plus impactants dans l'empreinte carbone** (par exemple l'origine des matières premières, la présence du label Origine France Garantie (OFG), etc.). La priorité pourrait également être accordée aux produits reconditionnés, afin de favoriser les filières émergentes du reconditionnement. De plus, les critères liés à l'empreinte carbone devraient représenter **au moins 10% de la pondération dans les appels d'offres**, qu'ils soient publics ou privés.

Dans le cadre de la LPP, il est nécessaire d'initier des réflexions afin de proposer des **différenciations de remboursement** en valorisant davantage les produits à faible impact environnemental : par exemple, pour les produits intégralement remboursés par l'Assurance maladie, les plafonds de prise en charge pourraient être différenciés selon leur impact carbone. Pour les dispositifs partiellement remboursés, un niveau de remboursement majoré pourrait être accordé aux produits les plus vertueux ou reconditionnés.

Enfin, les officines pourraient être incitées à adopter davantage de modèles locatifs, en particulier pour les aides techniques à usage temporaire (attelles, béquilles, cannes anglaises). Des mécanismes d'incitation pourraient prendre la forme de **forfaits de location intégrés dans les nomenclatures de la LPP**.

D) Orthèses

Une orthèse désigne un appareil orthopédique destiné à soutenir une fonction locomotrice déficiente et fixé contre la partie atteinte[211].

Dans cette analyse, **nous nous concentrons sur les orthèses dites *de série***, c'est-à-dire produites industriellement selon des tailles standards. Nous excluons ici les orthèses *sur mesure*, comme les podo-orthèses ou les corsets orthopédiques, qui relèvent de procédés de fabrication spécifiques (moulage individuel, ajustements manuels, etc.) et nécessiteraient une approche méthodologique distincte.

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 année[212].

[211] Larousse, https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/orth%C3%A8se/56577
[212] Estimation réalisée à partir d'entretiens avec des acteurs du secteur.

Nous estimons que les productions des produits de contention consommés en France sont responsables des émissions de **17 ktCO$_2$e par an**, réparties comme montré sur la figure 39.

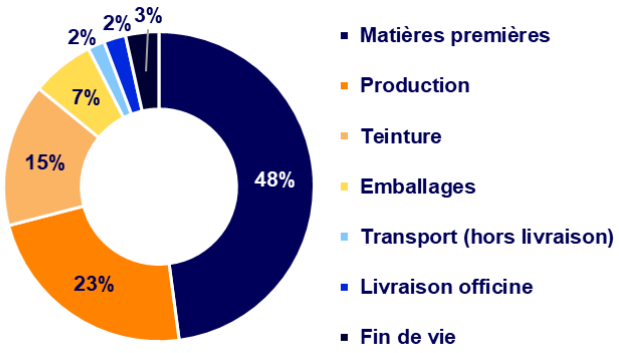


Figure 39 : *Répartition de l'empreinte carbone des produits de contention et de compression veineuse*
Source : *The Shift Project*

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 Europe[213]. 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 efficients (trajets fragmentés ou sous-optimisés).

Comme représenté sur la figure 40, **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" entre 25% et 50% inférieure à celle des produits manufacturés en Chine, en raison de la différence des mix énergétiques nationaux.

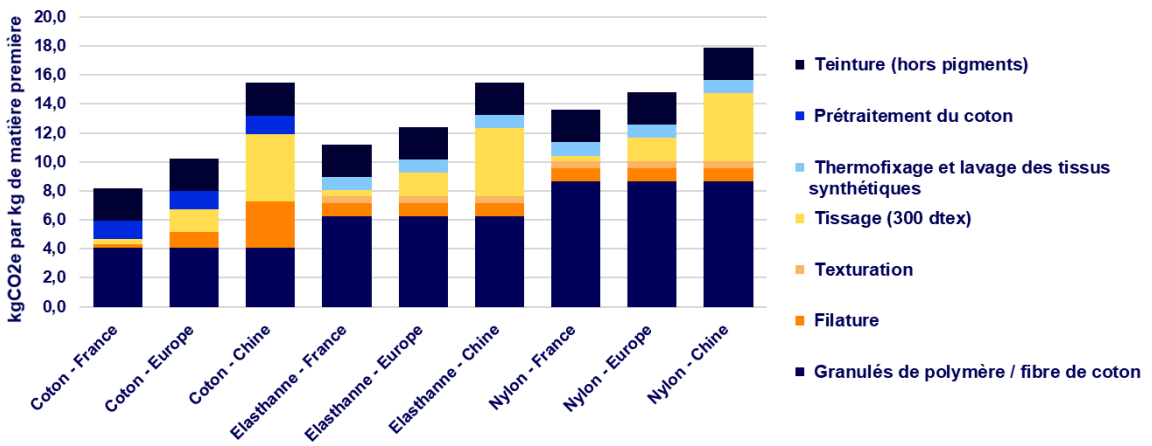


Figure 40 : *Émissions liées aux matières premières et à la production, en fonction des matériaux et des lieux de production*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

[213] Estimation réalisée à partir d'entretiens avec des acteurs du secteur.

2) Autres orthèses

Nous étudions ici les autres orthèses représentant les volumes de consommations les plus importants, et notamment les appareils de correction orthopédiques (notamment les attelles), les semelles et chaussures orthopédiques, et les colliers cervicaux et ceintures lombaires.

A l'aide de données de la LPP[214] et des consommations non remboursées en pharmacies[215], nous estimons qu'en 2023, environ **5,2 millions d'attelles** et autres appareils de correction orthopédiques ont été consommés en France (principalement des **attelles pour mains-poignets, pour genoux ou pour pieds ou cheville**), dont environ 88% ont bénéficié d'un remboursement de l'Assurance maladie. De plus, nous avons comptabilisé plus de 1,1 millions de ceintures lombaires, plus de 600 000 colliers cervicaux, 6,5 millions de semelles orthopédiques et 2 millions de chaussures orthopédiques.

Dans une première analyse qui aurait vocation à être affinée[216], nous estimons que les équipements des orthèses couvertes dans notre périmètre sont responsables des émissions de **43 ktCO$_2$e par an**, réparties comme montré sur la figure 41.

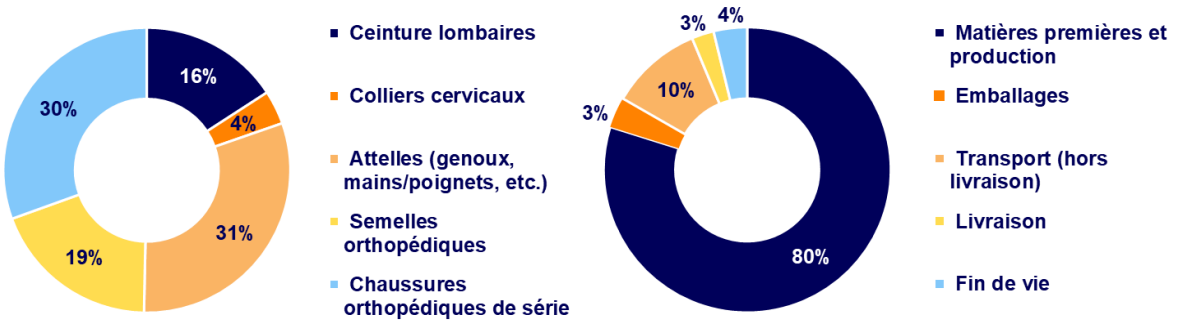


Figure 41 : *Répartition des émissions des orthèses, par catégorie de produit (à gauche), et par catégorie d'émissions (à droite)*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

La majeure partie des émissions provient **des matières premières et des processus de production**. Environ 60% des produits d'orthopédie consommés en France ne proviennent pas d'Europe[217], une grande partie provenant d'Asie. Comme montré dans la section précédente pour les orthèses de contention, l'empreinte carbone d'une production française ou européenne est significativement plus faible que celle d'une production en Asie.

3) Quels leviers de décarbonation pour les orthèses de série ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les orthèses de série peuvent potentiellement diminuer de 77% par rapport à 2025**. La figure 42 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

[214] 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
[215] Données fournies par l'association NèreS et OpenHealth.
[216] En effet, nous estimons que les hypothèses prises pour ce calcul d'empreinte carbone ne reflètent pas la diversité d'orthèses consommées en France. Ainsi, le calcul réalisé dans le cadre de ce rapport représente un ordre de grandeur des émissions des orthèses plutôt qu'un résultat précis.
[217] Répartition des provenances des articles et appareils d'orthopédie importés. The Shift Project, d'après les données des Douanes françaises.

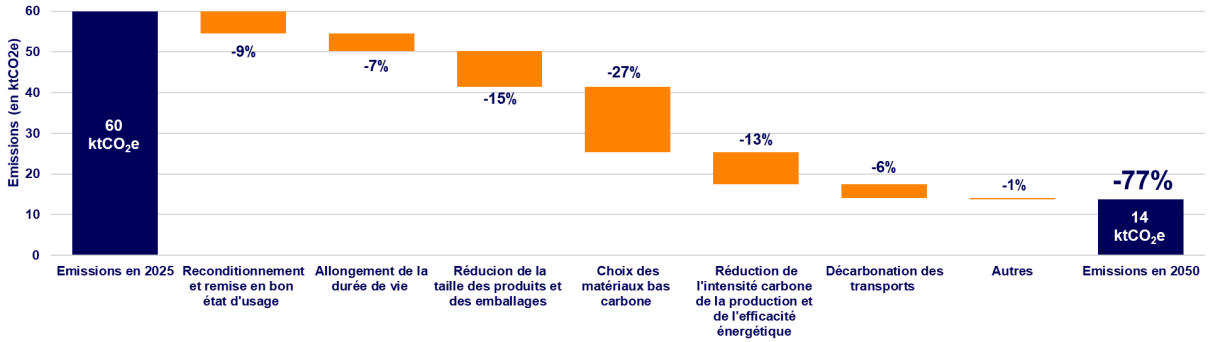
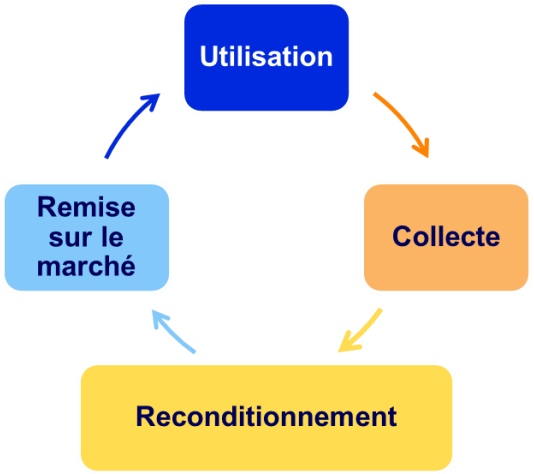


Figure 42 : *Evolution des émissions des orthèses de série d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **plusieurs leviers structurants pour la décarbonation des orthèses de série :**

1) **Développer une économie circulaire, basé sur le reconditionnement, la remise en bon état d'usage et l'allongement de la durée de vie**

Actuellement, il est estimé que la durée de vie moyenne d'une attelle est de 21 jours[218]. **Un reconditionnement ou une remise en bon état d'usage permettrait ainsi de limiter la production de nouveaux produits.** Le remise en bon état d'usage (RBEU) est notamment autorisée depuis 2025 à la suite de la publication du décret n° 2025-247[219].



Cependant, plusieurs freins structurels existent aujourd'hui : utilisation diffuse, incertitudes juridiques sur les responsabilités légales, disponibilité limitée des pièces détachées et absence de protocoles techniques partagés de reconditionnement.

Pour y remédier, nous préconisons la mise en place des mesures suivantes :

- **Organisation et mutualisation des collectes** : mettre en place des collectes gérées par des réseaux d'acteurs locaux, pour regrouper efficacement les dispositifs en fin de vie ;

[218] Redeem Medical, https://www.redeem-medical.fr/
[219] Legifrance, Décret n° 2025-247 du 17 mars 2025 relatif à la remise en bon état d'usage de certains dispositifs médicaux. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051347713

- **Clarification des responsabilité légales** : en définissant un cadre contractuel standardisé permettant si besoin de transférer la responsabilité des dispositifs mis sur le marché du fabricant initial vers l'acteur en charge du reconditionnement ;
- **Assurer la disponibilité des pièces détachées** : pendant une durée minimale de 10 ans après la vente du dernier équipement ;
- **Application auprès de tous les acteurs de la remise en bon état d'usage de la norme NF S 97-414 « *Remise en bon état d'usage de dispositifs médicaux à usage individuel* »** : guides techniques et protocoles de reconditionnement certifiants élaborés en collaboration avec les fabricants, distributeurs, usagers et opérateur du reconditionnement afin d'harmoniser les pratiques et d'assurer la conformité des dispositifs remis en bon état d'usage.

À cette fin**, une collaboration étroite** doit être mise en place entre acteurs industriels, acteurs du reconditionnement, officines et établissements de santé.

En parallèle d'un développement du reconditionnement, il serait pertinent **d'encourager un modèle locatif** pour certaines utilisations limitées dans le temps, comme les attelles ou les colliers cervicaux, notamment au sein des officines. Aujourd'hui, la vente tend à devenir la norme, même pour des usages temporaires. Ainsi, il serait pertinent de proposer **des forfaits de location intégrés dans les nomenclatures de la LPP**.

Par ailleurs, **la durée de vie des chaussures orthopédiques** pourrait être prolongée, par exemple **en encourageant les réparations ou les changements de semelles** sur le modèle du Bonus Réparation Textile, prévu par la loi anti-gaspillage pour une économie circulaire (AGEC) et en place depuis décembre 2022.

2) Favoriser un choix de matériaux moins carbonés

Les émissions des orthèses sont en grande partie déterminées par les émissions induites par la production des matières premières nécessaires à la fabrication des produits, et notamment par les matières textiles et des polymères plastiques.

La réduction de l'empreinte carbone des matières premières apparaît alors comme incontournable pour décarboner les orthèses. Ainsi, l'engagement des fournisseurs de matières premières dans la réduction de l'empreinte carbone de leurs produits est essentiel.

Il est donc primordial de privilégier les **fournisseurs engagés dans une stratégie active de décarbonation**, en particulier les fournisseurs d'acier, d'aluminium et de composants électroniques. Cela peut passer par le choix de fournisseurs ayant initié une trajectoire certifiée, comme la démarche **Science-Based Targets initiative (SBTi)** ou une certification **Ecovadis**.

Par ailleurs, une diminution de l'empreinte des composants textiles peut être atteinte **en généralisant les produits teints à la source, en intégrant au maximum des matériaux recyclés, en privilégiant le coton bio**, ou en privilégiant des pays de production des matières premières dans des pays disposant d'un **mix électrique faiblement carboné**, comme la France ou d'autres pays européens.

3) Décarboner les sites de production

Les procédés de production des orthèses (tissage, confection, etc.) sont des **procédés énergivores** : la teinture de textile nécessite par exemple une consommation de vapeur et de gaz.

Ainsi, les industries doivent entamer des démarches alliant **efficacité énergétique**, mais aussi une consommation d'énergie dont **l'intensité carbone est la plus faible possible.** Cette recherche d'une faible intensité carbone peut se traduire par le **choix de pays à faible mix électrique** (notamment la France), par une **électrification des procédés industriels**, ou par la **production directe d'énergie décarbonée** sur les sites (photovoltaïque, chaleur renouvelable).

4) Réduire les masses des orthèses et des emballages

La réduction des masses, tant au niveau des orthèses elles-mêmes que de leurs emballages, permet de limiter la quantité de matière utilisée et donc de diminuer l'impact environnemental lié à l'extraction, à la transformation et au transport des matériaux.

Concernant les orthèses, la conception est aujourd'hui encadrée par des exigences de la Liste des Produits et Prestations (LPP), qui imposent parfois des contraintes sur la nature et l'épaisseur des matériaux (comme les baleines, textiles, etc.). Il pourrait être pertinent de réfléchir à une évolution de ces cahiers des charges lorsque cela permet une réduction de matière sans compromettre la performance clinique ou le confort d'usage.

Par ailleurs, les emballages des orthèses peuvent être surdimensionnés, notamment pour des raisons marketing. Ainsi, les industries doivent engager une optimisation des tailles des emballages, et notamment dans le cadre du futur règlement européen sur les emballages (PPWR, *Packaging and Packaging Waste Regulation*[220]), qui encourage à ajuster le format des emballages à la taille réelle des produits.

5) Décarboner le transport routier

La décarbonation du transport routier constitue également un levier important. Cela passe d'abord par une **réduction des fréquences de livraison**, rendue possible par une meilleure gestion des stocks et par un passage accru par des grossistes pour les produits les plus courants. **Des alternatives au fret aérien pour l'approvisionnement des DROM** doivent également être envisagées, encore une fois via la constitution de stocks et un recours à des grossistes. En parallèle, une **électrification progressive** des flottes de camions doit être engagée, afin de substituer les véhicules thermiques par des alternatives à plus faible intensité carbone.

6) Inciter l'achat des produits vertueux

Afin de faciliter la décarbonation du secteur des orthèses, il est crucial **d'encourager le développement des produits les plus vertueux**.

[220] EUR-Lex, Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202500040

Dans le cadre de la LPP, il est nécessaire d'initier des réflexions afin de proposer des **différenciations de remboursement** en valorisant davantage les produits à faible impact environnemental : par exemple, pour les produits intégralement remboursés par l'Assurance maladie, les plafonds de prise en charge pourraient être différenciés selon leur impact carbone. Pour les dispositifs partiellement remboursés, un niveau de remboursement majoré pourrait être accordé aux produits les plus vertueux ou reconditionnés.

Enfin, les officines pourraient être incitées à adopter davantage de modèles locatifs, en particulier pour les orthèses à usage temporaire (attelles, colliers cervicaux). Des mécanismes d'incitation pourraient prendre la forme de **forfaits de location intégrés dans les nomenclatures de la LPP**.

E) 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 amputation[221]. 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'amputation[222].

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 43. 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.

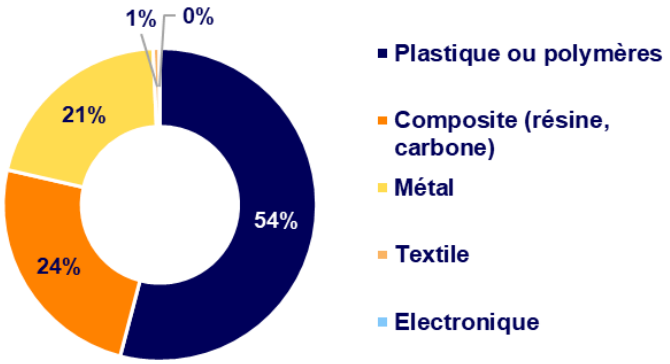


Figure 43 : *Répartition des matériaux composants les prothèses de membres consommées en France chaque année*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

[221] 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
[222] Hôpitaux universitaires de Genève, Prévention des amputations des membres inférieurs chez des patients en situation de diabète. https://www.hug.ch/enseignement-therapeutique-pour-maladies/pied-diabetique

A ce jour, nous n'avons pas réalisé de calcul d'empreinte carbone lié à la production des prothèses de membres.

Plus largement, nous n'avons pas pris en compte dans notre rapport :

- Les orthèses *sur mesure*, comme les podo-orthèses ou les corsets orthopédiques ;
- Les prothèses *sur mesure* : comme les prothèses de membres ou prothèses mammaires externes en silicone.

Ces équipements relèvent de procédés de fabrication spécifiques (moulage individuel, ajustements, prothèse d'essai, etc.) et **nécessitent une approche méthodologique distincte**. Aussi, si vous souhaitez participer à de futurs travaux de recherche à ce sujet, n'hésitez pas à nous contacter à indus-sante@theshiftproject.org.

IV - Décarboner les équipements électro-médicaux

Le terme d'équipement électro-médical désigne tout **dispositif médical qui consomme de l'électricité pour accomplir une fonction diagnostique, thérapeutique, de surveillance ou de soutien vital**. Ces équipements sont utilisés dans les établissements de santé, mais aussi dans les cabinets médicaux en ville ou à domicile.

Dans cette partie, nous étudierons :

- Les équipements d'imagerie ;
- Les autres équipements électromédicaux, en portant une attention particulière aux équipements pour pathologie respiratoire.

A) Équipements d'imagerie

En 2022, **138 millions d'actes d'imagerie ont été réalisés en France**[223]. 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.

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

En se basant sur les données de data.gouv.fr[224], de la DREES[225], de la FNMR[226] [227], 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.

[223] 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
[224] 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/
[225] DREES, Les établissements de santé, édition 2022. https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sites/default/files/2022-07/ES2022.pdf
[226] 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
[227] 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

Equipement d'imagerie	Taille du parc en stock	Nombre d'achats annuels
Scanners	1 430	235
IRM	1 310	215
Appareils de scintigraphie et de tomographie nucléaire	710	117
Appareils de radiologie et de mammographie	10 390	1 039
Appareils de radiographie dentaire standard	45 250	4 525
Appareils de radiographie dentaire panoramique	27 150	2 715
Echographes fixes	28 200	3 520
Équipements d'imagerie interventionnelle	230	23

Tableau 6 : *Taille du parc et nombre d'achats annuels en France pour les différents équipements d'imagerie*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

3) Empreinte carbone induite par les équipements d'imagerie

Nous estimons que les équipements d'imagerie en France sont responsables de l'émission de **230 ktCO₂e par an**, répartis comme montré sur la figure 44.

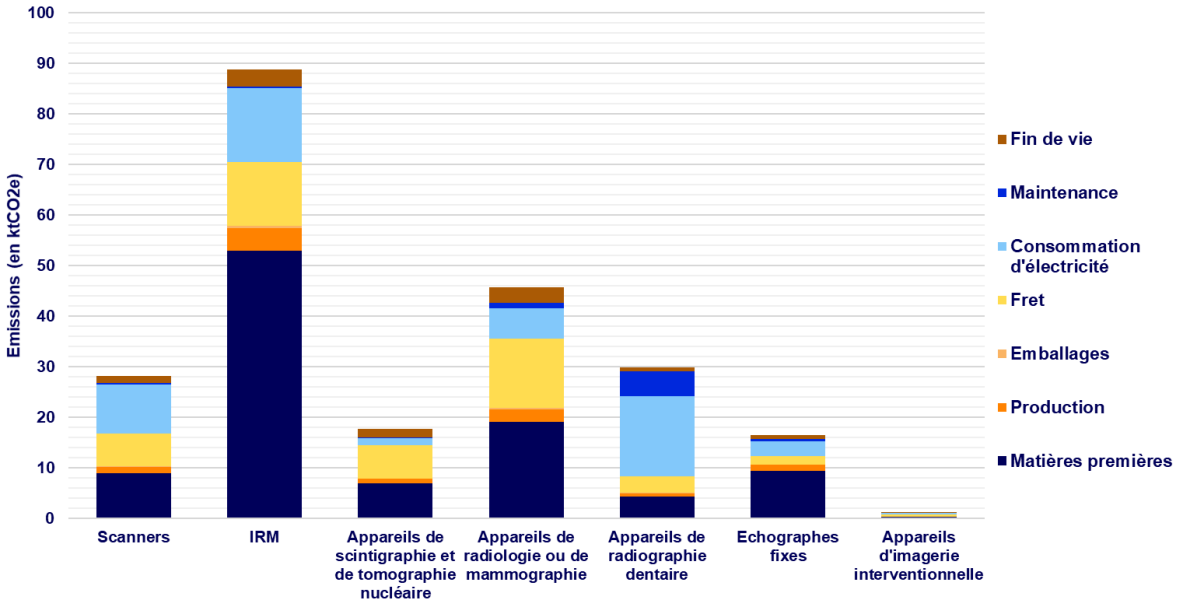


Figure 44 : *Répartition de l'empreinte carbone totale des équipement d'imagerie, par catégorie d'émissions et par catégorie d'équipements*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

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.

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**[228]. Rapporté au kilomètre, un transport par fret aérien induit environ 13 fois plus de gaz à effet de serre que par fret maritime[229].

L'utilisation des produits, via leur **consommation d'électricité**, représente environ 22% des émissions des équipements d'imagerie. Un IRM consomme en effet environ 130 MWh/an[230], et un scanner environ 80 MWh/an[231], soit l'équivalent des consommations d'électricité annuelles de respectivement 58 et 35 Français[232]. 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 8% des émissions induites par les équipements d'imagerie.

4) Quels leviers de décarbonation pour les équipements d'imagerie ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les équipements d'imagerie peuvent potentiellement diminuer de 84% par rapport à 2025**. La figure 45 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

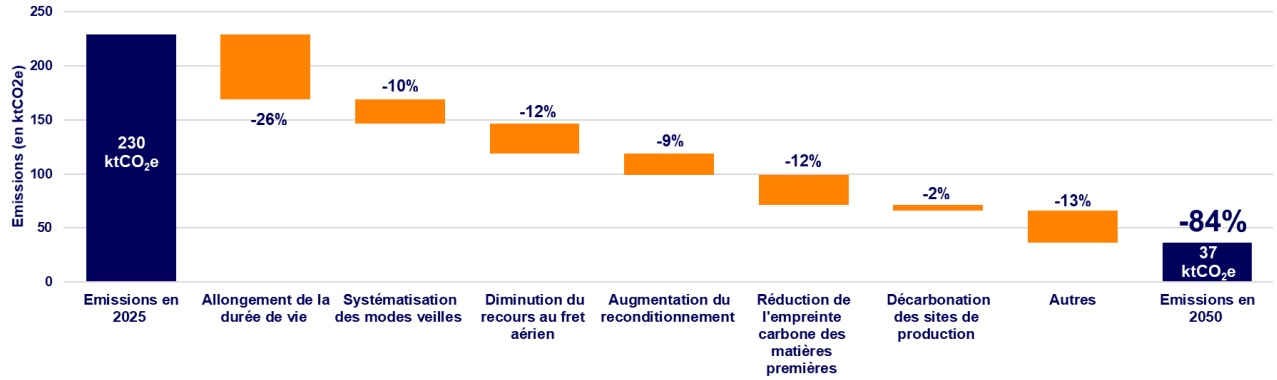


Figure 45 : *Evolution des émissions des équipements d'imagerie d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **4 critères structurants pour des équipements d'imagerie décarbonés** :

1) Allongement de la durée de vie

[228] Eurostat, Extra-EU trade since 2000 by mode of transport, by HS2-4-6, 2024, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/
[229] 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/)
[230] 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/
[231] 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
[232] 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/

La durée de vie des équipements d'imagerie pourrait être potentiellement allongée. Dans le cas des IRM, des scanners et des appareils de médecine nucléaire, la durée de vie est aujourd'hui déterminée par la durée du forfait technique[233] à taux plein, c'est à dire 7 ans. Ainsi, **nous proposons une évolution du modèle actuel du forfait technique**, afin d'encourager les établissements à un renouvellement plus pertinent de leurs appareils.

Deux prérequis sont essentiels pour accompagner cet allongement de la durée de vie. **La garantie de la qualité et de la sécurité des soins** doit être assurée par exemple par la mise en place de contrôles techniques réguliers, afin de s'assurer du bon fonctionnement des équipements tout au long de leur durée d'utilisation. En outre, les équipements doivent permettre **l'intégration de flexibilité logicielle**, permettant des mises à jour (upgrades) ou des rénovations partielles (refitting). Celles-ci doivent toutefois être techniquement compatibles avec le matériel existant, ce qui suppose une certaine évolutivité du hardware dès l'origine.

Enfin, il faut souligner que les nouveaux appareils présentent souvent des performances énergétiques améliorées (consommation électrique réduite, moindre usage d'hélium, etc.). Un équilibre doit donc être trouvé entre prolongation de la durée de vie, maintien de la performance clinique et empreinte environnementale de l'usage.

2) Réduction des consommations d'énergie

Dans le cas des équipements d'imagerie, les phases d'utilisation ne représentent qu'une fraction limitée de la consommation énergétique totale des équipements : 32 % pour les IRM, 13 % pour les scanners et seulement 3 % pour les appareils de radiologie conventionnelle. La majeure partie de la consommation intervient donc lorsque les appareils sont inactifs, en veille ou en attente[234].

Dans ce contexte, nous estimons que 45% des consommations d'énergie pourraient être réduites, et notamment via la **systématisation de logiciels automatisant les modes veilles à faibles consommations d'énergie**.

Cette systématisation de logiciels doit s'accompagner d'une recherche de **fiabilisation et de performance** par les acteurs industriels, et les éditeurs de logiciels et de systèmes d'exploitation. En effet, les modes basses consommations aujourd'hui disponibles restent perfectibles.

La mise en œuvre de ces solutions techniques doit également s'accompagner d'un effort **d'accompagnement et de formation à l'utilisation des logiciels**, à destination des ingénieurs biomédicaux et des utilisateurs.

Enfin, au-delà de la gestion énergétique des phases d'inactivité, d'autres leviers peuvent être mobilisés, tels que l'optimisation des temps d'acquisition via des logiciels dédiés ou une

[233] Remboursement spécifique destiné à couvrir les coûts liés à l'acquisition des équipements lourds pour les établissements de santé.
[234] COCIR, COCIR Guidelines for users on saving energy, 2014/2015.
https://www.cocir.org/fileadmin/6_Initiatives_SRI/GoodEnvPractice/COCIR_Guidelines_for_users_for_saving_energy_-_X-ray_Sept2015.pdf
https://www.cocir.org/fileadmin/6_Initiatives_SRI/GoodEnvPractice/COCIR_CT_guidelinesforgoodenvironmentalpractive_19-05-14.pdf
https://www.cocir.org/fileadmin/6_Initiatives_SRI/Measurement/15010MRI_brochure_22-06-15.pdf

meilleure planification des actes d'imagerie, contribuant ainsi à une utilisation plus efficiente et responsable des ressources.

3) Diminution du recours à l'aérien

Dans le cas d'importations de provenance extra-européenne, le fret aérien est majoritairement utilisé pour le transport des équipements d'imagerie. Le transport de ces équipements présente en effet des contraintes techniques (conteneurs réfrigérés pour les IRM par exemple) ou économiques (coûts du stockage supplémentaire pour compenser les délais associés au fret maritime).

Il apparaît donc essentiel d'inciter les acteurs à privilégier des modes de transport plus vertueux. À ce titre, **les appels d'offres devraient intégrer, parmi leurs critères de sélection, la valorisation du non-recours au transport aérien**.

4) Augmentation du reconditionnement des équipements

Lorsque les équipements d'imagerie arrivent en fin de vie ou deviennent obsolètes, il est souvent possible de valoriser une partie de leurs composants, en particulier les éléments mécaniques (en acier ou en aluminium), mais également certains composants électroniques.

Dans cette perspective, il est essentiel de **structurer et de renforcer les filières de reconditionnement**, tout en encourageant l'achat d'équipements reconditionnés par les établissements de santé.

Cela suppose également une évolution des pratiques d'achat : les appels d'offres doivent intégrer des **critères valorisant la réparabilité, la compatibilité des pièces détachées avec les générations futures d'appareils, la séparabilité des composants, ou encore la possibilité de récupérer et de réutiliser certains composants.**

5) Autres leviers

Les quatre leviers précédemment évoqués permettent à eux seuls de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux équipements d'imagerie de près de 57 % par rapport aux niveaux de 2025. Pour aller plus loin, il est nécessaire de les associer à des actions complémentaires :

- **Favoriser l'achat de matières premières vertueuses**, notamment en embarquant les fournisseurs vers une stratégie de décarbonation cohérente et sur le long terme, et notamment les fournisseurs de composants électroniques, d'acier, et d'aluminium.
- **La décarbonation des sites de production**, en particulier à travers des démarches d'efficacité énergétique et le recours à des sources d'énergie à faible intensité carbone. Cela peut passer par une relocalisation partielle de la production dans des pays au mix électrique plus vertueux, ou par une transition vers les énergies renouvelables sur les sites existants.
- **La décarbonation du transport routier et de la maintenance**, et notamment à travers une électrification des flottes de camions, mais aussi en internalisant une partie de la maintenance à travers des contrats de maintenance partagée.

B) Autres équipements électro-médicaux

1) Émissions induites par les équipements pour pathologies respiratoires

Entre 7 et 10 millions de Français sont atteints d'une pathologie affectant le système respiratoire[235] [236]. 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**[237].

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 **113 ktCO$_2$e par an**, réparties comme montré sur la figure 46.

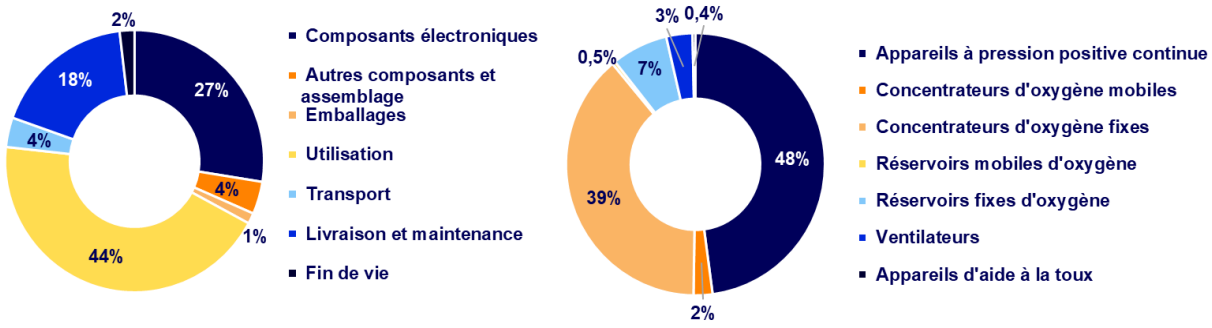


Figure 46 : *Répartition de l'empreinte carbone des équipement pour pathologies respiratoires, par catégorie d'émissions (à gauche), et par catégorie d'équipements (à droite)*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

On distingue un profil d'émissions spécifique, marqué principalement par **la consommation d'électricité** des équipements, la **production de composants électroniques**, 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 électrique moyenne d'un Français**[238]. 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

[235] Snitem, Innovation en respiration, 2021, https://www.snitem.fr/wp-content/uploads/2021/02/SNITEM-RESPIRATION-2022-web-ok.pdf
[236] Cour des Comptes, La santé respiratoire, 2024. https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2024-05/20240515-Sante-respiratoire_0.pdf
[237] Association Santé Respiratoire France, Les apnées du sommeil. https://sante-respiratoire.com/les-maladies-respiratoires/apnees-du-sommeil-2/
[238] 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/

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 plusieurs 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 significative des émissions provient également des **matières premières** et de la **production** des équipements, et notamment des **composants électroniques**. En effet, la production d'un kg de composant électronique induit des émissions de plus de 300 $kgCO_2e$ (environ 3 fois plus que le même poids en plastique)[239].

Enfin, une part des émissions provient 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.

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

2) Émissions induites par les autres équipements électro-médicaux

Nous estimons ici l'empreinte carbone des autres équipements électro-médicaux utilisés dans le système de santé.

Pour évaluer la consommation française de ces équipements, nous nous sommes appuyés notamment sur un recensement des parcs présents dans les établissements hospitaliers, réalisé en collaboration avec l'AFIB (Association française des ingénieurs biomédicaux) et auprès d'ingénieurs biomédicaux. Selon nos estimations, plus de 500 000 pousse-seringues, 170 000 moniteurs multiparamétriques et 80 000 ventilateurs d'anesthésie et de réanimation sont actuellement en service en France.

A cela, il faut ajouter les équipements électro-médicaux utilisés en ville. Si les défibrillateurs automatisés externes (DAE) ont été intégrés dans notre analyse, d'autres catégories n'ont pas été prises en compte, notamment :

- les équipements électro-médicaux utilisés en cabinet de ville (autoclaves et laveurs-désinfecteurs chez les chirurgiens dentistes, lampe à fente, réfractomètre et OCT chez les cabinets d'ophtalmologie, etc.) ;
- les autres équipements électro-médicaux utilisés à domicile (hors appareils pour pathologies respiratoires) : pompes à nutrition, tire-laits, stylos à insuline connectés, etc.

[239] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

Ainsi, les masses des équipements pris en compte représentent environ 2 000 tonnes, réparties comme montrés sur la figure 47 :

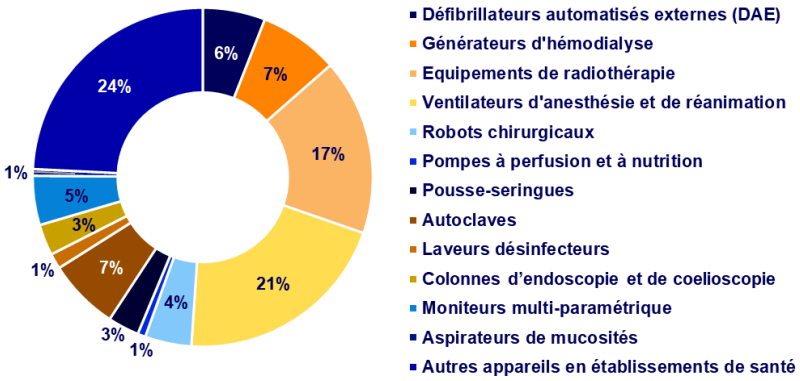


Figure 47 : *Répartition des masses des équipements électro-médicaux utilisés en établissements de santé et des DAE, hors équipements d'imagerie.*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Nous estimons que les équipements électro-médicaux couverts dans notre périmètre sont responsables de l'émission de **198 ktCO₂e par an**, réparties comme montré sur la figure 48.

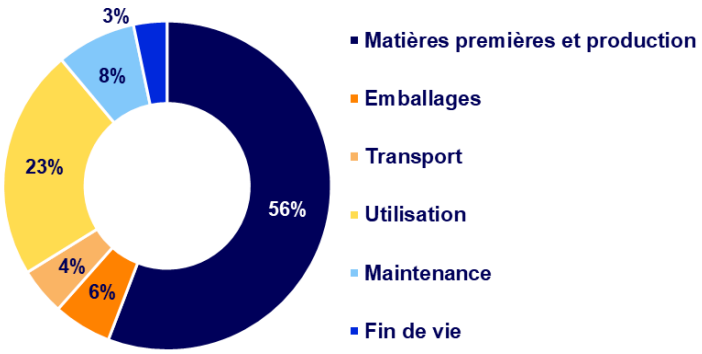


Figure 48 : *Répartition des émissions des équipements électro-médicaux.*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Plus de la moitié des émissions proviennent des **matières premières** et de la **production** des équipements, et notamment des **composants électroniques**. En effet, la production d'un kg de composant électronique induit des émissions de plus de 300 kgCO₂e (environ 3 fois plus que le même poids en plastique)[240]. Ainsi, si les composants électroniques ne représentent qu'en moyenne 14% du poids des équipements, ils sont responsables de 87% des émissions liées à la production de ces derniers[241].

La production des **emballages** peut également représenter une part non négligeable des émissions, et notamment dans le cas des petits appareils, ou dans le cas où les appareils nécessitent des mallettes de transport par exemple. Le **transport** est responsable de 5% des émissions des équipements, et notamment dans le cas de l'utilisation de **fret aérien**. Celui-ci est privilégié dans le cas d'importations extra-européennes d'équipements volumineux (robots chirurgicaux, équipements de radiothérapie ou colonnes d'endoscopie).

La consommation d'énergie des équipements représente 23% des émissions des équipements électro-médicaux. Certains équipements sont particulièrement consommateurs d'électricité, comme les autoclaves et les appareils de radiothérapie, qui consomment

[240] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[241] Hors emballages, transports, utilisation, etc.

l'équivalent de **la consommation électrique moyenne de respectivement de 13 et de 177 Français**[242].

Enfin, la **maintenance** des équipements nécessite des déplacements de techniciens pour effectuer ces opérations de maintenance préventive. C'est notamment le cas pour les 500 000 DAE en France qui nécessitent une maintenance annuelle préventive.

3) Quels leviers de décarbonation pour les équipements électro-médicaux ?

Nous estimons que d'ici 2050, les **émissions induites par les équipements électro-médicaux peuvent potentiellement diminuer de 79% par rapport à 2025**. La figure 49 ci-dessous présente le potentiel associé aux différents leviers de décarbonation identifiés :

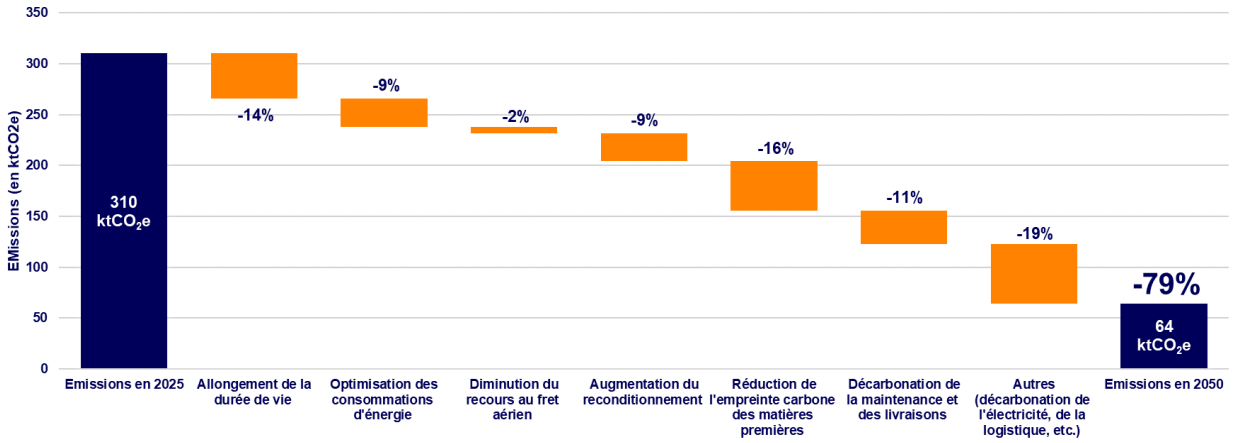


Figure 49 : *Evolution des émissions des équipements électro-médicaux (hors imagerie) d'ici 2050*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Au vu de ces résultats, nous pouvons dégager **5 critères structurants pour des équipements électro-médicaux décarbonés** :

1. Allongement de la durée de vie

Aujourd'hui, de nombreux dispositifs sont remplacés bien avant leur fin de vie technique. C'est par exemple le cas des appareils de traitement de l'apnée du sommeil, dont la durée de vie moyenne n'excède pas six ans, alors même que leurs composants pourraient, dans bien des cas, fonctionner plus longtemps.

Cette obsolescence anticipée peut s'expliquer dans certains cas par un **manque de clarté et de standardisation sur la définition de la « durée de vie »** fournie par les fabricants : durée en années, nombre d'heures d'utilisation, période couverte par la garantie, etc. Cette incertitude pousse les utilisateurs à adopter une approche prudente, conduisant souvent à un remplacement prématuré des équipements. **Nous proposons donc une standardisation de la notion de durée de vie**, en imposant une indication normalisée de la durée de vie (ou de durée d'usage prévue) pour chaque type d'équipement, afin de donner

[242] 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/

aux utilisateurs la possibilité de comparer des produits, de les utiliser à leur plein potentiel et ainsi, de renforcer la transparence vis-à-vis des utilisateurs. Une telle démarche pourrait notamment s'appuyer sur **une clarification de la norme IEC 60601-1**, qui encadre aujourd'hui certains aspects liés à la durée de vie des équipements électro-médicaux.

En parallèle, il est nécessaire de **renforcer la réparabilité** des équipements afin de prolonger leur usage effectif. Cela suppose d'imposer une **mise à disposition garantie des pièces détachées pendant une durée minimale**, y compris pour les composants électroniques et les éléments logiciels. De plus, les fabricants devraient garantir une **rétrocompatibilité** des pièces et des mises à jour, permettant aux anciens modèles de rester compatibles avec les nouvelles générations de pièces détachées et de logiciels. La standardisation de certains composants constitue également une piste prometteuse. Ces éléments pourraient par exemple être inclus dans un **renforcement de la norme IEC 60601-1-9** qui concerne la réduction des impacts environnementaux des appareils électro-médicaux.

2. Optimisation des consommations d'énergie

L'**optimisation des consommations d'énergie** constitue un second axe essentiel pour la décarbonation des équipements électro-médicaux. Certaines consommations électriques peuvent être réduites, à la fois en **optimisant les usages**, mais aussi en **développant les appareils basses consommations**.

D'une part, certains usages peuvent être optimisés, notamment à travers des extinctions ou mise en veille intelligentes et automatisées, un pilotage précis et centralisé des appareils et un usage raisonné. De telles mesures, applicables dès aujourd'hui, permettent de diminuer significativement les consommations énergétiques (et les coûts associés) sans altérer la qualité des soins.

Encadré 11 : un exemple concret : optimiser les consommations d'énergie des autoclaves

En 2024, une étude réalisée au centre hospitalier de Dax a montré qu'en **optimisant les facteurs de charge des autoclaves** (en laissant constamment l'un de leur trois autoclaves éteint), une réduction des consommations d'énergie de 38% était observée[243].

En outre, une réflexion peut être portée sur les **durées de stérilisation** : en France, les protocoles de stérilisation par autoclave prévoient en général un cycle à 134 °C pendant 18 minutes. Cette durée est nettement supérieure aux pratiques observées dans d'autres pays européens, où des cycles de 134 °C pendant seulement 3 à 5 minutes sont couramment utilisés.

D'autre part, **l'innovation industrielle doit porter sur la conception d'appareils moins énergivores**. Les politiques publiques peuvent inciter cette évolution, en intégrant des critères de performance énergétique dans les appels d'offres hospitaliers et, le cas échéant, en modulant les remboursements (forfaits LPP) selon l'efficacité énergétique des équipements acquis.

[243] Champeyroux et al, Diminuer la consommation électrique d'un service de stérilisation : est-ce si compliqué ? *La Revue Pharmaceutique des Dispositifs Médicaux*, 2024. https://www.euro-pharmat.com/content_page/download/8835/6402/254

Encadré 12 : un exemple concret : des différences notoires entre les consommations des appareils pour l'apnée du sommeil

Des variations significatives de consommations énergétiques peuvent être observées entre des appareils à effet équivalent. Une étude de 2024[244] a par exemple montré une différence de 40% entre les consommations électriques des appareils pour l'apnée du sommeil, entre le plus sobre et le plus énergivore.

Il est important de noter qu'une optimisation des consommations d'énergie, en plus de présenter des bénéfices environnementaux, **présente également des co-bénéfices économiques pour les utilisateurs**. Certains équipements peuvent en effet représenter des coûts importants pour les établissements, mais aussi pour les personnes prises en charge[245].

3. Diminution du recours au fret aérien

Si le transport représente une part modeste de l'empreinte carbone des équipements électro-médicaux, **le fret aérien peut, dans certains cas, en constituer un poste majeur**. C'est notamment le cas des équipements lourds ou sophistiqués importés de l'étranger : pour un robot chirurgical importé en avion, par exemple, **le transport aérien peut représenter environ 20 % des émissions totales**.

Ce mode de transport, particulièrement émetteur, reste privilégié pour des raisons de rapidité et d'optimisation logistique, alors même qu'il existe peu d'incitations à le limiter. Le **coût du stockage** et les exigences de disponibilité rapide poussent les industriels à privilégier l'aérien.

Pour réduire cet impact, il est essentiel que **les appels d'offres publics favorisent le recours à des modes de transport bas carbone**, en introduisant des critères valorisant la livraison par voie maritime, ferroviaire ou routière à faibles émissions, et en restreignant le recours à l'aérien aux urgences et aux cas strictement justifiés.

4. Augmentation du reconditionnement

Lorsque les équipements d'imagerie arrivent en fin de vie ou deviennent obsolètes, il est souvent possible de valoriser une partie de leurs composants, en particulier les éléments mécaniques (en acier ou en aluminium), mais également certains composants électroniques.

Dans cette perspective, il est essentiel de **structurer et de renforcer les filières de reconditionnement**, tout en **encourageant l'achat d'équipements reconditionnés** par les établissements de santé.

Cela suppose également une évolution des pratiques d'achat : les appels d'offres doivent intégrer des certains critères, par exemple :

[244] Bianquis et al., Importantes variations dans la consommation électrique des pressions positives continues (PPC), 2024. https://www.em-consulte.com/article/1651033/importantes-variations-dans-la-consommation-electr
[245] Le soir, L'oxygénothérapie, un traitement coûteux en temps de crise, 2022. https://www.lesoir.be/477113/article/2022-11-15/loxygenotherapie-un-traitement-couteux-en-temps-de-crise

- l'existence d'une solution de reprise ou de rachat par le fabricant,
- la capacité à démonter et séparer les composants en vue de leur réutilisation ou d'une réparation,
- la compatibilité des pièces détachées avec les générations futures d'appareils,
- ou encore la traçabilité et la fiabilité de la filière de reconditionnement.

Pour les hôpitaux, cette transition pose également des enjeux logistiques et de stockage : il n'est pas réaliste de mettre en place une filière spécifique par type d'équipement. Il devient donc crucial de **mutualiser et professionnaliser la collecte**, en structurant une filière commune, soutenue par les pouvoirs publics et intégrée aux appels d'offres.

5. Maintenance décarbonée

Les opérations de maintenance, d'installation ou de réglage des équipements électro-médicaux impliquent régulièrement des **déplacements**, notamment de techniciens ou de prestataires de santé à domicile (PSAD). Ces trajets, souvent réalisés en voiture, représentent une source non négligeable d'émissions de gaz à effet de serre.

La décarbonation de ces déplacements passe principalement par la **généralisation des flottes de véhicules électriques**.

Afin d'accélérer cette mutation, des **incitations financières** spécifiques pourraient être mises en place par la CNSA ou les conseils départementaux, notamment à destination des PSAD. Par ailleurs, les plus grandes structures sont déjà concernées par **l'article 77 de la Loi d'Orientation des Mobilités (LOM)**, qui impose une part croissante de véhicules électriques dans les flottes : **35 % d'ici 2027, 50 % en 2030, et 100 % en 2050**.

Encadré 13 : un exemple concret : mise à disposition de véhicules bas carbone par les conseils départementaux

En 2022, les Conseils départementaux de la Creuse et de la Gironde ont mis à disposition, à titre expérimental, une flotte mutualisée de véhicules bas-carbone pour 147 salariés de Services d'Aide et d'Accompagnement à Domicile. En 2024, la démarche poursuit son essaimage : elle sera étendue à sept départements et la flotte sera composée de près de 850 véhicules. Cette initiative a été le fruit d'un financement conjoint de la CNSA, du Conseil Régional de Nouvelle Aquitaine, et des Conseils départementaux de la Creuse et de la Gironde.

6. Autres leviers

Les cinq leviers précédemment évoqués permettent à eux seuls de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux équipements électro-médicaux de près de 45 % par rapport aux niveaux de 2025. Pour aller plus loin, il est nécessaire de les associer à des actions complémentaires :

- **Favoriser l'achat de matières premières vertueuses**, notamment en embarquant les fournisseurs vers une stratégie de décarbonation cohérente et sur le long terme, et notamment les fournisseurs de composants électroniques, d'acier, et d'aluminium.

- **La décarbonation des sites de production**, en particulier à travers des démarches d'efficacité énergétique et le recours à des sources d'énergie à faible intensité carbone. Cela peut passer par une relocalisation partielle de la production dans des pays au mix électrique plus vertueux, ou par une transition vers les énergies renouvelables sur les sites existants.
- **Une réflexion autour de la sobriété des usages**, notamment dans le cas où certaines fonctionnalités intégrées aux dispositifs ne contribuent pas à la qualité des soins — par exemple, la présence d'écrans tactiles couleur sur des dispositifs simples comme les pousse-seringues. Une **évaluation systématique de la pertinence de ces fonctionnalités** pourrait être menée au niveau des services hospitaliers, afin de limiter les sur-spécifications et les surcoûts environnementaux non justifiés.

V - Dispositifs médicaux implantables et instruments chirurgicaux

A) 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 être regroupés dans les catégories suivantes[246] :

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

1) Empreinte carbone des instruments

L'analyse de l'empreinte carbone des instruments médicaux se heurte à la grande hétérogénéité des dispositifs étudiés : ainsi, **nous ne proposons pas un calcul de l'empreinte carbone moyenne d'un instrument chirurgical**. Nous pouvons toutefois distinguer deux grandes profils d'émissions de GES :

- **Les instruments dits « simples » :**

[246] https://www.distrimed.com/index.php?cPath=82

Cette première catégorie regroupe des dispositifs comme les pinces, ciseaux, ou porte-aiguilles. Leur empreinte carbone est principalement liée à l'extraction et à la transformation des **matières premières** (essentiellement des métaux).

- **Les instruments « complexes » :**

La seconde catégorie inclut les instruments plus complexes : laryngoscopes, endoscopes, cystoscopes, bronchoscopes, urétéroscopes, cathéters, ou encore les instruments et consommables associés aux robots chirurgicaux.

Ces équipements cumulent plusieurs aspects participant à augmenter leur intensité carbone. En plus de **procédés de fabrication plus techniques**, on retrouve une intégration fréquente de **composants électroniques** (capteurs, circuits imprimés, écrans), qui peuvent être responsables d'une large partie de l'empreinte carbone des instruments. Les chaînes logistiques sont souvent mondialisées, et environ 20% de ces dispositifs est **importé par fret aérien**[247], ce qui augmente alors leur empreinte carbone d'environ 20 %.

2) Usage unique et réutilisable : quelles différences en termes d'empreinte carbone ?

La majorité[248] des publications scientifiques suggèrent que les dispositifs médicaux à usage unique présentent une empreinte carbone supérieure à celle des instruments réutilisables.

Dans les sections suivantes, nous proposons une analyse critique des études qui concluent au résultat inverse, c'est-à-dire à une empreinte équivalente, voire inférieure, pour les dispositifs à usage unique.

Nous identifions **deux principaux biais méthodologiques** dans ces études: une sous-estimation récurrente des émissions associées aux dispositifs à usage unique, notamment en raison d'une couverture incomplète de leur cycle de vie ; et une surestimation possible des impacts des dispositifs réutilisables, en particulier lorsqu'est ignorée la spécificité du mix électrique français, faiblement carboné.

Une fois ces biais corrigés, **l'utilisation d'instruments réutilisables apparaît systématiquement comme l'option à plus faible empreinte carbone.**

a) Une majorité des études académiques montrent que l'empreinte carbone de l'usage unique est supérieure à l'empreinte des instruments réutilisables

La figure 50 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.

[247] Eurostat, Extra-EU trade since 2000 by mode of transport, by HS2-4-6, 2024, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/
[248] Elles étaient environ 75% à faire ce constat en 2022. Drew et al., HealthcareLCA: an open-access living database of health-care environmental impact assessments. Lancet Planet Health. 2022 Dec;6(12):e1000-e1012.

Nous pouvons constater que **dans 75% des cas, les instruments réutilisables semblent moins émetteurs que ceux à usage unique**.

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**[249]. Il est alors important de noter que la plupart des études ne concernent pas spécifiquement la France et ne prennent donc pas en compte les spécificités des établissements français comme la capacité ou non à stériliser au sein des établissements, ou le mix électrique.

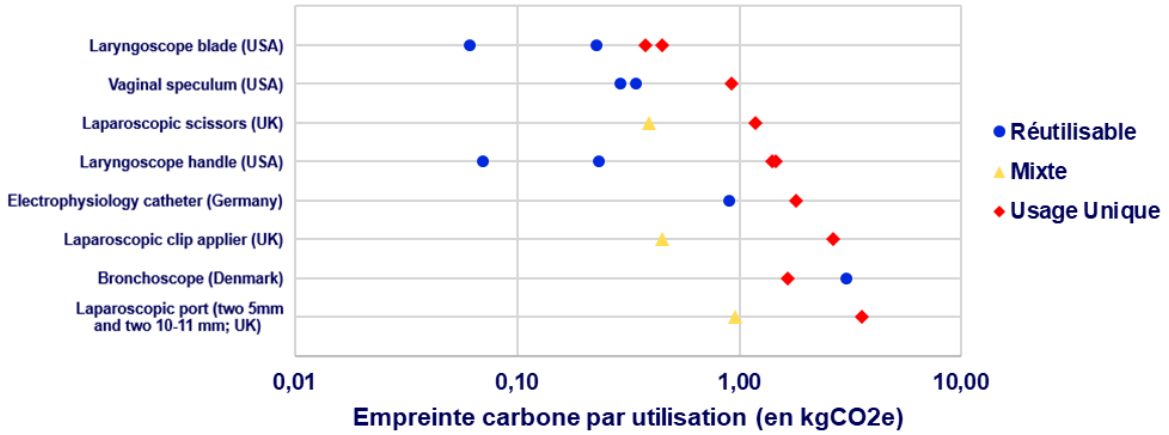


Figure 50 : *Empreinte carbone des instruments selon leur usage (réutilisable, mixte, à usage unique)*
Source : *Drew et al*[250]

b) La plupart des études académiques sous-estiment l'empreinte carbone des instruments à usage unique

Nous proposons dans cette section une analyse critique des publications concluant que l'impact carbone des dispositifs à usage unique serait inférieur à celui des instruments réutilisables. Nous avons exclu les études dont les données utilisées ne sont pas partagées.

N**ous avons alors systématiquement constaté une sous-évaluation de l'empreinte liée aux produits à usage unique**. Nous avons notamment identifié deux lacunes récurrentes : l'exclusion de phases cruciales du cycle de vie (production, transport) et l'omission de composants à forte intensité carbone (et notamment des composants électroniques).

Ainsi, Davis et al. (2018) affirment par exemple que l'empreinte carbone des urétéroscopes à usage unique est comparable à celle des urétéroscopes réutilisables. Toutefois, cette étude ne comptabilise que l'empreinte carbone des matières premières, et néglige les étapes de production (particulièrement exigeantes pour ce genre d'instrument) et des transports alors que ces étapes sont bien mieux prises en compte dans l'étude de Thöne et al. (2024). Cela tend à sous-estimer le gain carbone du réutilisable qui permet d'éviter des productions supplémentaires. En intégrant ces étapes manquantes, nous estimons que dans l'étude de Davis et al., l'empreinte carbone des urétéroscopes à usage unique a été sous-estimée d'un facteur 1,5 à 2,6 (figure 51), ce qui fausse les résultats de l'étude.

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

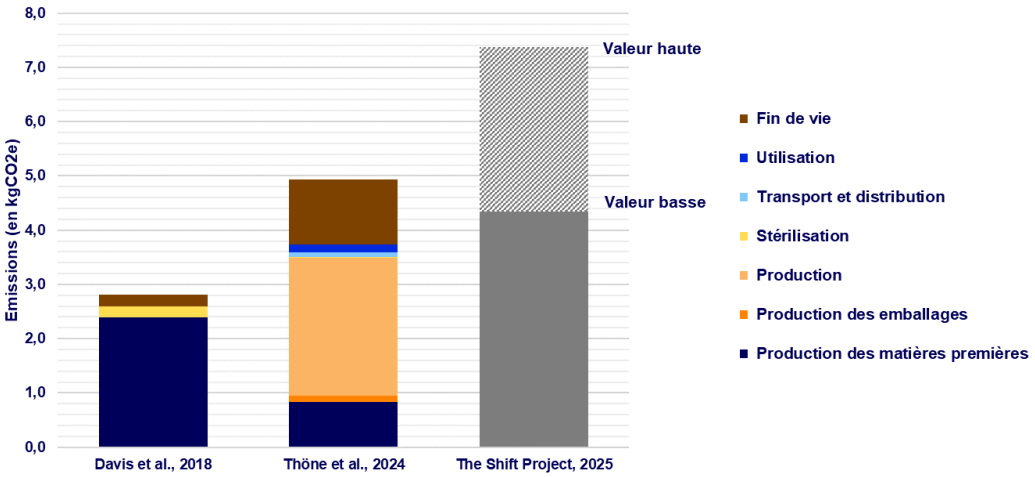


Figure 51 : *Empreinte carbone d'un urétéroscope à usage unique (rapporté à des appareils de 208g)*
Source : *The Shift Project, d'après Davis et al. (2018), Thöne et al. (2024), et données internes.*

Autre exemple : Sørensen et al. (2018) concluent que l'empreinte carbone des bronchoscopes à usage unique est inférieure à l'empreinte carbone des bronchoscopes réutilisables. Encore une fois, il apparaît que cette étude néglige de nombreux éléments, tels que les composants électroniques des instruments, alors que ceux-ci sont généralement responsables de la majorité de l'empreinte carbone de ce type d'instruments. Ces éléments sont mieux pris en compte dans l'étude de Bringier et al. (2023) qui étudient le même instrument. Ainsi, nous estimons que dans l'étude de Sørensen et al., l'empreinte carbone des bronchoscopes à usage unique a été sous-estimée d'un facteur 2 à 3,6 (figure 52), ce qui fausse là encore les résultats de l'étude.

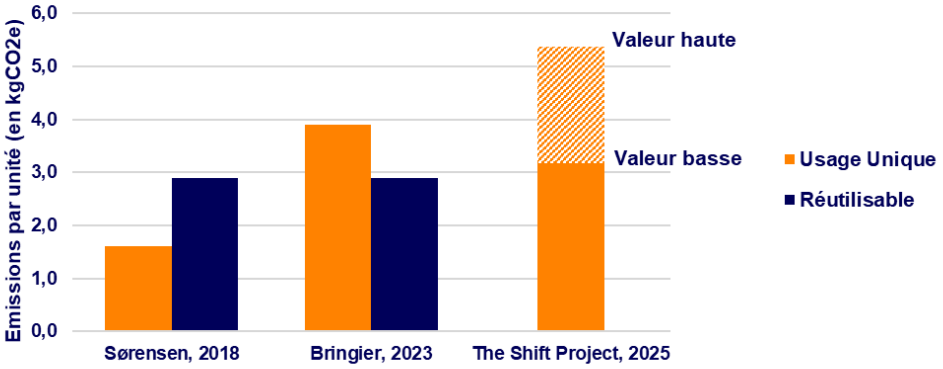


Figure 52 : *Empreinte carbone de bronchoscopes flexibles à usage unique et réutilisables (rapportée à un cycle d'utilisation pour les instruments réutilisables)*
Source : *The Shift Project, d'après Sørensen et al. (2018), Bringier et al (2023)., et données internes.*

c) L'empreinte carbone de la re-stérilisation est plus basse en France que dans les pays étudiés

Si de nombreuses études minimisent l'impact carbone des instruments à usage unique, elles tendent parfois également à surestimer celui des dispositifs réutilisables. En effet, un poste majeur de l'empreinte carbone liée à la réutilisation réside dans l'énergie consommée par les autoclaves et autres appareils de stérilisation. Or, le mix électrique français est significativement moins carboné que celui de la plupart des pays étudiés.

Ainsi, si l'on ajuste les calculs de l'étude de Duijndam (2022) (qui par ailleurs pourrait, d'après nos estimations, sous-estimer l'empreinte de production des bronchoscopes d'un

facteur 1,4 à 2,3) en appliquant le facteur d'émissions du mix électrique français, l'empreinte carbone des bronchoscopes réutilisables se voit ainsi diminuer de 34% (figure 53).

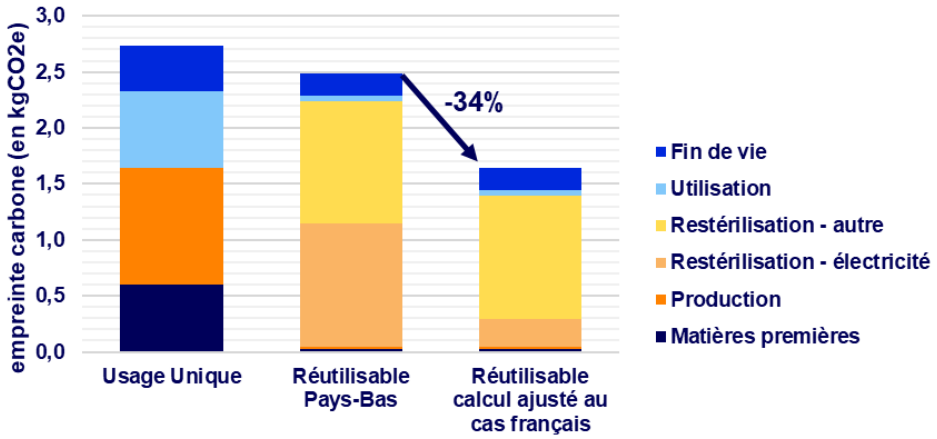


Figure 53 : *Empreinte carbone de vidéo-endoscopes à usage unique, et de bronchoscopes réutilisables flexibles, rapportée à une utilisation.*
Source : *The Shift Project, d'après Duijndam (2022).*

Cette correction souligne l'importance de contextualiser les études au regard des spécificités des établissements français, et notamment au regard du mix électrique français.

3) Quels leviers de décarbonation pour les instruments ?

a) Privilégier l'usage d'instruments réutilisables

Comme abordé précédemment, dans la plupart des cas, les instruments réutilisables induisent moins d'émissions de GES que leurs équivalents à usage unique, bien que les études académiques actuelles sous-estiment souvent cette différence.

En conséquence, et même si une démonstration systématique reste à établir, **il semble justifié d'adopter le réutilisable par défaut, sauf preuve solide et reproductible en faveur de l'usage unique.**

Nous avons identifié plusieurs leviers afin de favoriser un usage plus généralisé d'instruments réutilisables.

- **Un besoin de compétences et d'études solides**

De nombreuses études académiques actuelles présentent des lacunes ou des biais, ce qui fausse les conclusions et crée de la confusion quant aux recommandations d'utilisation. Il est donc crucial de renforcer les compétences en recherche dans ce domaine.

Une étude académique solide devrait idéalement **utiliser des données de production des industriels** : en effet, assimiler un instrument chirurgical à un morceau de métal n'est pas pertinent compte tenu des procédés de production très spécifiques et exigeants des industries dédiées. En outre, les études doivent proposer des **analyses de cycle de vie plus complètes**, en comptabilisant notamment les composants électroniques, les pertes de matériaux à la production, les procédés de production spécifiques (traitements de surface, etc.), ou les transports (notamment dans le cas d'un possible recours au fret aérien). **Nous recommandons aux revues scientifiques de vérifier systématiquement la conformité des ACV soumises avec les normes ISO 14040 et ISO 14044.** Pour les publications déjà

parues, l'ajout d'un addendum précisant l'absence de conformité pourrait être envisagé. Enfin, il serait pertinent que la communauté scientifique s'empare de ce sujet en adressant, le cas échéant, des lettres de commentaire aux éditeurs concernés.

En parallèle, il est essentiel de développer un regard critique chez les acheteurs pour favoriser des choix éclairés. En effet, sans qu'il ne s'agisse nécessairement d'une démarche délibérée, **certains résultats discutables peuvent se retrouver dans des communications à destination des acheteurs ce qui crée de la confusion auprès de ces derniers**.

- **Besoin de recommandations des sociétés savantes**

Comme évoqué précédemment, les utilisateurs et les acheteurs rencontrent des difficultés pour s'orienter dans leurs choix.

Ainsi, nous identifions un **réel besoin de recommandations de la part des sociétés savantes concernées** : Société Pharmaceutique Française des Dispositifs Médicaux (SPFDM - anciennement Europharmat), Société Française des Sciences de la Stérilisation (SFS2), Société Française d'Hygiène Hospitalière (SF2H), Société Française de Pharmacie Clinique (SFPC), Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR), Association Française des Ingénieurs Biomédicaux (AFIB), etc.

Ces recommandations pourraient se concrétiser par la publication d'une **liste d'instruments pour lesquels l'utilisation de versions réutilisables est à privilégier**. Cette liste pourrait être régulièrement mise à jour en fonction des nouvelles données scientifiques et des résultats d'expérimentations à succès.

- **Développer une culture du réutilisable**

Favoriser l'usage d'instruments réutilisables nécessite de construire une véritable culture du réutilisable dans les établissements de santé.

Cela passe d'abord par un **renforcement des ressources humaines et matérielles dédiées à la stérilisation**.

Parallèlement, une **vision économique globale** doit être développée, qui considère non seulement les coûts humains et matériels liés aux opérations de lavage, désinfection et stérilisation, mais aussi les économies engendrées par la réduction du volume d'achats d'instruments à usage unique.

Enfin, **l'implication active des professionnels de santé** est cruciale : leur sensibilisation et leur adhésion au processus de réutilisation sont indispensables, notamment pour améliorer le taux de collecte des instruments réutilisables après usage.

- **Réfléchir au retraitement des dispositifs à usage unique**

Comme démontré par le rapport de l'IGAS dédié publié en 2024[251], le retraitement (ou reprocessing) de certains dispositifs médicaux à usage unique pourrait être prometteur. Plusieurs pays européens, comme la Belgique ou l'Allemagne, autorisent déjà cette pratique.

Une expérimentation est prévue dans plusieurs établissements, portant notamment sur les cathéters d'électrophysiologie. **Si cette expérimentation était lancée sans tarder**, ses conclusions pourraient permettre d'ouvrir la voie à une évolution des réglementations.

b) Autres leviers

En plus de privilégier les instruments réutilisables, nous identifions d'autres leviers afin de réduire les émissions induites par les instruments :

- **Diminuer le recours au fret aérien** : lorsque le transport aérien est utilisé, celui-ci est responsable d'environ 20% de l'empreinte carbone des instruments. Il apparaît donc essentiel d'inciter les acteurs à privilégier des modes de transport plus vertueux. À ce titre, **les appels d'offres devraient intégrer, parmi leurs critères de sélection, la valorisation du non-recours au transport aérien**.
- **Décarboner la restérilisation :** et notamment en optimisant les taux de remplissage des autoclaves. En 2024, une étude réalisée au centre hospitalier de Dax a montré qu'en **optimisant les facteurs de charge des autoclaves** (en laissant constamment l'un de leur trois autoclaves éteint), une réduction des consommations d'énergie de 38% était observée[252]. En outre, une réflexion peut être portée sur les **durées de stérilisation** : en France, les protocoles de stérilisation par autoclave prévoient en général un cycle à 134 °C pendant 18 minutes. Cette durée est nettement supérieure aux pratiques observées dans d'autres pays européens, où des cycles de 134 °C pendant seulement 3 à 5 minutes sont couramment utilisés.
- **Vers une sobriété des composants électroniques ?** Certains dispositifs embarquent des capteurs ou cartes électroniques jetables qui ne sont utilisés que quelques minutes. Une approche à explorer pourrait consister à moduleriser ces composants, par exemple en séparant la partie électronique (réutilisable) de la partie en contact avec le patient.

B) 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'intervention[253]. Les dispositifs médicaux implantables représentent environ 2,2 milliards d'euros de remboursement par l'Assurance maladie en 2023[254].

---

[251] 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

[252] Champeyroux et al, Diminuer la consommation électrique d'un service de stérilisation : est-ce si compliqué ? *La Revue Pharmaceutique des Dispositifs Médicaux*, 2024. https://www.euro-pharmat.com/content_page/download/8835/6402/254

[253] 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

[254] ATIH, Synthèses nationales annuelles, 2024. https://www.scansante.fr/applications/synthese-dmi-mo-sus

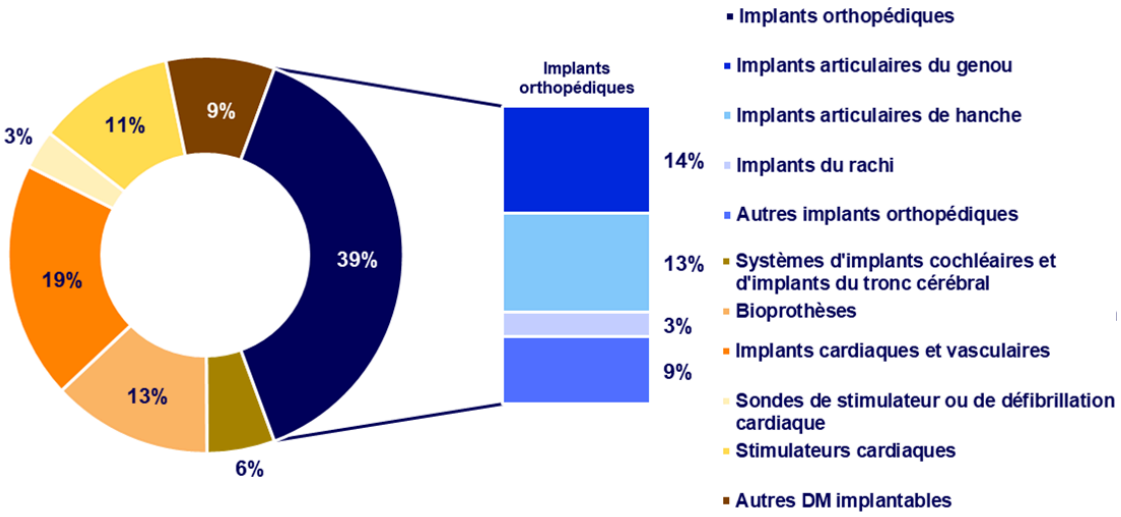


Figure 54 : *Répartition des remboursements d'implants par l'Assurance Maladie en 2023*
Source : *The Shift Project, d'après des données de l'ATIH*

Environ 40% de ces remboursements concernent des **implants orthopédiques**. Les prothèses cardiaques et vasculaires représentent environ 46% des remboursements de l'Assurance Maladie : environ **76 000 stimulateurs et défibrillateurs cardiaques** ont été implantés en 2023, ainsi que près de 19 000 bioprothèses valvulaires et plusieurs milliers de prothèses valvulaires endoprothèses (dites "stents") coronaires et d'endoprothèses de l'artère poplitée.

2) Empreinte carbone des implants orthopédiques

Les opérations d'implants orthopédiques, et notamment les opérations de pose **de prothèses de genoux, de hanches et du rachis,** figurent parmi les opérations les plus fréquentes en France, avec près de 170 000 poses de prothèses de hanche et 120 000 poses de 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 2009[255].

Dans une première analyse qui aurait vocation à être affinée[256], nous estimons que les équipements électro-médicaux couverts dans notre périmètre sont responsables des émissions de **16,1 $ktCO_2e$ par an**, réparties comme montré sur la figure 55.

La majeure partie des émissions (65%) provient de la **production des matériaux**, et notamment 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. L'approvisionnement de certains métaux utilisés est considéré comme "fortement critique", à l'image du cobalt, dont la production mondiale repose à plus de 70% sur la République Démocratique du Congo[257]. Le processus de moulage des implants entraîne des **pertes importantes de matière première** : jusqu'à 40 % du métal fondu peut être écarté lors des phases de coulée.

[255] OECD (2023), Health at a Glance 2023: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en.
[256] En effet, nous estimons que les hypothèses prises pour ce calcul d'empreinte carbone ne permettent de donner qu'un ordre de grandeur des émissions des implants orthopédiques, plutôt qu'un résultat précis.
[257] BRGM, 2025. https://www.mineralinfo.fr/fr/substance/cobalt-co

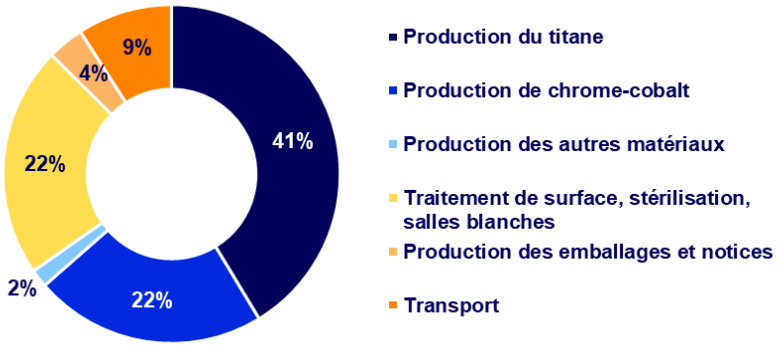


Figure 55 : *Répartition de l'empreinte carbone des implants de hanches et de genoux posés en France.*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

3) Empreinte carbone des autres implants

Nous ne proposons pas dans ce rapport d'analyse détaillée des empreintes carbone des autres implants. En, effet, la complexité des procédés de fabrication propres à chaque type de dispositif rendrait nécessaire une évaluation environnementale dédiée.

Les pacemakers et les stents, par exemple, requièrent des **procédés de fabrication hautement spécialisés.** La production des pacemakers implique des micro-assemblages électroniques de haute précision, une encapsulation hermétique ainsi que des phases de contrôle qualité rigoureuses en environnement stérile. Les stents coronaires, quant à eux, sont souvent réalisés à partir d'alliages complexes et d'un micro-usinage laser. Les bioprothèses valvulaires sont conçues à partir de tissus d'origine animale (bovin ou porcin), qui doivent être prélevés, traités puis montés sur un support en alliage métallique.

Une analyse précise de l'empreinte carbone de ces procédés de production permettrait d'identifier avec précision les leviers de décarbonation, en tenant compte des spécificités techniques et industrielles.

Il est important de noter que la chaîne logistique de ces implants constitue une source significative d'émissions. Lorsque les implants ne sont pas produits en Europe, ils sont alors majoritairement **importés en avion**, comme montré sur la figure 56, notamment pour répondre aux contraintes de péremption et de disponibilité. De même, l'approvisionnement des Départements et Régions d'Outre-Mer repose en grande partie sur le fret aérien qui émet environ 13 fois plus de gaz à effet de serre que par fret maritime[258].

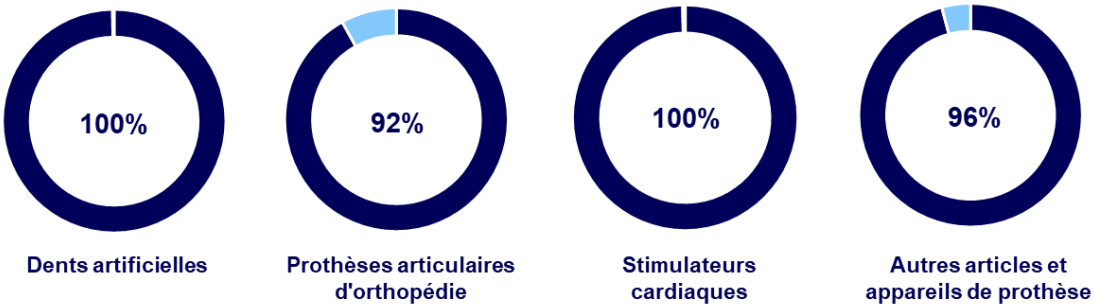


Figure 56 : *Part de l'aérien dans les importations extra-européennes*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

[258] 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/)

4) Quels leviers de décarbonation pour les implants ?

Bien que **nous ne proposons pas, à ce stade, de scénario quantifié** de décarbonation pour les dispositifs implantables, plusieurs leviers qualitatifs peuvent être identifiés :

- **Engagement des fournisseurs de matières premières**

La production des implants repose sur des matériaux à forte intensité carbone, tels que les alliages à base de titane ou de cobalt-chrome. Par exemple, le procédé de Kroll, utilisé pour la production de titane, est particulièrement énergivore : produire un kilogramme de titane mobilise autant d'énergie que la consommation moyenne d'un Français pendant vingt jours[259]. La production de titane dépend donc fortement de l'énergie utilisée.

Une stratégie de décarbonation des implants doit donc passer par **l'achat de matières premières vertueuses**, notamment en embarquant les fournisseurs vers une stratégie de décarbonation cohérente et sur le long terme.

- **Recyclage des pertes de production**

Les procédés de fonderie et d'usinage des implants orthopédiques induisent d'importantes pertes de matière première, notamment dans les coulées ou les opérations de découpe. La réintégration des résidus d'alliage (notamment pour le chrome cobalt) ainsi que le développement de filières de récupération (notamment pour les alliages de titane) constituent donc un levier de décarbonation majeur.

- **Vers une augmentation des productions françaises et européennes ?**

Plus de la moitié des stimulateurs cardiaques, ainsi qu'environ 10% des implants orthopédiques, sont aujourd'hui produits hors d'Europe (notamment à Porto Rico).

Ces sites de production sont souvent situés dans des pays dont le mix électrique est beaucoup plus carboné que celui de l'Europe (le mix électrique américain est ainsi 45% plus carboné que le mix européen, et six fois plus que celui de la France[260]). Par ailleurs, les contraintes de livraison rapide conduisent alors à privilégier le fret aérien, dont l'empreinte carbone est environ treize fois supérieure à celle du transport maritime.

La relocalisation, notamment des productions représentant les volumes de consommations les plus significatifs, constitue ainsi un levier structurant pour réduire l'empreinte carbone des implants, tout en renforçant la résilience des chaînes d'approvisionnement.

- **Décarbonation des consommations d'énergie**

La fabrication des implants exige des apports élevés en énergie, notamment thermique. La réduction de cette consommation repose sur deux leviers complémentaires : d'une part,

[259] 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*,
Et Upernergie, Consommation par habitant et par ville d'électricité en France.
https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/consommation-par-habitant-et-par-ville-delectricite-en-france/
[260] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

l'électrification de la production de chaleur, particulièrement pertinente dans les pays à faible intensité carbone du mix électrique ; d'autre part, **l'amélioration de l'efficacité énergétique** des sites de production, via l'optimisation des équipements de production, la récupération de chaleur fatale et l'optimisation des flux d'air des salles propres.

- **Réduction du recours au fret aérien**

Comme vu précédemment, le fret aérien est aujourd'hui privilégié pour les transports de dispositifs implantables, notamment au vue des contraintes de péremption et des impératifs de disponibilité rapide.

Si ce mode de transport est difficilement substituable pour certains produits critiques ou en situation d'urgence, **il pourrait être réduit pour d'autres dispositifs plus standardisés**. Le recours au fret maritime, imposant des délais plus importants, nécessite alors **un travail collectif entre industriels, logisticiens et acheteurs**.

- **Limiter les pertes liées à la péremption**

Enfin, on constate une part non négligeable **de pertes d'implants liée à leur péremption**, notamment dans les établissements de santé.

Des dispositifs d'optimisation des stocks, ainsi que la mise en place de dispositifs de logistique inversée, permettant le retour, le reconditionnement ou la recertification des implants non utilisés, pourraient constituer une piste prometteuse pour limiter les pertes évitables.

VI - Dispositifs de diagnostic in-vitro

A) 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"*[261].

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.),

[261] 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/

- Mais aussi des des **logiciels** (notamment d'interprétation des résultats) et des **services** (maintenance et formation).

Le secteur du diagnostic in-vitro représente en France un chiffre d'affaires de **2 milliards d'euros et 15 100 emplois**[262]. Le secteur du DM-DIV a connu une forte croissance depuis 2019 (entre 5 et 10 %[263]), notamment poussé par le dépistage du COVID-19 (150 millions de tests de dépistage ont notamment été utilisés en 2021[264]).

Comme montré sur la figure 57, les dispositifs DIV sont utilisés ou distribués dans une grande diversité de structures de soins et d'analyse, notamment :

- les **laboratoires hospitaliers** publics et privés ;
- les 4 000 **laboratoires de biologie médicale de ville**[265] ;
- les **laboratoires d'anatomo-cyto-pathologie** (ACP) privés[266] ;
- les pharmacies d'officines, via les réseaux de distribution pharmaceutique (grossistes-répartiteurs) ;
- ainsi que l'établissement français du sang.

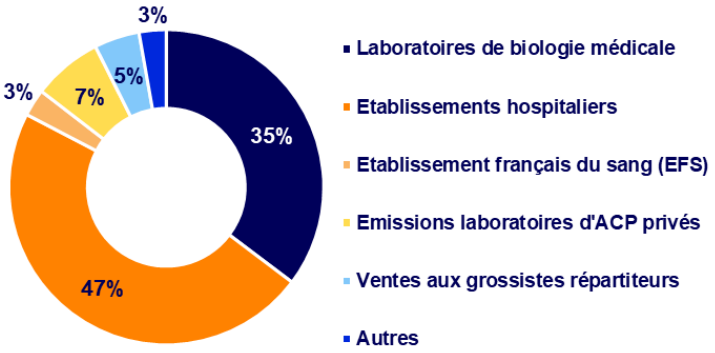


Figure 57 : *Répartition des émissions en fonction des lieux de consommation*
Source : *Données SIDIV, données internes.*

B) Émissions de GES des dispositifs de diagnostic in-vitro

Bien que ce rapport ne présente pas de quantification directe de l'empreinte carbone des dispositifs de diagnostic in-vitro, nous en proposons dans cette partie une description qualitative. Ces éléments pourront être approfondis dans le cadre de travaux futurs. Aussi, nous vous invitons à nous contacter à indus-sante@theshiftproject.org si vous souhaitez y participer.

[262] 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/
[263] 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
[264] MedTech Europe, European IVD Market Statistics Report, 2022. https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2022/12/european-ivd-market-report-2022.pdf
[265] 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
[266] 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).

1) Emissions totales des dispositifs de diagnostic in-vitro consommés en France

Bien que nous n'ayons pas mené d'analyse complète des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble de la chaîne de valeur des DM-DIV, il est néanmoins possible d'obtenir une première estimation d'ordre de grandeur à partir d'un facteur d'émission monétaire[267].

Ainsi, les émissions des dispositifs de diagnostic in-vitro consommés en France sont estimés à environ **800 ktCO_2e par an**.

La figure 57 présentée plus haut peut donner un premier ordre de grandeur de la répartition des émissions selon les lieux de consommation. On observe que la majorité des émissions est induite par les **consommations des laboratoires hospitaliers** et des **laboratoires de biologie médicale et d'anatomie-cyto-pathologie (ACP) privés**.

Cependant, il convient d'interpréter ces résultats avec prudence. En effet, les volumes d'émissions **ne sont pas proportionnels aux chiffres d'affaires ou aux volumes consommés**, du fait de la **diversité des produits impliqués**. Par exemple :

- les laboratoires d'ACP utilisent majoritairement des **anticorps monoclonaux** ou des **réactifs complexes**, souvent associés à des procédés de production à forte intensité carbone[268] ;
- les officines distribuent en grande partie des **autotests ou tests rapides**, dont les procédés et les lieux de production diffèrent des autres réactifs de diagnostic..

Cette hétérogénéité des produits, couplée à des procédés de fabrication très différents (biotechnologies, synthèse chimique, plasturgie, etc.), limite la précision des estimations basées uniquement sur des ratios monétaires.

Ainsi, si ces données permettent de **dresser un premier panorama des émissions associées au secteur**, elles appellent à être **complétées par des analyses de cycle de vie spécifiques** aux principales catégories de DM-DIV et aux chaînes de production associées. Ce travail constitue un enjeu clé pour guider efficacement les efforts de décarbonation dans le secteur du diagnostic in vitro.

2) Analyse qualitative des émissions des dispositifs de diagnostic in-vitro

Nous proposons ci-dessous une description qualitative des principales sources d'émissions de GES associées à la chaîne de valeur des DM-DIV :

---

[267] *Feuille de route décarbonation des filières pharmaceutique, dispositif médical et DIV*, FEFIS, 2025 (à paraître) ; traitement : Randea en collaboration avec le SIDIV.
310 tCO_2/M€CA est la valeur de référence retenue pour le facteur d'émission du DIV qui a été estimé stricto sensu à 270 tCO_2/M€CA à partir des données d'industriels recueillies lors de la mission ; une marge d'erreur analytique conservatrice fixée à 25% (compte tenu du nombre restreint de données collectées) a été appliquée pour obtenir une borne haute. Le FE du DIV se situe ainsi entre [270 ; $340_{majorant}$].

[268] 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

- **Réactifs de diagnostic**

Les réactifs représentent une composante essentielle des DM-DIV, et leur impact carbone varie fortement selon leur nature et leur procédé de fabrication.

Par exemple, les laboratoires d'ACP utilisent des **anticorps monoclonaux** : selon une analyse menée dans notre rapport sur les industries des médicaments, l'empreinte carbone de ces substances peut atteindre **31 000 kgCO_2e** par kilogramme produit[269]. Ces réactifs, bien que utilisés en faibles quantités, constituent alors une large part des émissions totales des laboratoires d'ACP[270].

À l'inverse, d'autres types de réactifs, par exemple ceux utilisés en biochimie ou dans les autotests, présentent une empreinte carbone beaucoup plus liée à **la production de l'emballage ou du contenant**, souvent fabriqué en plastique, qu'à la substance active elle-même.

- **Emballages et consommables en plastique**

L'utilisation des DM-DIV implique généralement une importante consommation de consommables à usage unique, tels que tubes, embouts, filtres, plaques, boîtes de Pétri, ou flacons. Au total, les consommations françaises de DM-DIV représentent **plusieurs milliers de tonnes de plastiques**, majoritairement de grade médical.

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.

De plus, ces consommables sont souvent **souillés après usage** (par des réactifs biologiques ou chimiques), ce qui complexifie leur recyclage.

Certaines gammes de produits peuvent également inclure des **consommables en verre**.

- **Logistique et stockage**

La chaîne logistique des réactifs de diagnostic est souvent complexe, en raison de la **sensibilité de certains produits à la température**, à la **péremption rapide**, ou encore à la **stabilité biologique**. Cela concerne par exemple des réactifs comme des enzymes, des cellules ou des molécules biologiques fragiles.

Ces contraintes impliquent donc un **recours fréquent au transport aérien**, nettement plus émetteur que le fret maritime ou routier. De plus, les produits nécessitent des **besoins importants en stockage réfrigéré**, avec des températures de conservation pouvant aller de +4 °C à –80 °C selon les réactifs, ce qui augmente la consommation énergétique tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Enfin, les exigences induisent un **risque accru de pertes** liées à la péremption, qui amplifie l'impact environnemental par unité effectivement utilisée.

[269] Voir également 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
[270] 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

Enfin, la **distribution** contribue également aux émissions, en raison de la fréquence élevée des commandes et livraisons aux laboratoires, tout comme le **transport interne** entre sites de prélèvement et sites d'analyse.

- **Automates et consommation d'énergie**

Les dispositifs d'analyse reposent souvent sur des **automates complexes**, composés de métaux, de plastiques techniques et de composants électroniques. La **fabrication de ces équipements** est associée à une empreinte carbone importante, liée notamment à l'extraction des matières premières et à la fabrication des **composants électroniques.**

Au-delà de leur production, ces instruments nécessitent une **consommation électrique importante** pendant leur fonctionnement, par exemple pour les phases d'incubation qui nécessitent un apport constant de chaleur.

Dans certains contextes, **cette consommation énergétique peut constituer une part importante** de l'empreinte carbone associée au cycle de vie des réactifs de diagnostic. Si la France bénéficie d'une électricité relativement décarbonée, ce n'est pas le cas dans d'autres pays européens : en Allemagne, par exemple, les émissions liées à l'électricité sont environ 4,5 fois plus élevées qu'en France[271].

C) Quels leviers de décarbonation pour les dispositifs de diagnostic in-vitro ?

Bien que ce rapport ne présente pas de quantification directe de l'empreinte carbone des dispositifs de diagnostic in-vitro, les échanges menés avec des acteurs du secteur permettent d'identifier plusieurs leviers d'action prioritaires. Ces pistes de réflexion appellent à être approfondies dans le cadre de travaux futurs. Aussi, nous vous invitons à nous contacter à indus-sante@theshiftproject.org si vous souhaitez y participer.

Plusieurs leviers ont été identifiés pour une décarbonation des dispositifs de diagnostic in-vitro :

1. **Développer la recherche et les analyses d'empreinte carbone**

Un **pré-requis** à toute stratégie de décarbonation est la **connaissance des impacts environnementaux**. Cela passe par la **réalisation d'analyses de cycle de vie** (ACV) rigoureuses, spécifiques aux processus industriels des réactifs de diagnostic, en distinguant les grandes catégories : biochimie, biologie moléculaire, immunologie, hématologie, microbiologie, etc.

Certaines catégories présentent en effet des spécificités dans leur chaîne de valeur (besoin de froid, de chaleur pour l'incubation, etc.). D'autres produits, tels que les anticorps monoclonaux, présentent une empreinte carbone élevée malgré des masses très faibles, ce qui illustre la nécessité d'une approche au-delà du critère massique. La production de données d'ACV spécifiques constitue donc une priorité pour orienter les choix environnementaux.

[271] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

2. **Engager les fournisseurs de matières premières**

Une part importante de l'empreinte carbone des dispositifs réside en amont, dans la production des plastiques, solvants et produits chimiques, ou autres intrants et matières premières nécessaires à la production. Il est donc essentiel de **travailler avec des fournisseurs engagés dans des stratégies de décarbonation**, ou de les accompagner dans cette démarche. Les plus gros contributeurs doivent être ciblés en priorité par exemple les fournisseurs de plastique, de composants chimiques courants (solvants, etc.).

Des critères environnementaux doivent également être intégrés dans les processus d'achat, afin de valoriser les fournisseurs les plus vertueux.

3. **Systématiser une éco-conception des produits**

La réduction de l'empreinte carbone passe également par une **écoconception intégrée**, dès la phase de développement des dispositifs.

Plusieurs axes de recherche peuvent être étudiés :

- **l'allongement des durées de péremption** des réactifs ;
- **la réduction des consommations énergétiques** lors des phases d'incubation ou d'analyse ;
- **la diminution des consommables à usage unique** nécessaires à l'analyse ;
- la possibilité d'utiliser de **plastiques recyclés**, lorsque cela est compatible avec les exigences techniques ;
- **la réduction des volumes morts et des épaisseurs de contenants** ;
- **la formation des équipes** à la sobriété des usages.

Cela implique de prendre en compte **l'ensemble du cycle de vie**, y compris les consommations énergétiques des instruments, les consommables, le conditionnement et la logistique.

4. **Diminuer le recours au fret aérien**

Le transport aérien pourrait représenter des émissions très significatives de la chaîne logistique des DM DIV. Dans la mesure du possible, **le fret maritime ou terrestre doit être privilégié**, notamment pour les produits dont la durée de vie dépasse un an.

Pour les réactifs dont la durée de vie est inférieure à un an, d'autres pistes peuvent être envisagées dans une **stratégie à long-terme** : par exemple la conception de réactifs aux durées de vie plus longues, de rapprochement des sites de production ou de décentralisation des dernières étapes de fabrication.

Concernant les **DROM**, où l'approvisionnement par fret aérien reste courant, des ajustements des cadences de commande et une collaboration étroite avec les utilisateurs peuvent favoriser un recours accru au fret maritime.

5. **Leviers complémentaires**

D'autres leviers complémentaires sont essentiels pour une stratégie de décarbonation complète :

- **Optimiser la logistique amont et aval**, en réduisant les fréquences de livraison, en améliorant les taux de remplissage et en électrifiant les flottes de transport ;
- **Réduire les pertes liées à la péremption**, via une meilleure anticipation des besoins et une gestion fine des stocks ;
- **Limiter les consommations des automates**, en généralisant les modes veille et en développant des programmes basse-consommation ;
- **Favoriser la seconde vie ou le reconditionnement de certains produits** utilisés en grande quantité (ex. : formol, éthanol, xylène dans les laboratoires d'anatomo-cyto-pathologie) ;
- **Allonger la durée de vie des instruments**, via des conceptions favorisant la réparabilité, le rétrofit ou l'évolutivité.

VII – 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**[272] 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**[273].

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 »*[274]*.*

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 **télésurveillance** (par exemple, dispositifs connectés pour la surveillance des patients atteints de maladies chroniques comme l'insuffisance cardiaque).

[272] Atlas de SI Hospitaliers 2018. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dgos_atlas_sih_2018.pdf
[273] 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
[274] Snitem, Dispositif médical et Numérique en santé. https://www.snitem.fr/le-dispositif-medical-dm/dossiers-thematiques/dispositif-medical-et-numerique-en-sante/

Les dispositifs médicaux de **télésurveillance** 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 2023[275].

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[276]**.

[275] Statista, Volume de données mobiles consommées en France de 2009 à 2023, 2024. https://fr.statista.com/statistiques/502874/volume-donnees-mobiles-consommees-france/

[276] 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.

VIII – Activités corporatives et R&D

Dans cette partie, nous estimons ici les émissions associées aux activités sièges et terrains (appelées ici *activités corporatives*) et à la R&D. Cette estimation repose sur des données monétaires et les rapports RSE des principaux laboratoires.

A) Émissions de GES des activités corporatives

1) Périmètre et méthode

Le périmètre des émissions GES calculées dans cette partie correspond aux émissions en lien avec les activités sièges et terrains des industries du DM en France. Étant complexe d'isoler la totalité des flux physiques en lien avec ces activités, nous avons utilisé une approche basée sur :

- les rapports RSE des industries pour les scopes 1 et 2, et une partie du scope 3 ;
- des données monétaires pour les achats de biens et services du scope 3 ;
- des flux physiques pour la construction des bâtiments et les fuites frigorigènes.

Les méthodologies des calculs sont disponibles dans notre annexe technique.

2) Résultats

Nous estimons les émissions des activités corporatives à 867 $ktCO_2e$ sur le territoire français. La figure 58 permet de représenter la répartition de ces émissions.

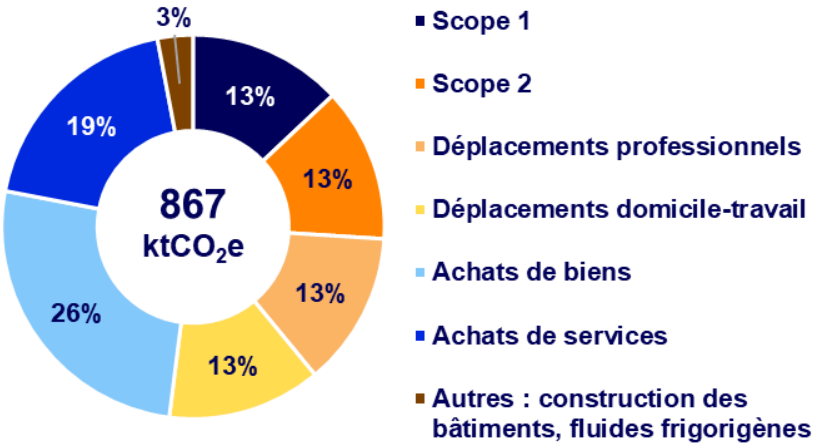


Figure 58 : *Répartition des émissions des activités corporatives des industries des dispositifs médicaux*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Environ 45% des émissions sont directement imputables aux achats de biens et services (excluant la R&D et la production), 26% aux déplacements professionnels et domicile-travail et 26% aux scopes 1 et 2 (dont la catégorie upstream leased assets du scope 3).

- **Achats de biens et services**

Les achats de biens et services en lien avec les activités corporatives des entreprises de dispositifs médicaux recouvrent un grand nombre de secteurs. Par exemple, les **activités**

juridiques, comptables, de gestion, d'ingénierie et de contrôle englobent les frais liés aux cabinets de conseil, d'audit, de certification ou encore aux études techniques. Les **activités informatiques et services d'information** comprennent les achats de logiciels de gestion, d'hébergement cloud ou d'équipements informatiques pour les services supports.

Les **activités immobilières** correspondent aux loyers, à la gestion et à l'entretien des bâtiments. Les achats auprès du secteur **transports et entreposage** concernent la logistique interne et externe, y compris les services de coursiers, d'expédition ou de stockage de prototypes. Les **services administratifs et de soutien** couvrent des prestations telles que la sécurité ou le nettoyage.

Enfin, d'autres dépenses concernent des biens matériels : **produits informatiques, électroniques et optiques** (ordinateurs, serveurs, imprimantes), **mobilier de bureau** (issus du secteur du bois ou de l'industrie manufacturière), ou encore les **impressions et fournitures** de bureau. Des secteurs comme **les télécommunications**, **la restauration**, ou **les services récréatifs** sont également pris en compte.

- **Déplacements professionnels et trajets domicile-travail**

Les déplacements professionnels regroupent par exemple les déplacements des collaborateurs terrains ou les déplacements en congrès ou réunions internes. Ces éléments seront détaillés dans la section concernant les leviers de décarbonation.

- **Construction des bâtiments et fuites frigorigènes**

Pour la construction des bâtiments et fuites frigorigènes, nous avons repris l'hypothèse de Piffoux et al. 2024[277] d'une surface totale par employé au niveau siège de 20m2. Par ailleurs, nos calculs ont permis de définir que les émissions en lien avec la construction d'un bureau était de 16 $kgCO_2e$ par m2. Cette valeur correspond aux émissions liées à la construction d'un bâtiment, puis lissé sur la durée de vie du bâtiment. Le total des émissions par employé était donc de 320 $kgCO_2e$ par m2 pour une année.

Nous avons pu définir le nombre d'employés en lien avec les activités corporatives via un état des lieux des employés du secteur des DM en 2022[278]. En excluant les secteurs de la R&D et de la production (déjà comptabilisés dans les autres parties), nous avons pu comptabiliser 59 840 collaborateurs.

Les émissions en lien avec les constructions des bureaux étaient donc de 19 $ktCO_2e$ pour une surface totale proche de de 1 200 000m2.

- **Consommations d'énergie (scopes 1 & 2 des industries)**

En comptabilisant des surfaces moyennes de 20 m2 pour les employés sièges et de 40 m2 pour les employés R&D[279], la surface totale serait d'environ 2 300 000 m2 pour les 88 000

[277] Piffoux et al. Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257
[278] Auvergne-Rhône-Alpes Entreprises, L'industrie des technologies médicales (Medtech) en Auvergne-Rhône-Alpes, 2022. https://www.noveka.org/wp-content/uploads/2022/07/2022-02-03_Panorama_MedTech_VF.pdf
[279] Piffoux et al. Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment. Journal of Cleaner Production. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257

employés en France[280]. Les émissions des scopes 1 et 2 seraient donc liées à cette superficie cette totale.

En effet, les émissions de gaz à effet de serre (GES) de scope 1 incluent celles générées directement par les installations des entreprises, notamment les bâtiments tertiaires comme les sièges sociaux, centres de R&D. Cela concerne par exemple la combustion de gaz naturel ou de fioul pour le chauffage des locaux, ou encore l'utilisation éventuelle de groupes électrogènes fonctionnant au diesel. Concernant le scope 2, cela comprend l'électricité utilisée pour l'éclairage, l'informatique, les équipements de ventilation, les salles blanches ou les chambres climatiques.

B) Émissions de GES de la R&D

1) Périmètre et méthode

Le périmètre des émissions GES calculées dans cette partie correspond aux émissions en lien avec les activités R&D nationales des entreprises du secteur des dispositifs médicaux. Étant complexe d'isoler les flux physiques en lien avec ces activités, nous avons utilisé une approche monétaire.

Le chiffre d'affaires de l'industrie pharmaceutique en 2023 est de 32,5 milliards en France et de 518 milliards au niveau mondial. Les facteurs d'émissions monétaires R&D présents dans Exiobase ont permis de convertir le CA mondial en émissions GES (facteurs non disponibles pour la France). En effet, nous avons pu effectuer une moyenne mondiale du facteur d'émission monétaire R&D en fonction de la répartition internationale du marché des DM. En multipliant ce facteur par le CA mondial, nous avons pu estimer à 9,8 millions de tCO_2e les émissions GES. Afin de ramener ces émissions au périmètre français, nous avons appliqué le ratio CA France / CA Monde (en retirant le CA des DM exportés pour la France). Tous les calculs sont disponibles dans l'annexe technique.

2) Résultats

Nous estimons les émissions en lien avec les activités R&D nationales des industries de santé **414 $ktCO_2e$.**

De manière non exhaustive, ces émissions peuvent provenir de plusieurs sources[281] [282] [283] :

- Des consommables et équipements de laboratoire, dont la fabrication, le transport et la fin de vie ;
- Des besoins énergétiques des laboratoires, notamment ceux équipés de salles blanches, génèrent également des émissions directes via l'électricité et le chauffage (scopes 1 et 2) ;
- Du développement de prototypes (usinage, moulage, impression 3D), consommation de matériaux et d'énergie ;

[280] Auvergne-Rhône-Alpes Entreprises, L'industrie des technologies médicales (Medtech) en Auvergne-Rhône-Alpes, 2022. https://www.noveka.org/wp-content/uploads/2022/07/2022-02-03_Panorama_MedTech_VF.pdf
[281] Isabella Ragazzi et al. Using life cycle assessments to guide reduction in the carbon footprint of single-use lab consumables, 2023. https://journals.plos.org/sustainabilitytransformation/article?id=10.1371/journal.pstr.0000080
[282] Martin Farley. Re-use of laboratory utensils reduces CO_2 equivalent footprint and running costs, 2023. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0283697
[283] Team Consulting, How to use Life Cycle Assessment in medical device development, 2022. https://www.team-consulting.com/insights/how-to-build-your-medical-device-sustainably-toolkit-by-using-life-cycle-assessment/

- Des déplacements des participants et du personnel, collecte et traitement des données lors des études cliniques.

C) Quels leviers de décarbonation pour les activités corporatives et la R&D ?

1) Potentiel de décarbonation

Nous avons estimé le potentiel de décarbonation des activités R&D et corporatives à **-69% d'ici à 2050**. Pour atteindre cet objectif, l'ensemble des postes d'émissions doivent être réduites de manière significative :

- Une **diminution de 60% des émissions** en lien avec les activités R&D permettrait de contribuer **à 19% de la baisse totale**
- Une **réduction de 70% des émissions** en lien avec les achats de biens et service permettrait de **contribuer à 22% de la baisse totale**
- Une **diminution de 60% des émissions** liées aux trajets domicile-travail et de **80% pour les déplacements professionnels** permettrait de contribuer à la **quasi-totalité de la baisse de 13%.**
- Enfin, une **réduction de 85% des émissions scope 1 et 2** permettrait une **réduction de 15%.**

Les principaux leviers de décarbonation concernent donc la R&D, les achats de biens et services, ainsi que les trajets professionnels et domicile-travail. N'étant pas possible de quantifier l'ensemble du potentiel de décarbonation selon des flux physiques, les leviers présentés ci-dessous s'appuient sur des données de la littérature et des études de cas.

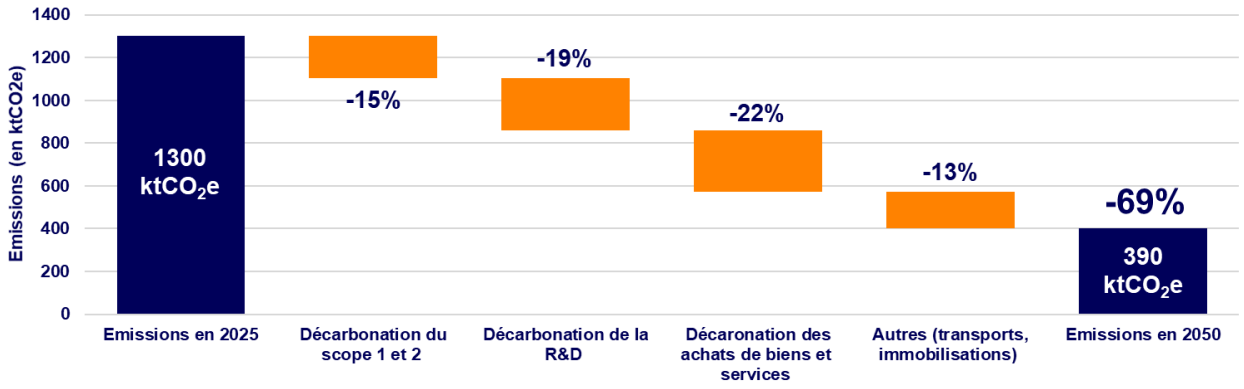


Figure 59 : *Potentiel de décarbonation des activités R&D et corporatives*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

2) Quelles actions concrètes pour décarboner la R&D et les activités corporatives ?

a) Leviers spécifiques aux achats de biens et services[284] [285]

La fonction achats joue un rôle central dans la stratégie de décarbonation des entreprises industrielles, notamment via l'estimation et la réduction des émissions indirectes associées aux achats de biens et services.

La décarbonation des achats nécessite un pilotage structuré et transversal :

- Création d'un plan de réduction carbone par catégorie d'achat, avec des objectifs chiffrés et des critères de suivi ;
- Intégration d'indicateurs climat dans les appels d'offres et les revues fournisseurs ;
- Mise en place de fournisseurs pilotes pour tester les leviers techniques ou organisationnels.

Les leviers d'action pour réduire l'empreinte carbone des achats se structurent autour de 3 grandes catégories :

- **Réduction des volumes**

Le premier levier repose sur la réduction des volumes, autrement dit sur le fait d'« acheter ou produire moins », car la manière la plus efficace de limiter les émissions reste de ne pas les générer :

- Sobriété : éliminer les besoins superflus non essentiels au fonctionnement des entreprises.
- Lutte contre le gaspillage : optimisation des stocks, limiter ses achats strictement aux besoins de l'entreprise et réduire drastiquement le gaspillage alimentaire.
- Développer la logique d'économie circulaire au sein de l'entreprise au travers du réemploi.
- Lutter contre l'obsolescence programmée et accroître la durée d'utilisation des produits achetés : ce levier pourrait par exemple s'appliquer à la fréquence de renouvellement du matériel informatique et téléphonique. En nous appuyant sur les facteurs d'émissions de la base Ecoinvent[286] et en partant de l'hypothèse que parmi les 88 000 employés des industries du DM, 100% possèdent un ordinateur portable, 75% un téléphone professionnel et 50% un Ipad, nous estimons les émissions GES à 22 $ktCO_2e$. Selon le rapport "Lean ICT : pour une sobriété numérique"; prolonger la durée de vie des ordinateurs portables de 3 à 5 ans permettrait de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 37 %, tandis qu'une extension de la durée d'usage des téléphones de 2,5 à 3,5 ans entraînerait une baisse des émissions de 27

[284] Capgemini, la fonction achats au cœur des enjeux de la décarbonation. 2023. https://prod.ucwe.capgemini.com/fr-fr/wp-content/uploads/sites/6/2023/04/Capgemini-Invent_PoV_SustainableProcurement.pdf

[285] Global Climate Initiatives, Les achats responsables doivent impérativement prendre en compte « le poids carbone » des fournisseurs. https://globalclimateinitiatives.com/bilan-carbone/les-achats-responsables-doivent-imperativement-prendre-en-compte-le-poids-carbone-des-fournisseurs/

[286] Les données utilisées sont celles en lien avec les terminologies suivantes : consumer electronics, mobile device, smartphone, market for computer, laptop, Ipad.

%[287]. Ces bonnes pratiques permettraient dans ce cas précis de diminuer les émissions de 8000 tCO_2e, soit 36%.

Encadré 13 : un exemple concret : l'alimentation collective

A titre d'exemple, l'alimentation collective représente une part significative des émissions en lien avec les achats de biens et services. En partant de l'hypothèse que les 88 000 employés travaillent 218 jours[288] par an et que les émissions d'un repas en restauration collective sont de 2,65 kg/CO_2e selon l'ADEME[289], les émissions seraient de 51 $ktCO_2e$. Plusieurs leviers tels que décrit dans notre précédent rapport sur le secteur de l'Autonomie[290] sont activables (tout en respectant voire améliorant le respect des apports nutritifs conseillés) pour **réduire de 56% ces émissions d'ici 2050** ***:*** réduction du gaspillage alimentaire (en moyenne 22% de gâchis en restauration collective), composition des repas (végétalisation), réduction des emballages alimentaires (environ 10% des émissions), transports des marchandises (électrification), biens et services nécessaires au fonctionnement des cuisines.

- **Amélioration de la durabilité**

Mieux acheter constitue un levier clé pour construire un modèle plus respectueux de l'environnement, en prenant en compte l'empreinte carbone des produits et services dès la phase de définition des besoins :

a) Éco-conception des produits : réduction des intrants, allégement, simplification des emballages
b) Substitution matière : recours à des matériaux recyclés, biosourcés ou moins carbonés
c) Adoption de modèles "as a service" : location ou facturation à l'usage pour équipements ou IT.

- **Implication des fournisseurs**

D'un point de vue organisationnel, la mise en œuvre doit s'appuyer sur une collaboration entre achats, métiers, fournisseurs pour intégrer la décarbonation à toutes les étapes du processus d'achats :

a) Aligner les fournisseurs sur les objectifs climatiques de l'entreprise afin de les mobiliser autour d'une trajectoire commune vers la neutralité carbone.
b) Intégrer des critères liés à la performance carbone dans les processus de sélection et d'attribution des marchés, en valorisant les fournisseurs les plus vertueux (ex : outils de reporting ESG intégrés aux systèmes d'information achats
c) Co-construire avec les fournisseurs des plans de réduction des émissions et instaurer un dispositif de suivi adapté pour en garantir la mise en œuvre.

[287] The Shift Project, Lean ICT : pour une sobriété numérique. 2018. https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/02/Rapport-final-v8-WEB.pdf
[288] Service-Public.fr, Durée du travail du salarié : convention de forfait en heures ou en jours. 2025. https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F19261
[289] ADEME, Rapport sur la restauration collective, https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2016/09/cout-complet-pertes-gaspillage-restauration-collective-rapport.pdf
[290] The Shift Project, Décarbonons le secteur de l'Autonomie. 2024. https://theshiftproject.org/app/uploads/2025/01/240404-Rapport-Decarbonons-lAutonomie-The-Shift-Project-1-1.pdf

d) Former les acheteurs aux enjeux de la décarbonation (facteurs d'émission, ACV, etc.).

b) Leviers spécifiques aux déplacements professionnels et domicile-travail

Le premier levier concerne **les déplacements professionnels**. En se basant ensuite sur les valeurs de l'ADEME, nous avons identifié un facteur d'émissions moyen par type de véhicule, puis estimé les émissions GES annuelles associées. Les facteurs d'émissions de l'ADEME tiennent compte de la fabrication des véhicules, de l'extraction du carburant (amont) et de sa combustion. Les résultats correspondent aux émissions GES annuelles par employé et par type de véhicule pour une distance moyenne de 37 000 km/an[291].

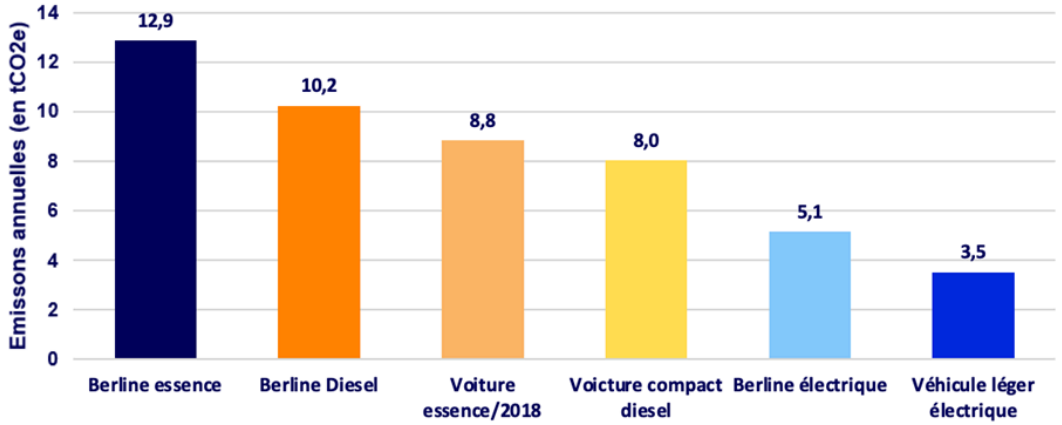


Figure 60 : *Estimation des émissions GES par employé et par type de véhicule (tCO_2e) pour une distance moyenne de 37 000 km/an.*
Source : *ADEME*

Sans surprise, nous observons une différence très importante en fonction du type de véhicule. Pour les voitures électriques, les émissions annuelles totales sont comprises entre **3,5 et 5 tonnes** par employé, alors que les émissions des voitures berlines non électriques sont comprises entre **10 et 13 tonnes.** Il existe donc un **facteur multiplicatif de 3,5 entre la voiture la moins émettrice et la plus émettrice.**

En comptabilisant l'ensemble des employés terrain (n=8600), l'intervalle des émissions serait donc compris entre **30 et 110 $ktCO_2e$**[292]

Comme détaillé sur le graphique 61, il serait possible de diminuer de 80% les émissions en équipant les collaborateurs de véhicules électriques et en réduisant les distances annuelles parcourues en voiture de 50%. Afin de tenir compte des exigences liées à ces métiers, notre hypothèse s'est basée sur des véhicules électriques haut de gamme. Par ailleurs, la réduction de 50% des distances parcourues semble raisonnablement atteignable par l'utilisation du train et à la mise en place d'une partie des rendez-vous à distance.

[291] Présanse, conduire un VL (délégué médical). https://www.fmppresanse.fr/fiches-caracteristique/detail/1270
[292] Cette estimation a été effectuée à partir des données de l'industrie pharmaceutique, qui comptabilise 9600 collaborateurs terrains. La proportion des collaborateurs "marketing/commercialisation" étant similaire entre les industries du DM et du médicament (25% et 22%), nous avons divisé le nombre de collaborateurs des industries du DM par celui des médicaments, puis multiplié par 9600.

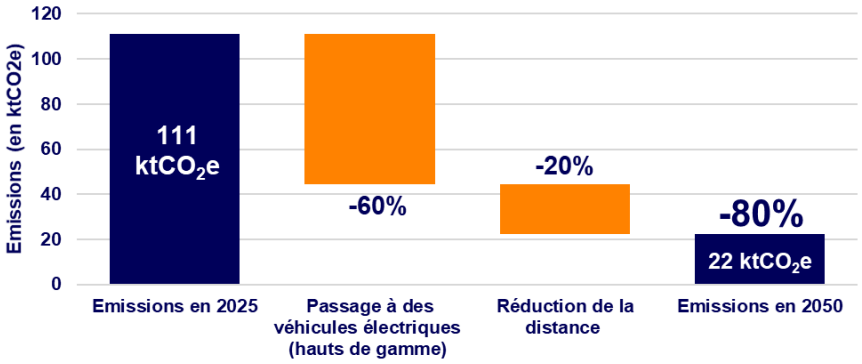


Figure 61 : *Evolution des émissions des collaborateurs terrains d'ici 2050 (en ktCO₂e)*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

Le deuxième levier concerne la réduction de 60% des émissions en lien avec les **déplacements domicile-travail.** En parallèle de la modification du parc automobile, certaines entreprises du médicaments ont mis en place des incitations en remplacement des voitures de fonctions (forfait pour acheter vélo, carte de 5000 euros par an pour favoriser les déplacements non polluants, etc.). Les entreprises du DM pourraient donc adopter des incitations similaires.

Le troisième levier concerne les **déplacements internationaux**. Le graphique ci-dessous représente les émissions par participant et par congrès, qui évoluent entre 1,0 et 4,2 tonnes de CO_2e. Pour rappel, le respect des Accords de Paris implique une empreinte moyenne annuelle de chaque français de 2 tonnes de CO_2e[293]. Une participation en distanciel génère **100 fois moins d'émissions qu'une participation en présentiel (0,01 vs 1,98 tCO_2e)**[294]. Certaines entreprises ont déjà développé des politiques de déplacements ambitieuses avec l'utilisation obligatoire de train pour les congrès européens et une très forte réduction des déplacements en avion lors des réunions internes et congrès internationaux.

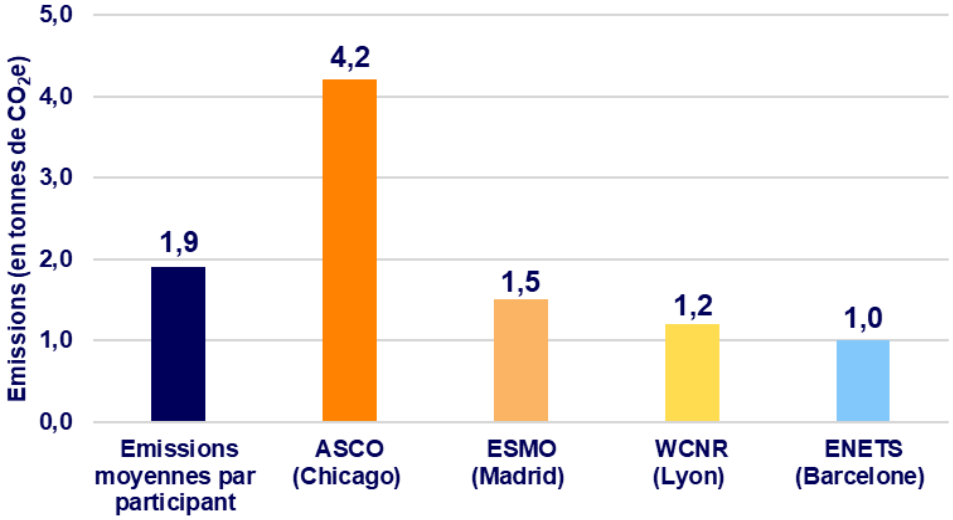


Figure 62 : *Estimation des émissions GES (tC02e) par participant et par congrès*
Source : *Calculs The Shift Project 2025*

[293] Haut conseil pour le climat, Maîtriser l'empreinte carbone de la France, 2020. https://www.hautconseilclimat.fr/publications/maitriser-lempreinte-carbone-de-la-france/
[294] Voir notre rapport sur la décarbonation des industries du médicament.

c) Leviers spécifiques à la R&D

Encadré 14 : un exemple concret : décarbonation des études cliniques

Les études ont permis de démontrer une réduction de la taille des cohortes, du nombre de visites et des émissions de GES, notamment grâce à la digitalisation des protocoles, tout en préservant la qualité et la robustesse des résultats[295] Les leviers mentionnés ci-dessous ont été développés à partir des études portant sur les médicaments mais sont transposables en grande partie au secteur des DM.

Les leviers détaillés ci-dessous ciblent essentiellement l'optimisation du recrutement des patients, la réduction de la taille des cohortes et des visites sur site, l'optimisation de la logistique et des transports, ainsi que le stockage des données. Pour chacun de ces leviers, les solutions numériques, y compris l'utilisation de l'intelligence artificielle, offrent des opportunités de réduire les émissions liées aux études cliniques, mais peuvent aussi contribuer à les augmenter. Leur utilisation doit donc être précise et contrôlée, tout en assurant un niveau de sécurité optimal pour le bon déroulement de l'étude et la protection des patients. De plus, les autorités européennes et nationales ont émis des recommandations en faveur de leur utilisation[296].

- **Réduction de la taille des cohortes (20 à 50 %)[297]**

L'utilisation de solutions numériques pour générer des groupes témoins synthétiques (des groupes témoins générés par ordinateur, basés sur des données réelles ou historiques d'essais similaires) peut réduire la taille des cohortes de participants de 20 % à 50 %.

Par ailleurs, les participants des groupes placebo peuvent être remplacés par des jumeaux numériques qui utilisent les dossiers cliniques pour simuler leur réponse probable lors de l'essai. Les fournisseurs de solutions de jumeaux numériques estiment qu'une réduction moyenne de 12 % à 25 % du nombre total de participants peut être atteinte, avec une diminution de 40 % du nombre de participants dans les groupes placebo observée dans certaines études.

- **Réduction du nombre de visites (25 à 50%)[298]**

Les solutions numériques peuvent également être utilisées pour recueillir des événements cliniquement pertinents, permettant de créer des critères d'évaluation composites pour mesurer l'efficacité du traitement.

Une étude sur la BPCO utilisant des outils numériques et des critères composites a permis de concevoir un essai nécessitant 50 % de patients et de visites en moins par rapport aux études traditionnelles. Cette nouvelle conception a aussi réduit les coûts de 30 % et la durée de l'essai de 15 %.

[295] Sustainable Markets Initiative. The digital solution for sustainability in clinical research. 2022. https://a.storyblok.com/f/109506/x/42119be232/smi-hstf-digital-health-whitepaper.pdf
[296] Devicemed, Digitalisation des essais cliniques en France : le guichet est ouvert !, 2024. https://www.devicemed.fr/dossiers/sous-traitance-et-services/etudes-cliniques/digitalisation-des-essais-cliniques-en-france-le-guichet-est-ouvert/47764
[297] Ibid.
[298] Ibid.

- **Réduction des GES grâce à la collecte de données à distance (20 à 30 %)[299]**

La collecte de données à distance, l'utilisation de dispositifs connectés et la télémédecine peuvent réduire le besoin de visites sur site ainsi que les déplacements des participants et du personnel. Un laboratoire a analysé 90 protocoles d'essais internes et a estimé que 70 % des données pouvaient être collectées à domicile. Les visites pourraient ainsi être réduites de 25 % à 40 % sans compromettre la qualité des soins, ce qui permettrait de réduire les émissions jusqu'à 28 %. Un autre laboratoire a également évalué que la collecte à distance dans les essais hybrides pourrait réduire les visites sur site de 50 % à 70 %. Cette réduction entraîne une baisse globale des émissions des essais de 20 % à 30 %, principalement grâce à la diminution des émissions liées aux transports.

- **Réduction des GES liés au stockage des données (50 à 70 %)[300]**

Des mesures spécifiques peuvent être mises en œuvre pour limiter les émissions liées à ces solutions (par exemple, la réutilisation et le recyclage des dispositifs connectés, l'optimisation du stockage). Par exemple, un laboratoire français a constaté dans une revue interne que les émissions liées au stockage des données, particulièrement importantes dans les essais à distance ou hybrides avec de grands volumes de données, pouvaient être réduites de 50 % à 70 % en limitant le stockage à chaud (par exemple sur des disques durs rapides) et en archivant les données non nécessaires à l'essai dans un stockage à froid à faible émission (disques durs plus lents ou stockage hors ligne).

Il est cependant important de souligner que des recherches complémentaires sont nécessaires pour confirmer l'impact des solutions numériques sur les émissions dans le cadre des essais, cet impact pouvant varier selon le design de l'étude et les ressources mobilisées.

- **Comparaison de deux études : CRASH 1 vs CRASH 2[301]**

En 2011, un audit comparatif des émissions a été réalisé par le Centre de gestion du carbone d'Édimbourg afin d'évaluer les émissions de deux essais cliniques : CRASH 1 et CRASH 2. Cette étude comparative CRASH, réalisée il y a plus de dix ans, portait sur les émissions liées aux essais cliniques non commerciaux. L'applicabilité des principes aux essais dirigés par l'industrie pharmaceutique reste à évaluer, compte tenu de la complexité accrue et du volume de collecte de données supplémentaires. Néanmoins, l'étude apporte des enseignements sur l'impact de plusieurs leviers de réduction des émissions dans les essais cliniques.

Pour les deux essais, les émissions provenant du centre de coordination, des déplacements liés aux visites hospitalières et des trajets domicile-travail du personnel ont été comparées (sans la production de médicaments). Globalement, l'essai CRASH 2 a permis une réduction annuelle des émissions de 40 % et une diminution de 73 % des émissions par patient :

- 28 % de réduction des émissions grâce à la saisie automatisée des données et à la réduction du personnel ;

[299] Ibid.
[300] Ibid.
[301] Ibid.

- 17 % de réduction des émissions liées aux déplacements via la collecte à distance ;
- 60 % de réduction des émissions liées à la livraison grâce à l'usage de matériaux plus légers et à la suppression des emballages protégés.

- **Calculateur carbone des essais cliniques**

Le groupe **Industry Low Carbon Clinical Trials (iLCCT)** a développé un calculateur dédié à la mesure de l'empreinte carbone des essais cliniques. Ce calculateur est accompagné d'un guide méthodologique et d'un rapport explicitant son développement, ainsi que les critères pris en compte.

Les hypothèses et les facteurs d'émission utilisés dans le calculateur sont fondés sur les travaux de recherche et l'expertise du groupe de collaboration « Low Carbon Clinical Trial » de la Sustainable Healthcare Coalition. Un tableau[302] récapitule les facteurs d'émissions sélectionnés, les hypothèses retenues, les sources utilisées, ainsi que les paramètres exclus.

Le calculateur permet de générer des estimations indicatives des émissions associées aux différentes activités d'un essai, en lien avec les choix opérés en amont. Il peut également être utilisé pour identifier les principaux postes d'émissions (ou "hotspots") et orienter les efforts de réduction vers les leviers les plus significatifs. Cette approche a pour objectif d'accompagner les concepteurs d'essais dans l'intégration de critères de durabilité environnementale dès la phase de conception et tout au long de la conduite des études.

Le calculateur est disponible sur le site suivant : https://shcoalition.org/.

Nous ne pouvons que recommander sa diffusion et son utilisation.

[302] Clinical Trial Carbon - emission factors, 2024. https://clinicaltrialcarbon.org/ClinicalTrialCarbonEmissionFactors_241009.pdf

05

LIMITES ET PERSPECTIVES

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 - Principales limites à notre études

A) Des résultats inévitablement sous-estimés dans une approche en analyse de cycle de vie

Notre analyse se concentre sur les maillons les plus significatifs de la chaîne de valeur. Toutefois, certaines étapes sont restées hors du périmètre étudié : c'est par exemple le cas du stockage ou l'achat de services auprès des fournisseurs. Il est possible que ces segments représentent une part non négligeable des émissions totales, ce qui induit une sous-estimation notable de nos résultats.

Par ailleurs, dans certains calculs, nous n'avons comptabilisé que les volumes de consommation les plus significatifs. Par exemple, nous n'avons pas compté l'utilisation de gants, ou de consommables en établissement médico-social, faute de données précises. Les émissions associées aux consommations de gants sont donc sous-estimées.

Enfin, nous avons considéré les matériaux à usage médical selon des standards usuels, sans tenir compte des exigences de pureté et de qualité, qui pourraient impliquer des procédés de fabrication plus énergivores.

Ces éléments soulignent que **l'approche par Analyse du Cycle de Vie, fondée sur l'assemblage de "briques élémentaires" de la chaîne de valeur, tend structurellement à minimiser l'impact environnemental réel.**

B) Les défis de la représentativité et de la couverture du périmètre

La diversité des dispositifs médicaux implique que certaines catégories restent insuffisamment couvertes, et notamment :

- Les dispositifs médicaux nécessitant des processus de production spécifiques : par exemple, la production de stents coronaires nécessite des alliages complexes et un micro-usinage laser. Des données spécifiques sont donc nécessaires à toute analyse rigoureuse.
- Les dispositifs médicaux dont les consommations en France restent inconnues : par exemple, les consommations de pansements adhésifs non remboursés ne sont pas connues.

De plus, nous avons structuré les DM en catégories aussi homogènes que possible afin de proposer des valeurs moyennes représentatives. Toutefois, nous ne prétendons pas refléter la diversité complète de chaque produit individuel.

Avec plus de 2 millions de DM répertoriés[303], il est mathématiquement impossible de tout couvrir, ce qui rappelle que **l'absence de résultats précis ne doit pas freiner l'engagement dans une démarche de décarbonation.**

[303] MedTech Europe, Facts and figures 2024.
https://www.medtecheurope.org/wp-content/uploads/2024/07/medtech-europes-facts-figures-2024.pdf

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.

Pour les autres catégories de dispositifs médicaux traités dans ce rapport, la méthodologie est disponible dans notre outil de calcul disponible sur le site du Shift Project. Nous restons également disponibles concernant toute demande de précision concernant nos méthodologies employés.

A) Estimation des consommations

Afin d'estimer les consommations françaises de verres optiques, on regarde les données de vente du secteur, reportées sur le tableau 7.

Type de verre	Quantitée remboursée
Verres unifocaux	22 600 000
Verres multifocaux (dont verres progressifs)	19 000 000
Verres neutres	2 040 000
Total	**43 640 000**

Tableau 7 : Répartition des ventes de verres optiques
Source : *Octika*[304]

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.

[304] Octika, Les chiffres de l'optique - Septembre 2024.
https://www.octika.com/blog/les-chiffres-de-l-optique-septembre-2024-n164#

- **Etape 1 : poids de matière première impliqué dans la fabrication d'un verre optique**

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 verre[305]. 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 1,32[306]. 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 surfaçage, 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**.

- **Etape 2 : Conversion de la masse de matière première impliquée dans la fabrication d'un verre optique en émissions de GES**

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.

Une récente étude de Piffoux et al. (2024)[307] 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.

[305] 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
[306] 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
[307] Piffoux et al., Carbon footprint of oral medicines using hybrid life cycle assessment, 2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624030257#sec3

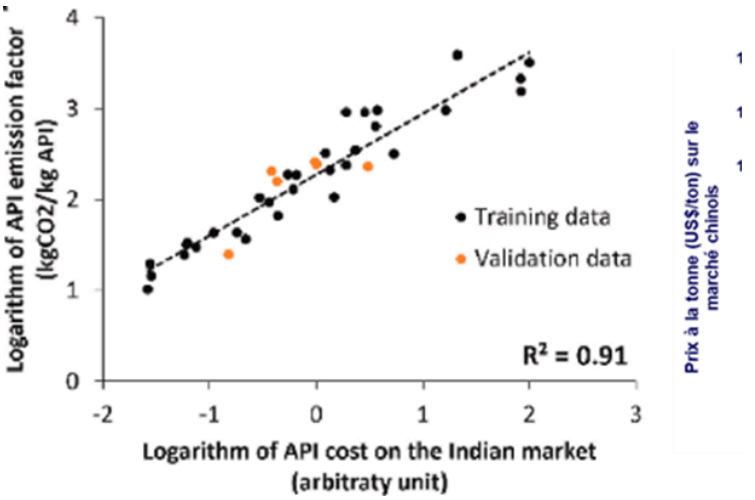


Figure 63 : *Comparaison du coût des principes actifs sur le marché indien et de leur empreinte carbone*
Source : *Piffoux et al. (2024).*

Nous avons alors comparé le prix sur le marché chinois pour différents plastiques, mentionné dans la base de facteur d'émissions Ecoinvent®[308]. Cette comparaison est reportée à la figure 64.

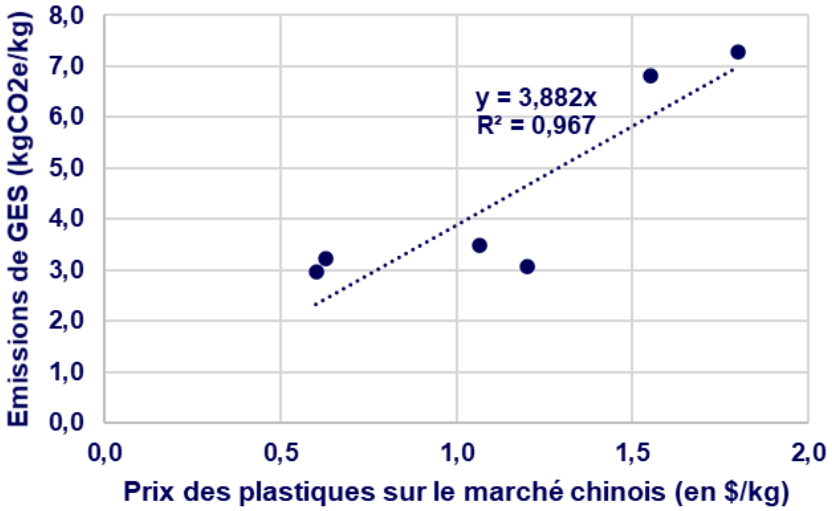


Figure 64 : *Comparaison du coût des principes actifs sur le marché indien et de leur empreinte carbone*
Source : *The Shift Project, d'après données Ecoinvent® et le site d'achats fr.made-in-china.com/.*

Or, le prix à la tonne du CR39 sur le marché chinois est relativement élevé[309] [310]. En prenant un prix de 5$/kg, **on obtient un facteur d'émissions pour le CR39 d'environ 19 kgCO_2e/kg**.

On obtient finalement des **émissions induites par les matières premières de 1,17 kgCO_2e par verre optique**.

[308] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[309] 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
[310] Alibaba, D'allyle Diglycol Carbonate 142-22-3. https://www.alibaba.com/product-detail/Allyl-Diglycol-Carbonate-142-22-3_60435909331.html

- **Etape 3 : empreinte carbone liées aux autres intrants**

Basé sur des discussions avec des experts du secteur, nous faisons l'hypothèse que 50 grammes de divers **intrants chimiques** sont également utilisés pour la production de verres optiques. On utilise ensuite le facteur d'émissions relatif aux intrants chimiques de la base *EcoInv*ent®[311]. **Nous estimons alors des émissions totales liées à la production des intrants chimiques nécessaires à la production de verres optiques de 0,14 kgCO_2e/verre.**

A noter que nous ne prenons ici pas en compte :

- Les autres matières premières nécessaires à la production des verres optiques : 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.

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 GRD*[312]

Or, le site de Sézanne produit environ 8 millions de semi-finis par an[313]. 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.

[311] Market for chemical, organic. Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/
[312] 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/
[313] 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

- **Etape 2 : estimation des consommations d'énergie des sites de surfaçage**

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 GRD*[314]

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**[315]. 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 ans[316]).

- **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 Empreinte*[317] pour le gaz et de la base de données *EcoInvent®*[318] pour l'électricité. 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 $kgCO_2e$)
Production du semi-fini et surfaçage en France	0,30
Production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	0,88
Production du semi-fini et surfaçage hors de France	1,79

Tableau 10 : *émissions liées aux consommations d'énergie des sites de production, en fonction de la provenance des sites*
Source : *The Shift Project*

[314] 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/
[315] 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
[316] Ibid.
[317] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/
[318] Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

- **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 m^2 [319]. On en déduit qu'**une surface d'environ 3,3 m^2 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 m^2 [320]. Le site de Château-Thierry produit 9 millions de verres, pour une surface de 14 000 m^2 [321]. On en déduit qu'**une surface d'environ 1,4 m^2 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*"[322]. 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 kgCO_2e/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 employés[323]. On regarde également le site de Sézanne : ce site qui produit annuellement 8 millions de semi-finis, et emploie 229 employés[324]. 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 personnes[325]. On en déduit qu'environ **18,4 employés sont nécessaires pour la production annuelle d'un million de verres optiques**.

[319] fr.hc-optical.net/, Hongchen, http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lenses-product/
[320] 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
[321] Gifo, Novacel. https://gifo.org/entreprises/entreprises-membres/novacel/
[322] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/
[323] fr.hc-optical.net/, Hongchen, http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lenses-product/
[324] 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
[325] 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

On utilise ensuite la distance moyenne pour un déplacement domicile-travail en France de 21,2 km[326], ainsi qu'un facteur d'émissions de 0,17 $kgCO_2e$ par km parcouru[327]. **Nous estimons donc des émissions totales liées aux déplacements domicile-travail de 0,075 $kgCO_2e$/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 carton[328]. Nous faisons ici l'hypothèse que 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 emballés[329]. 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 boîte en carton et au papier de la base *EcoInv*ent®[330]. **Nous estimons alors des émissions totales liées à la production des emballages de 0,034 $kgCO_2e$/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.

---

[326] 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

[327] 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/

[328] 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

[329] fr.hc-optical.net/, Hongchen, http://fr.hc-optical.net/wholesale-price-eyeglass-lens-prices-semi-finished-1-56-single-vision-hmc-manufacturing-ophthalmic-lenses-product/

[330] Market for corrugated board box, RER et market for printed paper. Ecoinvent®, https://ecoinvent.org/

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.

	Nom du site	Production annuelle
Production de semi-finis	BBGR Sézanne	8 000 000[331]
	Essilor Dijon	5 000 000[332]
	Total	**13 000 000**
Transformation des semi-finis en produits finis	Hoya	730 000[333]
	Novacel	9 000 000[334]
	Zeiss	1 400 000[335]
	Essilor Dijon	6 000 000[336]
	Essilor Ligny-en-Barrois	43 800[337]
	BBGR Provins	21 000 000[338]
	Essilor Antony	1 000 000[339]
	Essilor Vaulx-en-Velin	1 642 500[340]
	Total	**40 816 300**

Tableau 11 : *production française de verres optiques et de semi-finis*

[331] 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
[332] 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
[333] Hoya, Fabrication Française. https://www.hoyavision.com/fr/produits-vision/fabrication-fran%C3%A7aise/
[334] Gifo, Novacel. https://gifo.org/entreprises/entreprises-membres/novacel/
[335] Acuité, Focus sur la fabrication des verres Zeiss, 2022. https://www.acuite.fr/actualite/profession/236066/focus-sur-la-fabrication-des-verres-zeiss
[336] 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
[337] Vosges Matin, La Meuse, berceau du groupe Essilor, numéro un mondial des verres ophtalmiques, 2018. https://www.vosgesmatin.fr/actualite/2018/12/28/la-meuse-berceau-du-groupe-essilor
[338] 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
[339] IUT Ville d'Avray, Semaine de l'industrie, 2018. https://cva-geii.parisnanterre.fr/accueil/semaine-de-lindustrie-2018-dut-geii
[340] L'Usine Nouvelle, Essilor a investi 5 millions d'euros, 2006. https://www.usinenouvelle.com/article/essilor-a-investi-5-millions-d-euros.N14300

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.

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 françaises*[341]

- **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%

[341] Douanes françaises, Données publiques, 2024. https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata

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*

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 camion[342], 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 provenances[343], 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 km[344] 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 Empreinte[345] 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%)*".

[342] Ce qui correspond à la distance approximative entre les sites de BBGR de Sézanne et de Provins.
[343] 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.
[344] Ce qui correspond à la distance approximative entre Varsovie et Paris.
[345] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/

On obtient finalement les émissions suivantes pour la consommation française :

	Emissions ($kgCO_2e$/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 (hors distribution)*
Source : *The Shift Project*

- **Étape 6 : Émissions liées à la distribution (livraison jusqu'au enseignes d'opticiens**

On ajoute également à ce résultat les émissions liées à la dernière étape du transport, c'est-à-dire la distribution jusqu'au point de vente.

Pour cela, nous utilisons le rapport de l'ADEME sur l'empreinte carbone du commerce en ligne[346]. Selon ce rapport, la livraison de produits jusqu'à un point de vente induit des émissions de 0,255 $kgCO_2e$ par kilogramme de produit acheminé.

Nous estimons alors des émissions liées à la livraison des verres de 0,004 $kgCO_2e$/verre.

F) Fin de vie des déchets industriels

La production des verres optiques induit une production de déchets industriels d'environ 157 grammes par verre, dont 66% considérés comme déchets dangereux[347]. On utilise ensuite les facteurs d'émissions de la Base Empreinte[348] pour le "*DIS/Incinération - Impacts*" pour les déchets dangereux ainsi que le "*Emballages/Plastique pétrosourcé PET/Incinération - Impacts - émissions évitées*" pour les autres déchets.

Nous estimons alors des émissions liées au traitement des déchets industriels de 0,18 $kgCO_2e$/verre.

[346] ADEME, Commerce en ligne : impacts environnementaux de la logistique, des transports et des déplacements. 2023. https://librairie.ademe.fr/index.php?controller=attachment&id_attachment=6473&preview=1
[347] Bod Lenses, Sustainability report 2023, 2024. https://bodlenses.com/storage/app/media/2023%20BOD%20Lenses%20Sustainability%20Report.pdf
[348] ADEME, Base Empreinte. https://base-empreinte.ademe.fr/

G)Bilan

Au final, on obtient les résultats suivant :

	Émissions par verre ($kgCO_2e$)	Emissions totales ($ktCO_2e$)
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage en France	2,07	9,4
Verre multifocal - production du semi-fini hors de France et surfaçage en France	3,12	30,3
Verre multifocal - production du semi-fini et surfaçage hors de France	3,63	17,2
Verre unifocal - production hors de France	3,71	84,0
Verre neutre - émissions moyennes	3,66	7,5

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 **148 $ktCO_2e$ par an**, ce qui représente entre 2,1 et 3,7 $kgCO_2e$ par unité.

H) Limites de notre calcul

Le calcul détaillé précédemment présente plusieurs limites et axes d'amélioration. En voici une liste non-exhaustive :

- **Matières premières** : Faute de données précises, le calcul du facteur d'émissions du CR39 pour les matières premières nécessaires à la production des verres est actuellement basé sur plusieurs hypothèses. Celui-ci doit être précisé à l'aide de données des industries qui produisent cette matière première.
- **Procédés de fabrication** : Notre calcul ne tient pas en compte de plusieurs intrants : équipements de protection individuelle utilisés sur le site de production, palettes, etc. 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 : le taux de remplissage des véhicules est en effet probablement surestimé dans nos calculs.

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 remboursements[349].

D'après nos estimations, la production des complémentations orales consommées en France génère chaque année **79 ktCO_2e par an**. La répartition de ces émissions est illustrée à la figure 65.

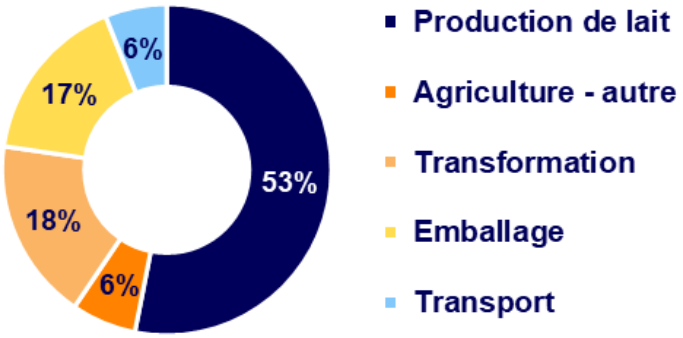


Figure 65 : Répartition de l'empreinte carbone des complémentations nutritionnels orales destinées aux adultes
Source : The Shift Project

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.

[349] 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

Équipe du projet

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.

Mathis Egnell - Ingénieur de projet Santé au Shift Project, pilote du projet Industries de santé

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.

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 1er 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.

Margot Aubusson de Cavarlay - chargée de projet Industries de santé

Après une spécialisation en Sciences pour les Défis de l'Environnement à l'Ecole polytechnique, Margot a rejoint le Shift en tant que chargée de projet sur le programme Santé. En plus de ses travaux sur les rapports sur la décarbonation des industries de santé, elle s'attelle à la tâche d'évaluer les vulnérabilités des principaux sites de production pharmaceutique en France face au changement climatique. Avant son arrivée, elle a réalisé un stage à Madrid chez Vinci Construction sur la réhabilitation du réseau routier madrilène et a participé à une étude évaluant la pertinence et l'acceptabilité des projets de restauration écologique menés sur la rivière Yvette en Île-de-France.

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. Diplomée 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 Marrauld 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 Marrauld - 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 Marrauld 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'efficience 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

Fondée en 1946, MGEN est aujourd'hui la première mutuelle des agents du service public.
Son positionnement unique lui permet de gérer l'assurance maladie, la complémentaire santé et la prévoyance de plus de 4,6 millions de personnes. MGEN accompagne globalement ses adhérents : de la prévention des risques pour leur santé physique et mentale, à leur prise en charge en établissement de santé. Elle met à la disposition de tous 1 800 structures de soin et d'accompagnement mutualistes qu'elle cogère et cofinance partout en France. MGEN intervient aussi auprès des employeurs pour le bien-être au travail, contribuant à la performance et à l'attractivité du service public. Depuis 2017, MGEN est aussi membre fondateur du Groupe VYV, premier acteur mutualiste de santé et de protection sociale en France.
www.mgen.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

Graphisme :

Jérémy Garcia-Zubialde

Contact :

Équipe santé du Shift Project
indus-santé@*theshiftproject.org*