



**HAL**  
open science

# Comment choisir un soin durable ? Faisabilité d'un modèle de décision " médico-éco-climatique " pour la prise en charge de la dépression

Matthias Brunn, Guilhem Molinié, Michael Padget, Odessa Petit Dit Dariel, Kevin Zarca

## ► To cite this version:

Matthias Brunn, Guilhem Molinié, Michael Padget, Odessa Petit Dit Dariel, Kevin Zarca. Comment choisir un soin durable ? Faisabilité d'un modèle de décision " médico-éco-climatique " pour la prise en charge de la dépression. 2024. <hal-04534910>

**HAL Id: hal-04534910**

**<https://sciencespo.hal.science/hal-04534910v1>**

Preprint submitted on 5 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

LIEPP Working Paper  
Avril 2024, n°162

## Comment choisir un soin durable ? Faisabilité d'un modèle de décision « médico-éco-climatique » pour la prise en charge de la dépression

**Matthias BRUNN**

LIEPP, Sciences Po

[matthias.brunn@sciencespo.fr](mailto:matthias.brunn@sciencespo.fr)

**Guilhem MOLINIE**

RSMS / EHESP

**Michael PADGET**

Mass Gen Hospital / Harvard Medical School

**Odessa DARIEL**

RSMS / EHESP

**Kevin ZARCA**

URC Eco, AP-HP



Distribué sous la licence Creative Commons  
Partage selon les Conditions Initiales 4.0 International License

[www.sciencespo.fr/liepp](http://www.sciencespo.fr/liepp)

Comment citer cette publication :

BRUNN, Matthias, MOLINIE, Guilhem et al, **Comment choisir un soin durable ? Faisabilité d'un modèle de décision « médico-éco-climatique » pour la prise en charge de la dépression**, *Sciences Po LIEPP Working Paper* n°162, 2024-04-11.

## Comment choisir un soin durable ?

### Faisabilité d'un modèle de décision « médico-éco-climatique » pour la prise en charge de la dépression

#### Résumé

*L'impact du système de santé sur le changement climatique est estimé à environ 5% des émissions totales de carbone au niveau mondial et à 8% en France. Les systèmes de santé se préparent ainsi à inclure l'empreinte carbone des modes de prise en charge dans leurs processus décisionnels. Les arbitrages en santé sont souvent effectués avec des outils d'aide à la décision standardisés de type évaluation médico-économique. Notre objectif était le développement d'un outil de prise de décision qui prend en compte les émissions de carbone dans la même mesure que les critères d'évaluation actuellement établis : le bénéfice clinique et le coût économique.*

*Nous avons comparé les trois modalités de prise en charge principales de la dépression : 1) la pharmacothérapie ; 2) la psychothérapie ; 3) la combinaison des deux en effectuant une analyse coût-utilité pour le système de santé avec un horizon temporel à cinq ans, à l'aide d'un modèle de décision de type état transition semi-markovien. L'empreinte carbone a été estimée par Analyse de Cycle de Vie et elle a été convertie en valeur monétaire via le coût social du CO<sub>2</sub>.*

*Reporté sur une année et à t<sub>0</sub>, l'empreinte carbone de la pharmacothérapie est la plus faible et celle de la thérapie combinée la plus élevée. La modélisation sur 5 ans en termes de coût-efficacité suggère que la psychothérapie est aussi efficace que la pharmacothérapie, avec un coût moins élevé. La thérapie combinée est plus coûteuse, mais aussi plus efficace que chacune des autres stratégies. La prise en compte du coût social du carbone ne change ces résultats qu'à la marge.*

*Nos résultats préliminaires illustrent la faisabilité d'un outil concret capable d'intégrer, dans un même modèle de décision, des priorités (santé, économie, environnement) potentiellement en compétition l'une avec l'autre. Le type d'évaluation multidimensionnelle présenté ici sort du cadre (restreint) de l'évaluation des technologies de santé, et a vocation à stimuler la discussion sur les politiques de santé plus largement, dans un système de santé qui intègre l'environnement dans son concept de qualité même.*

**Mots clés :** aide à la décision, empreinte carbone, évaluation médico-économique, modélisation, santé mentale, dépression

## Introduction

L'impact du système de santé sur le changement climatique, estimé à environ 5% des émissions totales de carbone au niveau mondial (Romanello et al., 2023), fait l'objet d'une attention croissante. 81 pays se sont engagés à décarboner leur système de santé dans le cadre de la COP26 en 2021. Le Royaume-Uni est l'un des plus avancés dans ce domaine : il s'est engagé à un système de santé carbone neutre dès 2045 (ATACH, 2023 ; NHS, 2023).

Les systèmes de santé se préparent ainsi à inclure l'empreinte carbone des modes de prise en charge dans leurs processus décisionnels, tant au niveau clinique que de gouvernance. En France, où les travaux récents du Shift Project évaluent les émissions du système de santé à près de 8% des émissions de gaz à effet de serre du pays (The Shift Project, 2023), la réflexion en termes de politiques publiques et l'engagement de l'Etat est assez récente (Ministère de la Santé et de la Prévention, 2023).

Le rôle des politiques publiques est d'arbitrer car, bien sûr, l'objectif de décarboner le système de santé coexiste avec d'autres priorités, telles qu'encourager l'innovation et la recherche, les résultats de santé et la soutenabilité financière. De manière générale, les arbitrages en santé sont souvent effectués avec des outils d'aide à la décision standardisés, de type évaluation médico-économique. Il semble donc pertinent d'examiner l'intégration de l'empreinte carbone dans ce type d'outils existants.

C'est aussi ce que la Haute Autorité de Santé (HAS) propose dans sa Feuille de route santé environnement de novembre 2023 : *“A ce jour, les avis rendus par la commission d'évaluation économique et de santé publique (CEESP) portent sur des analyses qui ne tiennent pas compte de l'impact environnemental lié aux technologies de santé.<sup>1</sup> Cet impact environnemental (e.g. émissions carbone) pourrait être intégré dans l'évaluation des technologies de santé au travers d'analyses médico-économico-environnementales”* (HAS, 2023). Or, il y a peu d'études scientifiques sur ce type d'analyses (Guirado-Fuentes et al., 2023 ; McAlister, Morton et Barratt, 2022 ; Pinho-Gomes et al., 2022), mis à part notamment une analyse d'impact budgétaire sur les inhalateurs, financée par l'industrie pharmaceutique (Ortsäter et al., 2020).

Notre objectif était de développer et de tester un outil de prise de décision qui prenne en compte les émissions de carbone dans la même mesure que les critères d'évaluation actuellement en vigueur, à savoir le bénéfice clinique et le coût économique.

Comme étude de cas, nous avons choisi la prise en charge de la dépression car elle est tributaire de l'empreinte carbone du système de santé français de deux manières connectées. D'une part, l'augmentation de la prévalence de cette maladie : la dépression est en forte progression et évolue souvent en plusieurs épisodes ou de manière chronique, notamment depuis la pandémie de Covid-19. En effet, 13,3 % de la population adulte a connu un épisode

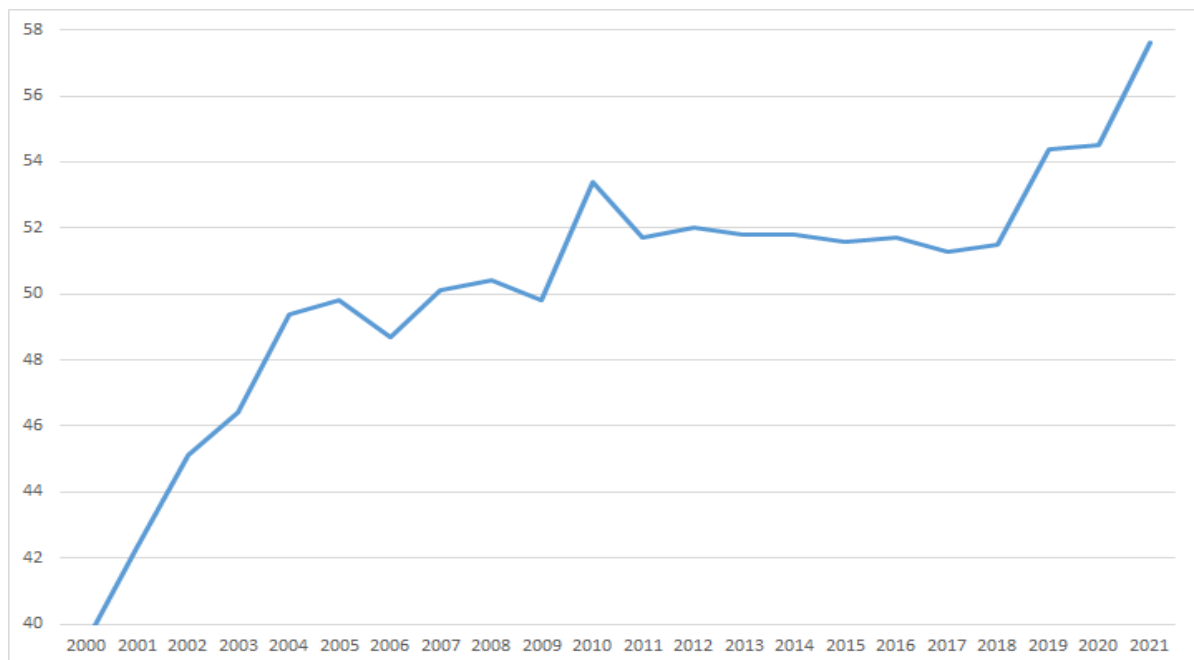
---

<sup>1</sup> La HAS définit les technologies de santé ainsi : *“Toute intervention pouvant être utilisée pour promouvoir la santé, prévenir, diagnostiquer ou traiter une maladie, faire de la rééducation ou fournir des soins de longue durée. Cela inclut : Médicaments, Dispositifs et d'autres technologies, Actes professionnels, Programmes de santé publique”* [Comprendre l'évaluation des technologies de santé](#)

dépressif en 2021, ce qui représente une augmentation de 36 % depuis 2017 (Léon, du Roscoät et Beck, 2023). D'autre part, la corrélation entre la prévalence et la consommation de médicaments. En effet, les prescriptions d'antidépresseurs rapportées à la population sont également en hausse, de 12% entre 2017 et 2021 (OECD, 2023), ce qui est représenté dans la **Figure 1**.

Ce choix est aussi guidé par le fait que l'achat de médicaments représente, avec 29% d'émissions de CO<sub>2</sub>, le poste le plus important au sein du système de santé en France, suivi des dispositifs médicaux à 21% (The Shift Project, 2023). Dans une fourchette similaire, les produits pharmaceutiques ont contribué à hauteur de 19 % à l'empreinte carbone de l'Australie et à 22 % à celle du Royaume-Uni dans le secteur de la santé (Malik et al., 2018). Il s'agit donc de sélectionner un exemple à fort impact de santé publique (en termes de prévalence et de progression) et à fort impact carbone probable (en terme du recours à la pharmacothérapie).<sup>2</sup>

Figure 1 : consommation d'antidépresseurs en France, 2000 - 2021



*Dosage journalier défini pour 1000 habitants par jour. Source : (OECD, 2023)*

Enfin, nous avons choisi la dépression car sa prise en charge s'opère avec des modalités assez contrastées en termes de ressources et de résultats. Ce contraste en fait un bon candidat pour un outil d'aide à la décision et permet de tirer des leçons plus complètes. Les trois modalités de prise en charge principales pour la dépression sont :

- 1) la pharmacothérapie (avec un antidépresseur, AD),
- 2) la psychothérapie (PT),

<sup>2</sup> Par ailleurs, de plus en plus de patients semblent suivre un traitement antidépresseur à long terme : aux États-Unis, 44 % des patients souffrant d'une dépression prenaient des antidépresseurs depuis plus de cinq ans en 2015, contre seulement 13 % en 1996 (Luo et al., 2020).

3) la combinaison entre les deux (COMB).

Ces modalités de prise en charge sont interchangeables empiriquement, dans une certaine mesure. Il y a à la fois deux modalités comparables en termes d'efficacité (AD et PT) et une stratégie d'efficacité supérieure (COMB).

## **I. Méthode**

### **I.1. Approche générale**

Nous avons choisi de réaliser une analyse coût-utilité pour le système de santé avec un horizon temporel à cinq ans, à l'aide d'un modèle de décision de type état-transition semi-markovien, qui est l'un des outils les plus fréquemment utilisés par les agences chargées d'évaluer les innovations sanitaires et leur tutelle afin de statuer sur une prise en charge par la collectivité. Ces évaluations sont aussi publiées dans les revues cliniques afin de rapporter l'impact (comparé) d'un traitement au moyen ou long terme, alors que les évaluations cliniques classiques (de type essai contrôlé et randomisé) évaluent en général des périodes allant jusqu'à 6-12 mois au maximum. Un modèle état-transition permet d'intégrer l'empreinte carbone dans l'analyse comme coût additionnel (McAlister, Morton et Barratt, 2022). Ce choix permet de maintenir un modèle aussi simple que possible<sup>3</sup> en même temps qu'une lecture et une interprétation de résultats qui demeurent intuitives, par rapport aux habitudes des décideurs.<sup>4</sup>

Notre modèle simule les effets cliniques, économiques et en termes d'émission de CO<sub>2</sub>e<sup>5</sup> de trois options de traitement de la dépression : la pharmacothérapie (Escitalopram 10 mg/j, traitement antidépresseur le plus prescrit en France<sup>6</sup>), la psychothérapie, et la combinaison des deux. Afin d'intégrer l'empreinte carbone dans le modèle, nous utilisons la valeur sociale du carbone (voir définition ci-dessous). Nous avons choisi un horizon temporel de cinq ans qui permet de modéliser les effets à moyen-long terme sans trop s'éloigner de la littérature disponible (Lokkerbol et al., 2021).

Dans la mesure du possible, nous nous sommes basés sur des modèles de dépression existants et validés, notamment ceux de Yamada et al. ainsi que Lokkerbol et al., publiés récemment (Lokkerbol et al., 2021 ; Yamada et al., 2021).

---

<sup>3</sup> La parcimonie étant un principe de modélisation clef.

<sup>4</sup> L'alternative principale serait une analyse décisionnelle multicritère, qui est rarement utilisée en France.

<sup>5</sup> La tonne équivalent CO<sub>2</sub> est une unité créée pour rendre commensurable les différents gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, gaz fluorés), qui ont chacun une durée de vie dans l'atmosphère différents. Le CO<sub>2</sub> est utilisé dans ce contexte comme gaz étalon (Germain et Lellouch, 2020).

<sup>6</sup> [L'observatoire du médicament](#)

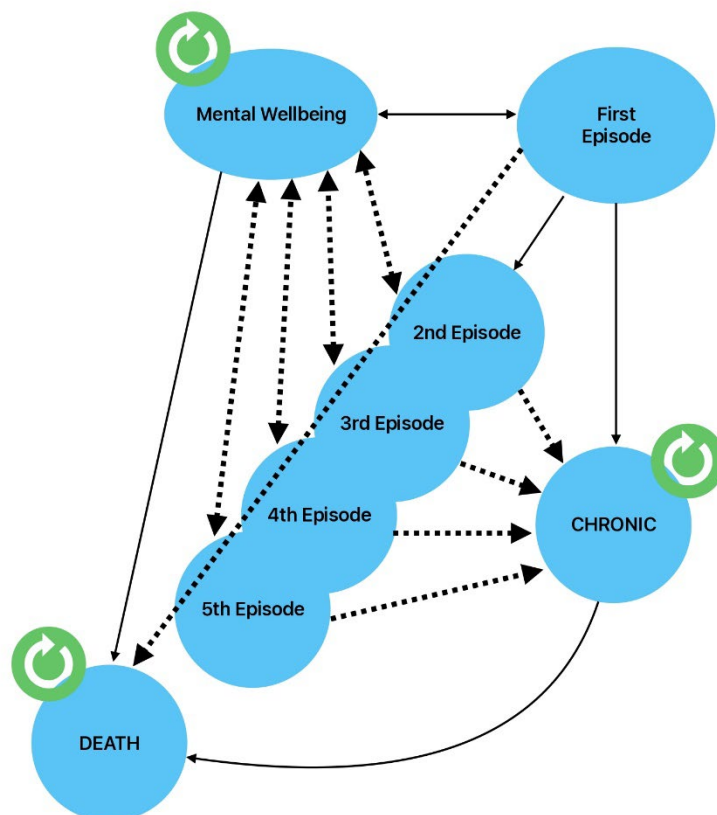
## I.2. Population et contexte

La population cible de cette étude comprend des patients souffrant de dépression modérée à sévère.<sup>7</sup> Nous avons décidé de mener les analyses du point de vue du système de santé français. Nous avons pris en compte des coûts médicaux directs, c'est-à-dire hors arrêts de travail et hors retraites anticipées.

## I.3. Structure du modèle

Nous utilisons un modèle état-transition pour évaluer le rapport coût-utilité de trois stratégies de traitement, en intégrant les émissions de CO<sub>2e</sub> dans les coûts. Dans le modèle, la période d'observation a été fixée à cinq ans<sup>8</sup> avec un cycle de Markov de trois mois afin de reproduire l'évolution clinique de la dépression qui progresse souvent par récurrences ou de manière chronique. Les patients ont été classés en cinq états : bien-être mental, premier épisode, récurrence (2ème, 3ème, 4ème et 5ème épisode), état chronique et décès. On a supposé que les patients passaient d'un état à l'autre chaque trimestre<sup>9</sup>, sur la base des probabilités de transition calculées et des hypothèses décrites ci-dessous. La structure simplifiée du modèle est présentée à la **Figure 2**.

Figure 2 : structure simplifiée du modèle de décision



<sup>7</sup> La pharmacothérapie n'est pas recommandée dans la prise en charge de la dépression d'intensité légère. [Épisode dépressif caractérisé de l'adulte : prise en charge en premier recours](#)

<sup>8</sup> En suivant (Lokkerbol et al., 2021)

<sup>9</sup> Durée médiane d'un épisode dépressif d'après (Spijker et al., 2002).

Nous suivons l'approche de modélisation adoptée récemment par Yamada et al. dans la mesure où, bien que les probabilités cliniques telles que la rémission et la récurrence diffèrent en fonction de la sévérité de la dépression, les méta-analyses disponibles ne les distinguent pas (Yamada et al., 2021). C'est pourquoi, dans cette étude, nous avons appliqué les mêmes probabilités, quelle que soit la sévérité de la dépression. En ce qui concerne l'utilité, nous avons appliqué celle d'un épisode de sévérité modérée.

Nous faisons l'hypothèse que chaque patient reste dans son bras d'étude, c'est-à-dire que la même modalité de prise en charge s'applique pour un même patient pendant les cinq ans modélisés. Pour les patients en AD et en COMB, même s'ils sont en rémission, nous avons supposé une continuation de prescription de leur antidépresseur au-delà de l'épisode, en nous basant sur les taux d'une large étude néerlandaise. Celle-ci trouvait que parmi ceux qui ont reçu au moins quatre ordonnances d'antidépresseurs pendant une première année : 65 % en recevaient encore à deux ans, 58 % les recevaient encore à trois ans, et 42 % des patients ont reçu au moins quatre prescriptions d'antidépresseurs pendant cinq ans (Verhaak, Beurs et Spreeuwenberg, 2019)<sup>10</sup>. Afin de simplifier le modèle, nous avons considéré une moyenne de 2 ans de traitement après l'épisode de dépression.<sup>11</sup>

## **I.4. Paramètres cliniques**

### **Rémission**

Les probabilités de rémission de chaque stratégie de traitement ont été calculées sur la base de la dernière méta-analyse des guidelines NICE qui a évalué l'efficacité entre COMB et AD (NICE, 2022). Conformément aux guidelines du NICE et à la méta-analyse en réseau de Cuijpers et al. (2020), nous avons ensuite supposé que l'AD et la PT seuls avaient la même efficacité (Cuijpers et al., 2020).

### **Compliance/adhérence au traitement**

Afin de concevoir un modèle parcimonieux (aussi simple et robuste que possible), et parce que la littérature ne démontre pas de différence majeure des taux d'abandon entre les stratégies de traitement (Lokkerbol et al., 2021), nous n'avons pas modélisé cette variable.

### **Rechute/récidive**

Les estimations des taux de récurrence respectifs ont été basées sur (Blackburn, Eunson et Bishop, 1986 ; Solomon et al., 2000 ; Vos et al., 2004). A la suite de Lokkerbol et al, les taux de récurrence ont ensuite été modélisés sur la base de Solomon et al (2000), qui ont rapporté que le risque de récurrence augmente en moyenne de 16% après chaque épisode dépressif antérieur (Solomon et al., 2000).

---

<sup>10</sup> Notre hypothèse reste conservatrice car elle ne prend pas en compte le fait que la consommation d'antidépresseurs, rapporté à la population, est bien plus élevée en France par rapport aux Pays Bas (de 18% en 2021) (OECD, 2023).

<sup>11</sup> A cet effet, et de manière générale tout le long du projet, nous avons cherché à intégrer la perspective du méthodologiste en évaluation médico-économique (K. Zarca) et celle du clinicien psychiatre (M. Brunn).

## **I.5. Utilité**

En l'absence de données sur la valeur utilitaire de la dépression chez les patients français, nous avons utilisé les données de l'étude de Revicki et Wood, menée au Canada et aux États-Unis (Revicki et Wood, 1998).

## **I.6. Consommation de soins**

Nous avons élaboré des scénarios de consommation de soins annuelle pour les trois stratégies de traitement en nous basant sur deux études françaises (Coldefy et Gandré, 2020 ; Morvan et al., 2007).

Pour la pharmacothérapie, nous avons émis l'hypothèse de 4 visites chez le médecin généraliste et 2 visites chez le psychiatre pour suivre le traitement. 13 boîtes de 28 comprimés d'Escitalopram 10 mg sont nécessaires pour couvrir une année complète de traitement. Pour la psychothérapie, nous avons fait l'hypothèse de 4 visites chez le médecin généraliste et 18 séances de psychothérapie (Dezetter et Briffault, 2015). Pour la thérapie combinée, nous avons fait l'hypothèse de 4 visites chez le médecin généraliste, 18 séances de psychothérapie et 2 consultations avec un psychiatre. Pour les patients en état de dépression chronique suivant les stratégies PT et COMB, nous avons considéré qu'ils bénéficient de 8 (et non de 18) sessions de psychothérapie (Lokkerbol et al., 2021). Lors d'un épisode de rechute, nous avons présumé la même consommation de soins que lors d'un premier épisode.

Enfin, nous avons considéré que l'hospitalisation des patients présentant un épisode dépressif modéré concernait 1,5 % des patients, et 7,5 % des patients chroniques (Morvan et al., 2007). Nous avons utilisé les durées moyennes d'hospitalisation pour troubles dépressifs dans les hôpitaux généraux et psychiatriques fournies par l'ATIH<sup>12</sup>, ce qui conduit à une estimation moyenne de 18,76 jours de séjour par patient hospitalisé pour troubles dépressifs en France en 2022.

## **I.7. Coûts**

Nous avons réalisé une analyse des coûts du point de vue du système de santé. Nous avons approximé les coûts des consultations de médecins généralistes, des prescriptions, des prises en charge psychiatriques et des psychothérapies par les tarifs de base de remboursement de l'assurance maladie.

Le site web de l'assurance maladie<sup>13</sup> nous a permis de récupérer les coûts totaux des Troubles névrotiques et de l'humeur, qui s'élèvent à €6,3 millions, soit 3,7% des dépenses totales en 2020 ; 50 % de ces coûts couvrent l'hospitalisation. Cela équivaut à €2 224 euros par patient hospitalisé pour épisode dépressif par an.

Suivant les travaux de Dezetter, les Français ont tendance à consulter des psychiatres pour mener des psychothérapies, car ces séances sont remboursées. En conséquence, une grande majorité des psychothérapies se déroulent dans le secteur libéral : 69% sont réalisées par des

<sup>12</sup> [ScanSanté](#)

<sup>13</sup> [Fiche « Troubles névrotiques et de l'humeur » | L'Assurance Maladie](#)

psychiatres, c'est pourquoi nous avons pris la consultation chez un psychiatre comme base pour l'estimation des coûts (Dezetter, 2012).

## **I.8. Empreinte carbone**

Dans notre analyse, nous entendons par empreinte carbone les émissions de gaz à effet de serre d'une année de traitement, par patient.

L'empreinte carbone de l'antidépresseur Escitalopram<sup>14</sup> a été évaluée par la société Ecovamed en établissant une Analyse de Cycle de Vie (ACV) du berceau à la tombe. Cette analyse prend en compte toutes les étapes du cycle de vie, avec une approche EEIO (Environmentally Extended Input-Output) pour certaines émissions non liées à la production. Le calcul précis des inventaires de chaque matière première et de chaque étape de fabrication a été réalisé par ACV. Cette évaluation a été réalisée en conformité avec la norme GHG Protocol.

Nous avons estimé l'empreinte carbone des consultations et de la psychothérapie en nous basant sur une analyse par ACV de cabinets de médecine générale en Suisse, en considérant que cette empreinte de 3,21 kgCO<sub>2</sub>e (hors prescriptions et transport des patients) s'applique pour les généralistes et psychiatres en France (Nicolet et al., 2022).

Les trajets des patients ont été modélisés comme suit. Pour les trajets en pharmacie, nous nous sommes basés sur un rapport de l'Autorité de régulation des transports, qui estime l'empreinte carbone moyenne par déplacement de courte distance à 1,06 kgCO<sub>2</sub>e, tous moyens de transport confondus (Autorité de régulation des transports, 2022). Nous avons multiplié cette valeur par deux afin d'estimer les émissions lors d'un achat d'une boîte d'Escitalopram.

Pour les généralistes et psychiatres, plus rares sur le territoire, nous avons d'abord estimé les distances moyennes. Un citoyen français en métropole se trouve à une distance moyenne de 0,61 km pour les médecins généralistes contre 6,52 km pour les psychiatres, à vol d'oiseau (Coldefy, Com-Ruelle et Lucas-Gabrielli, 2011). Pour une consultation unique, nous avons doublé cette distance en la traduisant en distance routière par l'application d'un facteur 1,4 comme le recommande l'ADEME.<sup>15</sup> A cette distance, nous avons appliqué un équivalent de 151 gCO<sub>2</sub>e par km par personne (sur la base de 85% des trajets en voiture, 11% en transports en commun et 4% à pied ou à vélo), sur base dudit rapport (Autorité de régulation des transports, 2022).<sup>16</sup>

L'empreinte carbone d'une hospitalisation a été estimée sur la base d'un rapport publié par l'AP-HP (Assistance Publique - Hôpitaux de Paris). En 2019, l'empreinte carbone de l'AP-HP s'est élevée à 1,1 million de tonnes de CO<sub>2</sub>e, soit une moyenne de 182 kgCO<sub>2</sub>e par jour d'hospitalisation.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> L'analyse a porté sur deux laboratoires commercialisant l'Escitalopram en France : Lundbeck et Biogaran. L'empreinte carbone des deux est presque identique, elle est de 1,4% moins élevée pour le produit de Biogaran.

<sup>15</sup> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : [Ademe](#)

<sup>16</sup> Nous n'avons pas modélisé les téléconsultations, qui représentaient seulement 3,7% des consultations des médecins généralistes en 2021, en baisse depuis 2020. [Sept téléconsultations de médecine générale sur dix concernent en 2021 des patients des grands pôles urbains | Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques](#)

<sup>17</sup> [Premiers résultats du Bilan Carbone® de l'AP-HP sur l'ensemble de ses activités](#)

## I.9. Monétariser l’empreinte carbone

Nous avons converti l’empreinte carbone en valeur monétaire via le coût social du CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>), qui mesure la valeur monétaire des dommages causés à la société par une tonne supplémentaire d’émissions de CO<sub>2</sub>.<sup>18</sup> Ce coût social est estimé à \$185 en 2020 et concerne les effets pour tous les secteurs de la société. Nous avons ciblé les effets sur le système de santé, ce qui représente un coût de \$90 par tonne de CO<sub>2</sub> (Rennert et al., 2022).

## I.10. Analyse coût-utilité

Nous avons réalisé une analyse coût-utilité en calculant l’ICER à 5 ans en € par QALY<sup>19</sup> gagné.

## I.11. Taux d’actualisation

Un taux d’actualisation de 3% a été appliqué aux QALYs et aux coûts, respectivement. Conformément à McAlister et al. (2020), nous avons également actualisé les émissions de CO<sub>2</sub> converties en unité monétaire de la même manière que les autres coûts.

En revanche, nous avons choisi de ne pas suivre McAlister et al. dans la mesure où nous n’avons pas inclus les mises à jour annuelles (anticipées) des estimations des émissions de CO<sub>2</sub> dues aux progrès technologiques. En effet, les principaux postes d’émissions (tels que ceux liés à la production de produits pharmaceutiques et aux transports) ne semblent pas être sur une trajectoire de réduction dans un avenir proche en France (Autorité de régulation des transports, 2022 ; ISPE, 2023).

## I.12. Analyse de sensibilité

Nous avons réalisé des analyses de sensibilité probabilistes en faisant varier à chaque itération d’une simulation de Monte Carlo chaque variable du modèle, en utilisant une loi de distribution (tableau en annexe).

Nous avons réalisé 1000 itérations, et représenté sur un plan coût-efficacité la différence de coût et d’efficacité de chaque stratégie par rapport à la référence (AD).

Nous avons également réalisé plusieurs scénarios afin de déterminer la sensibilité des résultats à certaines variables :

- durée de 1 à 3 ans d’une prescription d’antidépresseurs (baseline : 2 ans)
- durée de 3 mois à 2 ans d’une prescription d’antidépresseurs quand prescrits en traitement combiné
- coût social du carbone à 300€

<sup>18</sup> Ce coût est spécifique au CO<sub>2</sub>. Le modèle utilisé par les auteurs de l’article cité peut également estimer des coûts pour d’autres gaz à effet de serre.

<sup>19</sup> “Le QALY (quality-adjusted life year, « année de vie pondérée par la qualité ») est un indicateur économique visant à estimer la valeur de la vie. Le QALY peut être utilisé, en médecine, pour déterminer la valeur pécuniaire d’une intervention ou d’un traitement. Une année en bonne santé correspond à un QALY de 1 ; une intervention causant la mort correspond à un QALY de 0 ; une année au cours de laquelle l’intervention thérapeutique permet de prolonger l’espérance de vie effective mais affecte les conditions de vie (par exemple, en évitant le décès au prix d’un handicap) sera comptée entre 0 et 1.” [QALY — Wikipédia](#)

### I.13. Logiciel et accès au modèle

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R et le package “heemod” (Filipović-Pierucci, Zarca et Durand-Zaleski, 2017).

Le modèle est disponible et librement accessible en ligne sur GitHub : <https://gist.github.com/KZARCA/d5ea0e00c573f1a79d8389667148376f>. La publication sur le site du projet PRISM (University of British Columbia) est également en cours : [https://resp.core.ubc.ca/research/Specific\\_Projects/PRISM](https://resp.core.ubc.ca/research/Specific_Projects/PRISM).

## II. Résultats

L'objectif de notre étude étant la démonstration de faisabilité, nous présentons ici des résultats clés de l'analyse, à titre d'illustration. Des tableaux et graphiques plus détaillés peuvent être consultés en Annexe.

### II.1. Émissions et coûts à t0

Il s'agit des estimations annuelles par modalités de prise en charge à t0, c'est-à-dire sans modélisation à long terme.

#### Empreinte carbone

Reporté sur une année et comparée par modalité de prise en charge, l'empreinte carbone de la pharmacothérapie est la plus faible, avec 104 kgCO<sub>2e</sub>, et celle de la thérapie combinée la plus élevée, avec 225 kgCO<sub>2e</sub> (voir Tableau 2).

Tableau 2 : empreinte carbone des trois stratégies de prise en charge

	Empreinte en kgCO <sub>2e</sub>	Equivalence en km de voiture thermique
Pharmacothérapie	104	470 (Paris - Lyon)
Psychothérapie	177	790 (Paris - Marseille)
Thérapie combinée	225	1 025 (Paris - Berlin)

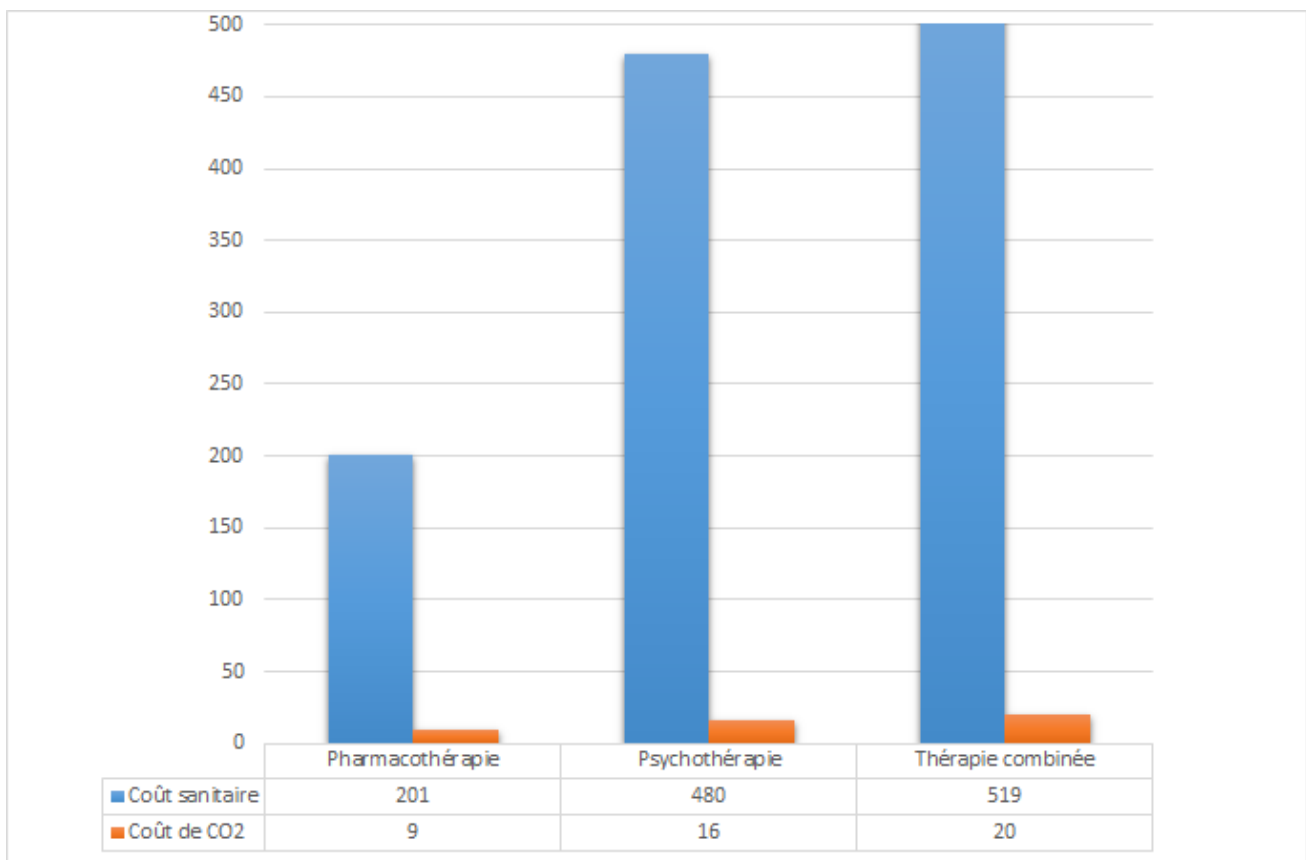
Les postes d'émission les plus importants au sein de la pharmacothérapie sont l'hospitalisation (41 kgCO<sub>2e</sub>), la distribution y compris le trajet du patient à la pharmacie (28 kgCO<sub>2e</sub>) et les consultations (28 kgCO<sub>2e</sub>). Les postes d'émission les plus importants au sein de la psychothérapie et de la thérapie combinée sont les consultations, avec 136 et 150 kgCO<sub>2e</sub>, respectivement (voir Annexe).

## Coûts

Les coûts sanitaires (donc hors CO<sub>2</sub>) par modalité de prise en charge reflètent une hiérarchie similaire. Sur une année, le coût de la pharmacothérapie est le plus faible, avec €201, et celui de la thérapie combinée le plus élevée, avec €519.

Le coût social du carbone (obtenu après conversion des émissions de CO<sub>2</sub>e en €), est, globalement, faible par rapport au coût sanitaire. Toute stratégie confondue, il représente environ 4% du coût sanitaire (voir Figure 3).

Figure 3 : coût annuel par stratégie de prise en charge



## II.2. Modélisation sur cinq ans : ICER et diagramme de coût-efficacité

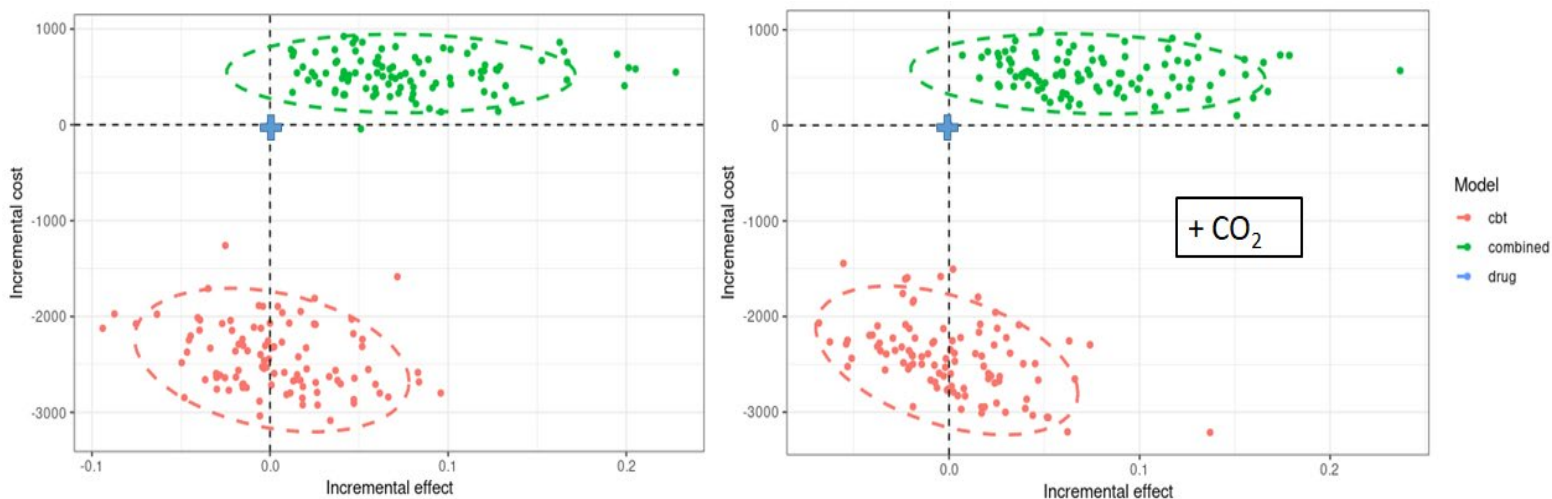
Dans notre modélisation sur cinq ans, la modalité de prise en charge la moins coûteuse est la psychothérapie. Elle devient ainsi la stratégie de référence dans le calcul de l'ICER. Par rapport à la psychothérapie, le traitement médicamenteux est plus coûteux sans gain d'efficacité. La stratégie est donc dominée. L'ICER de la thérapie combinée est d'environ €35 000 par QALY gagné (voir Tableau 3).

Tableau 3 : ICER

	Cost Diff.	Effect Diff.	ICER	Ref.
drug	2356.648	0.00000000	Inf	cbt
combined	2876.519	0.08120673	35422.17	cbt

La modélisation des trois stratégies de prise en charge en termes de coût-efficacité suggère que la psychothérapie est aussi efficace que la pharmacothérapie, avec un coût moins élevé. La thérapie combinée est plus coûteuse, mais aussi plus efficace que chacune des autres stratégies. La prise en compte du coût social du carbone ne change ces résultats qu'à la marge (voir Figure 4).

Figure 4 : diagramme de coût-efficacité



### II.3. Analyse de sensibilité

Lorsque la durée de la pharmacothérapie est de 1 an, la stratégie combinée est plus coût-efficace, avec un ICER à 20 800€/QALY. Lorsque celle-ci est de 3 ans, elle est de 45 000€/QALY.

Lorsque la durée de la pharmacothérapie est différente suivant que le traitement est pris seul ou en combinaison avec une psychothérapie (3 mois pour un traitement combiné et 2 ans pour un traitement médicamenteux seul), l'ICER est de 3 900€/QALY.

Le coût social du carbone n'influe que peu l'ICER, celui-ci étant de 36 400€/QALY pour un coût de 300€/kgCO<sub>2</sub>.

### III. Discussion

Nos résultats illustrent la faisabilité d'un outil concret capable d'intégrer, dans un même modèle de décision, des priorités (santé, économie, environnement) potentiellement en compétition l'une avec l'autre. Cependant, notre travail est préliminaire. Il évoque plusieurs points de discussion et limites.

#### III.1. Comparaison avec la littérature

A notre connaissance, il n'y a pas d'études permettant une comparaison directe avec nos résultats, qui sont à la jonction de deux types de littérature : l'une, du côté des sciences environnementales, sur l'empreinte carbone ; l'autre, clinique, sur les effets des traitements.

Un résultat important de notre analyse concerne la différence entre mesures d'empreinte carbone. En effet, en l'absence d'études ACV en nombre suffisant, les estimations de l'empreinte carbone sont effectuées avec l'approche EEIO (Environmentally Extended Input-Output).<sup>20</sup> En se basant sur cette méthode, l'ADEME a calculé un facteur d'émission de 500 gCO<sub>2</sub>/€, tout médicament confondu. Or, le facteur économique dans notre étude est d'environ 120 gCO<sub>2</sub>/€ pour l'Escitalopram, hors transport du patient. Ainsi, dans le cadre de notre étude, se baser sur des données top-down (par EEIO), mènerait à une surestimation de l'impact du médicament. En même temps, notre analyse permet de démontrer que la modélisation sur 5 ans nuance ces appréciations car, sur cette période plus longue, la psychothérapie devient plus coût-efficace que le médicament, avec ou sans l'empreinte carbone. L'évaluation et le pilotage fins des modalités de prise en charge, sur base de critères médico-éco-climatiques, devraient alors se baser sur des analyses bottom-up de type ACV, dans la mesure du possible. Quel que soit le type de mesure et d'analyse, il est important de standardiser leur méthodologie afin de les rendre comparables (Padget, Devadason, et al., forthcoming).

En ce qui concerne les effets cliniques, il convient de mettre en perspective la plausibilité de notre modèle quant aux effets à long terme. C'est une littérature encore peu développée, car même dans la méta-analyse la plus récente dédiée au sujet, la durée d'observation maximale est de 104 semaines au maximum, et de 42 semaines  $\pm$  16 en moyenne. Cette étude démontre, comme notre analyse, que la thérapie combinée a les meilleurs effets cliniques à long terme (OR=2,52 ; 95% CI : 1,66-3,85 comparé à l'antidépresseur). Les auteurs trouvent également un effet supérieur de la psychothérapie, même si celui est bien moins important (OR=1,53 ; 95% CI : 1,00-2,35, comparé à l'antidépresseur) (Furukawa et al., 2021). Cela valide ainsi nos résultats en ce qui concerne la thérapie combinée. En ce qui concerne la psychothérapie, dans

<sup>20</sup> «Les tableaux et modèles d'entrées-sorties étendus à l'environnement (EEIO) sont devenus un élément puissant pour soutenir les politiques environnementales et économiques basées sur l'information. En bref, les tableaux monétaires d'entrées-sorties (IO) donnent un aperçu de la valeur des transactions économiques entre les différents secteurs d'une économie, y compris la production pour les exportations, la formation de capital et la consommation finale des administrations publiques et des particuliers. Ils permettent de calculer la valeur ajoutée que chaque secteur apporte à la production finale d'une économie. Ces tableaux monétaires des entrées-sorties peuvent être complétés par des informations liées à l'environnement pour chaque secteur, telles que les émissions, l'utilisation des ressources primaires (naturelles), l'utilisation des sols et d'autres effets externes par secteur. Ces externalités environnementales peuvent également être exprimées en termes monétaires.» [Environmentally extended input-output tables and models for Europe - Publications Office of the EU](#)

les résultats de notre modèle, l'efficacité entre antidépresseur et psychothérapie est comparable car l'équivalence entre les deux était l'hypothèse clinique de départ, basée sur une méta-analyse (Cuijpers et al., 2020). Cette dernière a intégré des essais contrôlés et randomisés avec de courtes périodes d'observations, ce qui explique les différences. Il peut être envisagé, dans d'autres analyses, de modéliser les facteurs explicatifs qui se dessinent dans la littérature : un effet d'apprentissage de la psychothérapie (c'est à dire, un effet positif à long terme acquis dès la première séquence de psychothérapie) et un effet dit de "sevrage" des antidépresseurs (c'est à dire un effet plus important de récurrence après arrêt de l'antidépresseur) (Hollon, 2020 ; Lewis et al., 2021).

### **III.2. Accessibilité et généralisabilité de l'outil**

Notre outil devrait, idéalement, être accessible (conception dans un délai raisonnable), maniable (pas trop complexe) et généralisable (en termes de maladie et de contexte). Hors publication, notre exercice a nécessité des ressources qui sont réparties en deux grandes catégories :

- 1) L'analyse de l'empreinte carbone de toutes les modalités de prise en charge a nécessité environ 250 heures de travail (y compris l'analyse de la société Ecovamed). Cela rend notre méthode peu accessible dans la mesure où aucune empreinte carbone d'un antidépresseur n'était disponible publiquement. L'accessibilité et la généralisabilité augmenteront au fur et à mesure que les méthodes se raffinent et que les plateformes partageant les ACV (ex. [www.HealthcareLCA.com](http://www.HealthcareLCA.com)) montent en charge.
- 2) La modélisation de la dépression et l'intégration du coût social du carbone, à l'aide notamment de deux autres modèles publiés récemment, a nécessité environ 150 heures de travail. Puisque des évaluations médico-économiques (souvent de type Markov) existent pour beaucoup de technologies de santé, il peut être envisagé d'impliquer les équipes à l'origine de ces évaluations, ce qui rendrait la méthode très accessible.

Cela induit cependant la question des incitations pour ces équipes. En termes d'incitations intellectuelles et sociales, le développement et la publication d'un modèle multidimensionnel tel que le nôtre pourraient être encouragées et facilitées via des plateformes telles que celles mentionnées ci-dessus (PRISM pour le partage des modèles, Healthcare LCA pour le partage des données). En termes de financement et de politiques publiques, des fonds dédiés et faciles d'accès pourraient être mis à disposition pour permettre, par exemple, aux équipes de modélisation existantes de "brancher" un module climat sur leurs modèles (en cours de développement ou déjà publiés).

Enfin, il est légitime de se poser la question de la pertinence de l'ajout de l'empreinte carbone dans la prise de décision (Pinho-Gomes et al., 2022). En effet, ce modèle n'est utile que s'il peut avoir une influence sur la prise de décision. Nous proposons aux chercheurs qui souhaiteraient faire une telle étude de réaliser un calcul simple préliminaire.

Pour ce faire :

- Nous estimons que le modèle peut apporter une nouvelle information quand la différence entre l'ICER sans prise en compte de l'empreinte carbone et l'ICER avec prise en compte est  $> \text{€}1000/\text{QALY}$ .
- $\text{€}1000$  correspondent, avec un coût social de carbone de  $\text{€}90$ , à environ 11 tonnes de  $\text{CO}_2\text{e}$  sur l'horizon temporel de l'étude (5 ans). La différence d'empreinte carbone entre les stratégies doit donc être au moins de 2,2 tonnes de  $\text{CO}_2\text{e}$  par an.

### III.3. Perspective méthodologique : l'implication des usagers

Cette étude de faisabilité d'un modèle médico-éco-climatique incite à discuter de nombreux aspects méthodologiques. Au lieu d'aborder chaque choix méthodologique de manière individuelle, ce qui donnerait lieu à une liste de longueur considérable, nous préférons plutôt discuter le processus même de création du modèle.

En effet, alors qu'un outil scientifique d'aide à la décision peut paraître comme un instrument "neutre" (c'est à dire obéissant aux seuls critères scientifiques),<sup>21</sup> il est important de souligner que chaque choix de méthode d'une évaluation médico-économique est associé à un jugement de valeur social et éthique. Par exemple, lors du choix d'opter pour un modèle "simple" qui se base sur des données d'études existantes (agrégés, internationales) au lieu d'attendre des données spécifiques (nationales), les modélisateurs effectuent un jugement de valeur qui privilégie la rapidité et non la précision des résultats (Harvard, Werker et Silva, 2020).

Or, ce "fardeau" des choix de méthode-valeur est alourdi dans un modèle médico-éco-climatique car il ajoute des aspects éthiques importants tels que la justice intergénérationnelle : *dans quelle mesure l'effet des émissions pour les futures générations devrait-il impacter nos arbitrages d'aujourd'hui ?*<sup>22</sup> Il en résulte, de notre point de vue, que ces choix ne devraient pas être réservés aux seuls experts (modélisateurs, médecins, épidémiologistes) et élites politico-administratives qui ont façonné, avec un fonctionnement de "coalition discursive", ce système de prise de décision (Hassenteufel et al., 2017).

Dès lors, il semble nécessaire d'associer les patients (actuels et futurs) aux choix de méthode-valeur, guidés par des questions clefs telles que : dans la mesure où la réduction des émissions de  $\text{CO}_2$  peut orienter l'accès à certains traitements, quelles sont les concessions que les patients sont prêts à faire ? Afin d'opérationnaliser cette inclusion des patients, il existe des travaux de sciences sociales sur la manière de les associer à la modélisation (Harvard et Werker, 2021). De même, des méthodes en économie de la santé telles que les choix discrets semblent utiles et à portée afin de déterminer les préférences des patients (Wang et al., 2021). Enfin, des

<sup>21</sup> A ce titre, l'évaluation médico-économique s'inscrit dans une série d'instruments d'action publique qui caractérisent les réformes de santé récentes en France (Brunn et Hassenteufel, 2021).

<sup>22</sup> Cette question se pose, de manière similaire mais à pondération souvent différente, aussi pour les choix budgétaires.

acteurs tels que la HAS mettent à disposition des outils afin de former les usagers du système de santé à l'évaluation médico-économique.<sup>23</sup>

### III.4. Limites

#### Concernant l'étude de cas

Notre modèle suit une cohorte virtuelle de patients avec un premier épisode de dépression. Il est également possible et très important de créer des modèles qui évaluent des programmes de prévention (donc, tout ce qui se passe avant ce premier épisode).<sup>24</sup>

Nos hypothèses sur la psychothérapie doivent être nuancées par la réalité du terrain en France. En effet, il existe des limites d'accès financier à la psychothérapie hors psychiatrie en France, car celle-ci n'est pas remboursée (hors expérimentations ou programmes spécifiques).<sup>25</sup> En même temps, la seule psychothérapie dispensée par les psychiatres ne suffirait pas, en nombre, pour servir les besoins potentiels au niveau populationnel. En ce sens, il convient de souligner/rappeler qu'il s'agit ici d'un modèle d'aide à la décision. C'est donc un élément de décision parmi d'autres dans un contexte d'incertitude.

Enfin, notre étude exploratoire n'a pas examiné l'apport potentiel de l'e-santé mentale (téléconsultations, thérapie partielle ou intégrale avec une application) ou la psychothérapie en groupe et leur empreinte carbone. Ces options de prise en charge importantes, mais actuellement peu adoptées en France, méritent d'être analysées et discutées dans le cadre d'un projet dédié.

#### Concernant l'empreinte carbone

Il demeure, dans notre analyse, une grande incertitude quant à l'impact carbone d'autres antidépresseurs, ce qui limite la généralisabilité de nos conclusions. Nous disposons cependant d'une estimation de l'empreinte carbone du Citalopram (substance apparentée à l'Escitalopram) qui se situe dans la même fourchette. Son empreinte est d'environ 10% moins élevée pour une dose journalière équivalente.<sup>26</sup> Le Citalopram est le cinquième antidépresseur le plus prescrit en France dans la classe des Inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS), classe la plus plébiscitée par les prescripteurs.<sup>27</sup>

Il est également important de souligner que les systèmes de santé ont des impacts environnementaux au-delà de l'émission de CO<sub>2</sub> (Andrieu et al., 2023). Si nous avons choisi de nous concentrer sur le CO<sub>2</sub> ici, c'est en raison de l'urgence particulière du réchauffement climatique, mais aussi parce que le fait de choisir le CO<sub>2</sub> comme émission de référence peut avoir l'avantage de rendre les évaluations (telles que les nôtres) accessibles à un public plus large de professionnels, d'utilisateurs du système de santé et de décideurs. Cela s'inscrit dans

---

<sup>23</sup> [Comprendre l'évaluation des technologies de santé](#)

<sup>24</sup> Il convient de noter que nous ne disposons pas de données sur l'incidence de la dépression en France.

<sup>25</sup> Il y a la possibilité d'accéder à 8 séances de soutien psychologique dans le cadre du programme Mon soutien psy, ce qui reste cependant en deçà de ce qui est considéré comme nombre de séances de psychothérapie suffisant (Swift et al., 2017).

<sup>26</sup> Information de la société Ecovamed concernant le produit de Lundbeck.

<sup>27</sup> [L'observatoire du médicament](#)

une mouvance où l’empreinte carbone est devenu un indicateur environnemental “consensuel” qui a pris une importance particulière ces dernières années (Padget, Devadason, et al., forthcoming).

En ce qui concerne la fourchette du coût social du carbone<sup>28</sup> : nous sommes dans la fourchette moyenne-basse des estimations disponibles. Ces estimations ont augmenté avec le temps (Tol, 2023). Il est possible de relever la valeur de cette variable afin de donner plus de poids à ce critère de décision dans la modélisation.

## Conclusions

Notre étude illustre que l’intégration du critère climat dans la décision n’est pas une contrainte mais l’occasion d’ouvrir le débat sur les valeurs sociales et éthiques qui sous-tendent les choix politiques ainsi que de mettre une nouvelle lumière sur des débats souvent anciens (et enlisés).<sup>29</sup> C’est ce qui est illustré par les modalités de prise en charge de la dépression. En effet, la question de la “bonne” modalité est débattue depuis des décennies, tant sur le terrain de la santé mentale que sur le plan politique, et la réponse dépend souvent de l’allégeance (à une forme de traitement) et/ou de l’idéologie de celui qui la donne (Leichsenring et al., 2017 ; Prosser, Helfer et Leucht, 2016).

L’impact carbone d’une modalité de prise en charge est ainsi susceptible de peser dans ces arbitrages, car cela nécessite de se focaliser sur (tous) les effets à long terme d’une modalité donnée, ce qui est la définition même de durabilité. En dehors même des outils d’aide à la décision et de leurs résultats, ce (re)cadrage peut avoir des effets importants sur les politiques publiques, en termes de priorisation par exemple (Shiffman et Shawar, 2022).

Le type d’évaluation multidimensionnelle présenté ici sort ainsi du cadre (restreint) de l’évaluation des technologies de santé, et a vocation à stimuler la discussion sur les politiques de santé plus largement, dans un système de santé qui intègre l’environnement dans son concept de qualité même (Padget, Peters, et al., forthcoming).

---

<sup>28</sup> A distinguer du concept complémentaire de *prix social du carbone*, élaboré en France par la Commission Quinet (parmi d’autres), qui consiste à “fixer ex ante une cible tutélaire de réduction des émissions de gaz à effet de serre à un horizon donné, puis à mesurer l’effort à fournir pour atteindre cette cible de manière équitable, sur la base de nos connaissances sur les coûts des techniques de décarbonation. L’effort ainsi défini se traduit par une dépense climat optimale, dépense au sens large pouvant être portée par l’ensemble des agents économiques (publics et privés).” (Germain et Lellouch, 2020)

<sup>29</sup> Cette idée est développée ici : [« Il existe aujourd’hui une opportunité unique de faire converger réformes de santé et politiques climatiques »](#)

## Remerciements

Tous les auteurs tiennent à remercier la société Ecovamed, spécialisée dans l'évaluation des impacts environnementaux des produits de santé, et notamment leurs empreintes carbone, d'avoir mis à disposition, sans contrepartie, les données sur l'empreinte carbone de l'Escitalopram. Nous remercions Stéphanie Harvard, Sébastien Taillemite et Charlotte Halpern pour leurs précieux commentaires sur le manuscrit. Enfin, merci pour leurs retours à tous les participants de la journée d'étude [Décarboner le système de santé : quels enjeux pour les politiques publiques ?](#), qui s'est tenu à Sciences Po le 3 mai 2023.

## Références

ANDRIEU B., MARRAUD L., VIDAL O., EGNELL M., BOYER L., FOND G., 2023, « 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*, 7, 9, p. e747-e758.

ATACH, 2023, « The Community of Practice for Climate Resilient and Low Carbon Sustainable Health Systems ».

AUTORITE DE REGULATION DES TRANSPORTS, 2022, « Le transport de voyageurs en France - État des lieux des mobilités courte et longue distance (volume 2) », Paris.

BLACKBURN I.M., EUNSON K.M., BISHOP S., 1986, « A two-year naturalistic follow-up of depressed patients treated with cognitive therapy, pharmacotherapy and a combination of both », *Journal of Affective Disorders*, 10, 1, p. 67-75.

BRUNN M., HASSENTEUFEL P., 2021, « France », dans *Health Politics in Europe*, Oxford, Oxford University Press.

COLDEFY M., COM-RUELLE L., LUCAS-GABRIELLI V., 2011, « Distances et temps d'accès aux soins en France métropolitaine », Paris, DREES.

COLDEFY M., GANDRE C., 2020, « Atlas de la santé mentale en France », Paris, IRDES.

CUIJPERS P., NOMA H., KARYOTAKI E., VINKERS C.H., CIPRIANI A., FURUKAWA T.A., 2020, « A network meta-analysis of the effects of psychotherapies, pharmacotherapies and their combination in the treatment of adult depression », *World Psychiatry*, 19, 1, p. 92-107.

DEZETTER A., 2012, *Analyses épidémiologiques et socioéconomiques de la situation des psychothérapies en France, en vue de propositions sur les politiques de remboursement des psychothérapies*, Thèse de doctorat, Université Paris Descartes.

DEZETTER A., BRIFFAULT X., 2015, « Coûts et bénéfices d'un programme de financement des psychothérapies auprès des Français souffrant de troubles dépressifs ou anxieux », *Santé mentale au Québec*, 40, 4, p. 119-140.

FILIPOVIĆ-PIERUCCI A., ZARCA K., DURAND-ZALESKI I., 2017, « Markov Models for Health Economic Evaluations: The R Package heemod », *arXiv*.

FURUKAWA T.A., SHINOHARA K., SAHKER E., KARYOTAKI E., MIGUEL C., CIHAROVA M., BOCKTING C.L.H., BREEDVELT J.J.F., TAJIKA A., IMAI H., OSTINELLI E.G., SAKATA M., TOYOMOTO R., KISHIMOTO S., ITO M., FURUKAWA Y., CIPRIANI A., HOLLON S.D., CUIJPERS P., 2021, « Initial treatment choices to achieve sustained response in major depression: a systematic review and network meta-analysis », *World Psychiatry*, 20, 3, p. 387-396.

GERMAIN J., LELLOUCH T., 2020, « Prix social du carbone et engagement pour le climat : des pistes pour une comptabilité économique environnementale ? », *Insee Analyses*, 56.

GILMAN S.E., SUCHA E., KINGSBURY M., HORTON N.J., MURPHY J.M., COLMAN I., 2017, « Depression and mortality in a longitudinal study: 1952–2011 », *CMAJ*, 189, 42, p. E1304-E1310.

GUIRADO-FUENTES C., ABT-SACKS A., TRUJILLO-MARTÍN M. DEL M., GARCÍA-PÉREZ L., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ L., CARRION I RIBAS C., SERRANO-AGUILAR P., 2023, « Main Challenges of Incorporating Environmental Impacts in the Economic Evaluation of Health Technology Assessment: A Scoping Review », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, 6, p. 4949.

HARVARD S., WERKER G.R., 2021, « Health Economists on Involving Patients in Modeling: Potential Benefits, Harms, and Variables of Interest », *Pharmacoeconomics*, 39, 7, p. 823-833.

HARVARD S., WERKER G.R., SILVA D.S., 2020, « Social, ethical, and other value judgments in health economics modelling », *Social Science & Medicine*, 253, p. 112975.

HAS, 2023, « Feuille de route santé-environnement », Saint-Denis, Haute Autorité de Santé.

HASSENTEUFEL P., BENAMOUZIG D., MINONZIO J., ROBELET M., 2017, « Policy Diffusion and Translation. The Case of Evidence-based Health Agencies in Europe », *Novos Estudos*, 36, p. 77-96.

HOLLON S.D., 2020, « Is cognitive therapy enduring or antidepressant medications iatrogenic? Depression as an evolved adaptation », *American Psychologist*, 75, 9, p. 1207-1218.

ISPE, 2023, « Challenges for Net Zero Carbon Pharmaceutical Manufacturing | Pharmaceutical Engineering », *International Society for Pharmaceutical Engineering*.

LEICHSENRING F., ABBASS A., HILSENROTH M.J., LEWEKE F., LUYTEN P., KEEFE J.R., MIDGLEY N., RABUNG S., SALZER S., STEINERT C., 2017, « Biases in research: risk factors for non-replicability in psychotherapy and pharmacotherapy research », *Psychological Medicine*, 47, 6, p. 1000-1011.

LEON C., ROSCOËT E. DU, BECK F., 2023, « Prévalence des épisodes dépressifs en France chez les 18-85 ans : résultats du Baromètre santé 2021 », *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2, p. 28-40.

LEWIS G., MARSTON L., DUFFY L., FREEMANTLE N., GILBODY S., HUNTER R., KENDRICK T., KESSLER D., MANGIN D., KING M., LANHAM P., MOORE M., NAZARETH I., WILES N., BACON F., BIRD M., BRABYN S., BURNS A., CLARKE C.S., HUNT A., PERVIN J., LEWIS G., 2021, « Maintenance or Discontinuation of Antidepressants in Primary Care », *New England Journal of Medicine*, 385, 14, p. 1257-1267.

LOKKERBOL J., WIJNEN B., RUHE H.G., SPIJKER J., MORAD A., SCHOEVERS R., BOER M.K. DE, CUIJPERS P., SMIT F., 2021, « Design of a health-economic Markov model to assess cost-effectiveness and budget impact of the prevention and treatment of depressive disorder », *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 21, 5, p. 1031-1042.

LUO Y., KATAOKA Y., OSTINELLI E.G., CIPRIANI A., FURUKAWA T.A., 2020, « National Prescription Patterns of Antidepressants in the Treatment of Adults With Major Depression in the US Between 1996 and 2015: A Population Representative Survey Based Analysis », *Frontiers in Psychiatry*, 11.

MALIK A., LENZEN M., MCALISTER S., MCGAIN F., 2018, « The carbon footprint of Australian health care », *The Lancet Planetary Health*, 2, 1, p. e27-e35.

MCALISTER S., MORTON R.L., BARRATT A., 2022, « Incorporating carbon into health care: adding carbon emissions to health technology assessments », *The Lancet Planetary Health*, 6, 12, p. e993-e999.

MINISTERE DE LA SANTE ET DE LA PREVENTION, 2023, « Planification écologique du système de santé - Feuille de route », Paris.

MORVAN Y., PRIETO A., BRIFFAULT X., BLANCHET A., DARDENNES R.M., ROUILLON F., LAMBOY B., 2007, « La dépression en France : Prévalence, facteurs associés et consommation de soins », dans *Inpes*, p. 459.

NHS, 2023, « Greener NHS - Delivering a net zero NHS »,.

NICE, 2022, « Depression in adults - [Supplement B3] Forest plots for first-line treatment of more severe depression », *NICE guideline NG222*, Manchester, National Institute for Health and Care Excellence.

NICOLET J., MUELLER Y., PARUTA P., BOUCHER J., SENN N., 2022, « What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland », *Environmental Health*, 21, 1, p. 3.

OECD, 2023, « OECD Data Explorer », *Organisation de coopération et de développement économiques*.

ORTSÄTER G., BORGSTRÖM F., BALDWIN M., MILTENBURGER C., 2020, « Incorporating the Environmental Impact into a Budget Impact Analysis: The Example of Adopting RESPIMAT® Re-usable Inhaler », *Applied Health Economics and Health Policy*, 18, 3, p. 433-442.

PADGET M., DEVADASON A., MOLINIE G., BLOM I., ARMAND W., DUHAIME A., SHERMAN J., SLUTZMAN J., KRINGOS D., forthcoming, « Measuring environmentally sustainable healthcare: a scoping review », *SSRN*.

PADGET M., PETERS M.A., BRUNN M., KRINGOS D., KRUK M.E., forthcoming, « Health Systems and Environmental Sustainability: Updating Frameworks for a New Era », *The BMJ*.

PINHO-GOMES A.-C., YOO S.-H., ALLEN A., MAIDEN H., SHAH K., TOOLAN M., 2022, « Incorporating environmental and sustainability considerations into health technology assessment and clinical and public health guidelines: a scoping review », *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 38, 1, p. e84.

PROSSER A., HELFER B., LEUCHT S., 2016, « Biological v. psychosocial treatments: a myth about pharmacotherapy v. psychotherapy », *The British Journal of Psychiatry*, 208, 4, p. 309-311.

RENNERT K., ERRICKSON F., PREST B.C., RENNELS L., NEWELL R.G., PIZER W., KINGDON C., WINGENROTH J., COOKE R., PARTHUM B., SMITH D., CROMAR K., DIAZ D., MOORE F.C., MÜLLER U.K., PLEVIN R.J., RAFTERY A.E., ŠEVČÍKOVÁ H., SHEETS H., STOCK J.H., TAN T., WATSON M., WONG T.E., ANTHOFF D., 2022, « Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO<sub>2</sub> », *Nature*, 610, 7933, p. 687-692.

REVICKI D.A., WOOD M., 1998, « Patient-assigned health state utilities for depression-related outcomes: differences by depression severity and antidepressant medications », *Journal of Affective Disorders*, 48, 1, p. 25-36.

ROMANELLO M., NAPOLI C. DI, GREEN C., KENNARD H., LAMPARD P., SCAMMAN D., WALAWENDER M., ALI Z., AMELI N., AYEB-KARLSSON S., BEGGS P.J., BELESOVA K., FORD L.B., BOWEN K., CAI W., CALLAGHAN M., CAMPBELL-LENDRUM D., CHAMBERS J., CROSS T.J., DAALLEN K.R. VAN, DALIN C., DASANDI N., DASGUPTA S., DAVIES M., DOMINGUEZ-SALAS P., DUBROW R., EBI K.L., ECKELMAN M., EKINS P., FREYBERG C., GASPARYAN O., GORDON-STRACHAN G., GRAHAM H., GUNTHER S.H., HAMILTON I., HANG Y., HÄNNINEN R., HARTINGER S., HE K., HEIDECKE J., HESS J.J., HSU S.-C., JAMART L., JANKIN S., JAY O., KELMAN I., KIESEWETTER G., KINNEY P., KNIVETON D., KOUZNETSOV R., LAROSA F., LEE J.K.W., LEMKE B., LIU Y., LIU Z., LOTT M., BATISTA M.L., LOWE R., SEWE M.O., MARTINEZ-URTAZA J., MASLIN M., MCALLISTER L., MCMICHAEL C., MI Z., MILNER J., MINOR K., MINX J.C., MOHAJERI N., MOMEN N.C., MORADI-LAKEH M., MORRISSEY K., MUNZERT S., MURRAY K.A., NEVILLE T., NILSSON M., OBRADOVICH N., O'HARE M.B., OLIVEIRA C., ORESZCZYN T., OTTO M., OWFI F., PEARMAN O., PEGA F., PERSHING A., RABBANIHA M., RICKMAN J., ROBINSON E.J.Z., ROCKLÖV J., SALAS R.N., SEMENZA J.C., SHERMAN J.D., SHUMAKE-GUILLEMOT J., SILBERT G., SOFIEV M., SPRINGMANN M., STOWELL J.D., TABATABAEI M., TAYLOR J., THOMPSON R., TONNE C., TRESKOVA M., TRINANES J.A., WAGNER F., WARNECKE L., WHITCOMBE H., WINNING M., WYNS A., YGLESIAS-GONZÁLEZ M., ZHANG S., ZHANG Y., ZHU Q., GONG P., MONTGOMERY H., COSTELLO A., 2023, « The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms », *The Lancet*, 402, 10419, p. 2346-2394.

SHIFFMAN J., SHAWAR Y.R., 2022, « Framing and the formation of global health priorities », *The Lancet*, 399, 10339, p. 1977-1990.

SOLOMON D.A., KELLER M.B., LEON A.C., MUELLER T.I., LAVORI P.W., SHEA M.T., CORYELL W., WARSHAW M., TURVEY C., MASER J.D., ENDICOTT J., 2000, « Multiple Recurrences of Major Depressive Disorder », *American Journal of Psychiatry*, 157, 2, p. 229-233.

SPIJKER J., GRAAF R.D., BIJL R.V., BEEKMAN A.T.F., ORMEL J., NOLEN W.A., 2002, « Duration of major depressive episodes in the general population: Results from the Netherlands Mental Health Survey and Incidence Study (NEMESIS) », *The British Journal of Psychiatry*, 181, 3, p. 208-213.

SWIFT J.K., GREENBERG R.P., TOMPKINS K.A., PARKIN S.R., 2017, « Treatment refusal and premature termination in psychotherapy, pharmacotherapy, and their combination: A meta-analysis of head-to-head comparisons », *Psychotherapy*, 54, p. 47-57.

THE SHIFT PROJECT, 2023, « Décarboner la Santé pour soigner durablement », Paris.

TOL R.S.J., 2023, « Social cost of carbon estimates have increased over time », *Nature Climate Change*, 13, 6, p. 532-536.

VERHAAK P.F.M., BEURS D. DE, SPREEUWENBERG P., 2019, « What proportion of initially prescribed antidepressants is still being prescribed chronically after 5 years in general practice? A longitudinal cohort analysis », *BMJ Open*, 9, 2, p. e024051.

VOS T., HABY M.M., BARENDREGT J.J., KRUIJSHAAR M., CORRY J., ANDREWS G., 2004, « The Burden of Major Depression Avoidable by Longer-term Treatment Strategies », *Archives of General Psychiatry*, 61, 11, p. 1097-1103.

WANG Y., WANG Z., WANG Z., LI X., PANG X., WANG S., 2021, « Application of Discrete Choice Experiment in Health Care: A Bibliometric Analysis », *Frontiers in Public Health*, 9.

YAMADA Y., MIYAHARA R., WADA M., NINOMIYA A., KOSUGI T., MIMURA M., SADO M., 2021, « A comparison of cost-effectiveness between offering antidepressant-CBT combinations first or second, for moderate to severe depression in Japan », *Journal of Affective Disorders*, 292, p. 574-582.

## Annexes

Tableau annexe 1 : empreinte carbone par stratégie de prise en charge

Stratégie de prise en charge	kgCO <sub>2</sub> e/an
<i>Pharmacothérapie</i>	
Médicament	
Production des matières premières	3.28
Production du conditionnement	0.27
Transport amont	0.01
Production du médicament, y compris les émissions indirectes du laboratoire	3.16
Logistique aval et distribution, y compris le trajet du patient à la pharmacie	28.21
Fin de vie	0.04
Consultations	27.69
Hospitalisations	40.97
Total	103.62
<i>Psychothérapie</i>	
Consultations	135.94
Hospitalisations	40.97
Total	176.91
<i>Thérapie combinée</i>	
Médicament	34.94
Consultations	149.47
Hospitalisations	40.97
Total	225.38

Tableau annexe 2 : variables intégrées dans l'analyse de sensibilité

Variable	Valeur en baseline	Distribution	IC à 95 %	Source
Probabilité de décéder en état chronique pendant un an	0,0286	beta	0,0204-0,0380	(Gilman et al., 2017)
Probabilité de décéder en état asymptomatique pendant un an	0,0192	beta	0,0128-0,0271	(Gilman et al., 2017)
Probabilité de rémission avec prise d'antidépresseurs	0,342	beta	0,276-0,410	(NICE, 2022)
Probabilité de rémission avec psychothérapie	0,342	beta	0,276-0,410	
Probabilité de rémission avec traitement combiné	0,497	beta	0,419-0,574	
Probabilité d'un épisode de récurrence dans l'année suivant un premier épisode	0,250	beta	0,091-0,456	(Solomon et al., 2000)
OR d'un épisode ultérieur après chaque épisode de récurrence	1,16	lognormal	1,029-1,304	(Solomon et al., 2000)
Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'une psychothérapie chez un patient chronique pendant un an	338	lognormal	250-446	voir Méthode
Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'un traitement par antidépresseurs d'un patient chronique pendant un an	319	lognormal	232-427	
Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'un traitement combiné d'un patient chronique pendant un an	373	lognormal	285-480	
Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'une psychothérapie chez un patient ayant un épisode pendant un an	177	lognormal	99-293	
Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'un traitement par antidépresseurs d'un patient ayant un épisode pendant un an	104	lognormal	38-229	

Empreinte carbone (kgCO <sub>2</sub> e) d'un traitement combiné d'un patient ayant un épisode pendant un an	225	lognormal	143-339	
Coût en € de la psychothérapie pendant un an chez un patient chronique	528	gamma	573-652	voir Méthode
Coût en € des traitements par antidépresseurs pendant un an chez un patient chronique	341	gamma	335-463	
Coût en € d'un traitement combiné pendant un an chez un patient chronique	567	gamma	633-715	
Coût en € de la psychothérapie pendant un an pour un épisode	480	gamma	424-503	
Coût en € des traitements par antidépresseurs pendant un an pour un épisode	201	gamma	286-364	
Coût en € d'un traitement combiné pendant un an pour un épisode	519	gamma	463-542	
Utilité d'un épisode	0,63	logitnormal	0,497-0,748	(Revicki et Wood, 1998)
Utilité en rémission	0,86	logitnormal	0,806-0,899	
Utilité en état chronique	0,80	logitnormal	0,698-0,896	
Coût social du carbone en €	90	gamma	55-133	(Rennert et al., 2022)



**Le LIEPP (Laboratoire interdisciplinaire d'évaluation des politiques publiques) est un laboratoire d'excellence (Labex) distingué par le jury scientifique international désigné par l'Agence nationale de la recherche (ANR). Il est financé dans le cadre du plan d'investissement France 2030 à travers l'IdEx Université Paris Cité (ANR-18-IDEX-0001).**

**[www.sciencespo.fr/liepp](http://www.sciencespo.fr/liepp)**

## **A propos de la publication**

### **Procédure de soumission :**

Rédigé par un ou plusieurs chercheurs sur un projet en cours, le *Working paper* vise à susciter la discussion scientifique et à faire progresser la connaissance sur le sujet étudié. Il est destiné à être publié dans des revues à comité de lecture (peer review) et à ce titre répond aux exigences académiques. Les textes proposés peuvent être en français ou en anglais. En début de texte doivent figurer : les auteurs et leur affiliation institutionnelle, un résumé et des mots clefs.

Le manuscrit sera adressé à : [liepp@sciencespo.fr](mailto:liepp@sciencespo.fr)

Les opinions exprimées dans les articles ou reproduites dans les analyses n'engagent que leurs auteurs.

### **Directrice de publication :**

Anne Revillard

### **Comité de rédaction :**

Ariane Lacaze, Andreana Khristova

Sciences Po - LIEPP  
27 rue Saint Guillaume  
75007 Paris - France  
+33(0)1.45.49.83.61  
[liepp@sciencespo.fr](mailto:liepp@sciencespo.fr)

