L'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public. Rapport du groupe de travail

Benoît Dervaux, Lise Rochaix, Bénédicte Meurisse, Alice Robinet, Sylvie Banoun, Silvano Domergue, Paul Guéro, Laurence Hartmann, Claire-Lise Meynard, Jincheng Ni

▶ **To cite this version:**

Benoît Dervaux, Lise Rochaix, Bénédicte Meurisse, Alice Robinet, Sylvie Banoun, et al.. L'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public. Rapport du groupe de travail. [Rapport de recherche] Ministère de la transition écologique et solidaire; Premier Ministre; France Stratégie - Commissariat général à la stratégie et la prospective. 2022. hal-03664885

HAL Id: hal-03664885
https://hal.science/hal-03664885

Submitted on 24 May 2022

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.

Rapport

Mars 2022

Évaluation

L'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public

Rapport du groupe de travail présidé par Benoît Dervaux et Lise Rochaix

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

PREMIER MINISTRE
Liberté
Égalité
Fraternité
Secrétariat général pour l'investissement

FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

L'ÉVALUATION SOCIOÉCONOMIQUE DES EFFETS DE SANTÉ DES PROJETS D'INVESTISSEMENT PUBLIC

Présidents du groupe de travail

Benoît Dervaux et Lise Rochaix

Rapporteure et coordinatrice générale

Bénédicte Meurisse, avec l'aide d'Alice Robinet

Rapporteurs et animateurs thématiques

Sylvie Banoun, Silvano Domergue, Paul Guéro, Laurence Hartmann, Claire-Lise Meynard et Jincheng Ni

Avec le soutien de

Luc Baumstark, Vincent Marcus, Bérengère Mesqui et Jean-Paul Nicolaï

Mars 2022

FRANCE STRATÉGIE

PREMIER MINISTRE
Liberté Égalité Fraternité
Secrétariat général pour l'investissement

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté Égalité Fraternité

Ce rapport est le fruit du groupe de travail coprésidé par Benoît Dervaux et Lise Rochaix et associant des représentants :

- *de l'Ademe (Agence de la transition écologique, anciennement Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) ;*
- *de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ;*
- *du Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) ;*
- *du Commissariat général au développement durable (ministère de la Transition écologique) ;*
- *du Conseil général de l'environnement et du développement durable (ministère de la Transition écologique) ;*
- *du Centre scientifique et technique du bâtiment ;*
- *de la Direction générale de la prévention des risques (ministère de la Transition écologique) ;*
- *de la Direction générale du trésor (ministère de l'Économie et des Finances) ;*
- *de la Direction des sports (ministère chargé des sports) ;*
- *de France Stratégie ;*
- *de l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) ;*
- *du Secrétariat général pour l'investissement ;*
- *de Santé publique France ;*
- *ainsi que des chercheurs et experts des domaines étudiés.*

AVANT-PROPOS

Convaincu de l'enjeu que représente la santé de la population au regard des piliers économique, social et environnemental du développement durable, il m'apparaît déterminant que nous disposions d'outils permettant de mieux apprécier et mesurer les interactions entre toutes ces dimensions. Certaines sont déjà documentées et sont au cœur de plans nationaux, tel le quatrième plan national santé environnement (PNSE 4) copiloté par les ministères des Solidarités et de la Santé, et de la Transition écologique.

Cependant, dans la plupart des secteurs de l'économie en dehors de celui de la santé, nous ne disposions pas des outils suffisants pour tenir compte des effets de santé lors de la prise de décision et l'engagement des dépenses publiques. Les réticences pour attribuer un prix à la santé et plus encore à la vie humaine l'expliquent sans doute en partie. Je considère pourtant qu'un tel exercice non seulement répond à la nécessité croissante, dans un contexte de raréfaction des ressources publiques, de s'assurer de l'intérêt collectif des projets d'investissement public et des politiques publiques, mais offre aussi la garantie que des solutions ou politiques d'accompagnement ne soient pas oubliées alors qu'elles permettraient d'accroître la valeur créée avec un bénéfice de santé.

L'apport particulier attendu de ce rapport était ainsi d'offrir des méthodes standardisées d'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public ou des politiques publiques et de démontrer leur applicabilité dans plusieurs domaines. L'objectif poursuivi était également de mettre à disposition des outils clés en main pour faciliter l'appropriation des méthodes et des résultats par les acteurs de terrain.

Je me félicite que la démarche d'étude et de réflexion collégiale menée en moins de deux ans sous la conduite de Benoît Dervaux et Lise Rochaix ait répondu à ces attentes et je tiens à les remercier pour la qualité du travail accompli. Profitant de la transversalité du Commissariat général au développement durable, de France Stratégie et du Secrétariat général pour l'investissement, ce travail a pour mérite d'avoir fait bénéficier plusieurs domaines des avancées méthodologiques du secteur de la santé et de mettre en exergue le coût de l'inaction en matière de prévention primaire dans des domaines aussi variés que la prévention des inondations, la rénovation énergétique des logements, la lutte contre les

nuisances causées par les chantiers ou encore la promotion de l'activité physique par l'aménagement de l'espace public.

Je souhaite à présent que les évaluateurs puissent utiliser les outils et valeurs clés en main élaborés par ce groupe de travail et contribuent en retour à les améliorer. Sur la base des résultats des évaluations ainsi enrichies, les acteurs de terrain devront alors pouvoir prendre des décisions plus éclairées et au profit d'une meilleure protection de la santé des populations.

Je forme aussi le vœu que la dynamique initiée par la mobilisation des nombreux experts ayant contribué à ce groupe de travail s'accélère, compte tenu de l'ampleur des coûts de l'inaction qui appelle à agir davantage et plus rapidement. Les prolongements et pistes de réflexions dessinés dans le rapport ouvrent les voies à suivre en ce sens.

Thomas Lesueur

Délégué interministériel au développement durable

PRÉSENTATION

Il y a bien longtemps que les directives publiques françaises mettent la valorisation des gains de sécurité au cœur du calcul socioéconomique des bénéfices des investissements de transport, après les gains de temps. Ces gains de sécurité sont mesurés par le nombre d'accidents mortels évités multiplié par une valeur donnée à la vie humaine épargnée, qu'on a coutume d'appeler la valeur statistique de la vie humaine, le terme de « statistique » étant utilisé pour indiquer qu'il ne s'agit pas de la valeur d'une vie identifiée en particulier.

Plus généralement, en chiffrant l'ensemble des coûts et des bénéfices induits par les investissements publics du point de vue de la collectivité, l'évaluation socioéconomique apporte un éclairage essentiel sur des choix qui façonnent sur le long terme le fonctionnement de notre société et sa capacité à faire face aux défis futurs.

Aussi l'État donne-t-il toute sa place à l'évaluation socioéconomique, notamment depuis la loi n° 2012-1558 de programmation pluriannuelle des finances publiques du 31 décembre 2012 qui impose, pour tous les projets d'investissements civils financés par l'État, ses établissements publics, les établissements publics de santé ou les structures de coopération sanitaire, une évaluation socioéconomique préalable. Cette évaluation est soumise à une contre-expertise indépendante, réalisée sous l'autorité du Secrétariat général pour l'investissement, lorsque le financement apporté par l'État et ses établissements excède des seuils fixés par décret.

Pour accompagner les acteurs soumis à ces obligations, France Stratégie a publié un premier rapport méthodologique en 2013 (Quinet, 2013) et a installé, en 2016, avec le Secrétariat général pour l'investissement, un comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement public, dont le premier rapport a été publié fin 2017 (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Les spécificités de différents secteurs ont ensuite conduit à la constitution de plusieurs groupes de travail dont les résultats font aujourd'hui l'objet d'un référentiel méthodologique ou d'un document de travail : les projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche (Quinet, 2019), l'investissement social (Fougère et Heim, 2019) et les opérations d'aménagement urbain (Baïetto-Beysson, 2022). Dépassant l'approche

sectorielle, une revue de plusieurs rapports de contre-expertise a toutefois mis en évidence que les effets de santé étaient rarement pris en compte dans les évaluations socioéconomiques. Font exception, comme évoqué ci-dessus, les projets d'infrastructure de transport qui bénéficient d'un cadre méthodologique précis depuis, entre autres, les rapports des Commissions Boiteux (1994 et 2001) et la fixation de valeurs tutélaires pour la vie humaine ou les blessés. Dans les autres secteurs, les tentatives isolées de prise en compte des effets de santé portent presque exclusivement sur des bénéfices de mortalité et la prise en compte de la morbidité reste limitée et peu robuste lorsqu'elle est proposée. Or, les incidences sur la santé, comprise au sens large, c'est-à-dire « un état de complet bien-être physique, mental et social et [qui] ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité[1] », sont parfois conséquentes et la préoccupation de la société à leur égard est grandissante. Dans ce contexte, la valorisation monétaire des bénéfices (ou coûts) de santé, au-delà de ceux liés à une moindre mortalité, est la condition d'une bonne évaluation socioéconomique de tout projet public.

Il était donc nécessaire de proposer une méthodologie d'évaluation opérationnelle et robuste scientifiquement pour l'évaluation des impacts sur la santé des investissements publics. C'est dans ce contexte que le comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique a installé un groupe de travail sur l'évaluation socioéconomique des effets de santé. Il en a confié la présidence à Benoît Dervaux, économiste de la santé, maître de conférences-praticien hospitalier de santé publique à l'université de Lille et au Centre hospitalier universitaire de Lille (UMR 1167 RID-AGE), et à Lise Rochaix, professeure agrégée des universités en sciences économiques à l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, affiliée à l'École d'économie de Paris et responsable scientifique de la chaire Hospinnomics, EEP et AP-HP.

Ce groupe de travail avait pour mandat d'établir une méthodologie d'estimation des coûts marchands et non marchands des effets de santé qui puisse être appliquée à différents secteurs, afin de faciliter les évaluations et, sur cette base, de responsabiliser davantage les porteurs de projet à travers l'analyse d'un panel plus large d'incidences de leur projet. Il était également demandé au groupe de travail de démontrer la faisabilité des méthodes proposées à l'aide de plusieurs applications, qui ont été sélectionnées au regard de l'ampleur des effets de santé attendus, de l'existence de leviers de politique publique susceptibles de jouer sur les déterminants de santé et des connaissances disponibles permettant de produire, à moindre coût, des outils opérationnels et partagés par les acteurs. Sans prétendre être représentatives de toutes les situations pour lesquelles des outils d'évaluation socioéconomique des effets de santé seraient nécessaires, quatre

[1] Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946 ; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 États (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la santé, n° 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948.

applications ont ainsi été traitées dans le cadre de sous-groupes thématiques : les dommages psychologiques évités par les projets de gestion des inondations, les bénéfices de santé des rénovations énergétiques des logements, la gêne causée par le bruit de chantier et les bénéfices de santé des projets d'aménagement de l'espace public favorables à l'activité physique.

Le groupe de travail a ainsi réuni une cinquantaine de membres aux domaines d'expertise variés, qu'ils soient représentants de l'administration, chercheurs ou experts, compte tenu de l'approche multisectorielle qui a été retenue du point de vue de l'investissement public étudié (voir les quatre applications ci-dessus) et de l'approche monosectorielle retenue du point de vue des effets étudiés propres à la santé. Fruit d'un travail collectif et pluridisciplinaire, le présent rapport présente les résultats du groupe de travail. Il s'adresse à l'ensemble des acteurs susceptibles de commanditer, réaliser ou utiliser les résultats d'évaluations socioéconomiques de projets d'investissement public ou de politiques publiques ayant des effets sur la santé, y compris au-delà des quatre applications étudiées plus spécifiquement par le groupe pour illustrer la faisabilité des méthodes et leur apport.

Le premier chapitre présente le large panorama des pratiques et enjeux, sollicité dans la lettre de mission du groupe. S'appuyant sur une littérature internationale riche, issue des interactions entre organismes publics, experts et économistes de la santé, il met en exergue l'usage d'un indicateur synthétique de santé de type QALY (*Quality Adjusted Life Years*) ou DALY (*Disability Adjusted Life Years*) afin que soit mis en avant, non la vie humaine statistique, mais un nombre d'années de vie variable selon l'âge de l'être humain concerné ; années de vie par ailleurs de qualité différente selon qu'elles sont consécutives à telle ou telle pathologie et compte tenu des séquelles éventuelles d'une maladie mortelle évitée.

Le deuxième chapitre développe, à nouveau comme le mandat le fixait, des outils clés en main pour les quatre applications. Le troisième chapitre s'appuie enfin sur les deux premiers pour reprendre et développer un ensemble de recommandations, qu'elles concernent l'appropriation et l'adaptation des outils existants ou leur amélioration à partir des retours d'expérience. Ces outils et valeurs proposés ainsi que les recommandations formulées constituent des avancées significatives pour la prise en compte des effets de santé, notamment de la morbidité, dans les évaluations socioéconomiques d'investissements publics. Rappelons en effet qu'en l'absence d'outils et de valeurs, ceux-ci ne seraient pas comptabilisés, comme si la santé humaine ne comptait pas pour prendre des décisions de politiques publiques et faire des choix d'investissements publics ; cette restriction du champ d'appréciation du projet ou de la politique n'aide d'ailleurs pas à une meilleure acceptabilité des opérations par la collectivité.

Ce rapport, riche en enseignements, mérite une lecture attentive. Le regard approfondi qu'il porte appelle à la curiosité de tous les lecteurs en même temps que la discussion des experts. Nul doute donc que ce rapport suscitera toute une série de travaux ultérieurs.

Il s'avère en effet nécessaire de poursuivre les efforts pour consolider ces approches mais aussi doter les évaluateurs d'outils relatifs à d'autres domaines pour lesquels les enjeux de santé sont également importants (alimentation et agriculture, autres risques naturels, conditions de travail, sédentarité, etc.). Cela passe notamment par la généralisation des études *ex post* pour mieux apprécier l'impact des dépenses publiques sur les déterminants de santé, aussi nombreux soient-ils, et la multiplication et l'enrichissement des enquêtes épidémiologiques permettant de quantifier les liens de causalité entre une exposition et un indicateur de santé. Cela passe également par l'approfondissement des travaux de valorisation monétaire des effets de santé, dont nous soulignons l'importance ici, malgré les réserves émises quant à l'attribution d'un prix à la santé ou à la vie humaine.

Nous remercions vivement l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport : les co-présidents du groupe de travail, Benoît Dervaux et Lise Rochaix, la rapporteure et coordinatrice générale, Bénédicte Meurisse, aidée d'Alice Robinet, les rapporteurs et animateurs thématiques Sylvie Banoun, Silvano Domergue, Paul Guéro, Laurence Hartmann, Claire-Lise Meynard et Jincheng Ni, les membres du comité de pilotage, Luc Baumstark, Vincent Marcus, Bérengère Mesqui et Jean-Paul Nicolaï, et, enfin, les nombreux membres du groupe de travail qui ont contribué, par leur expertise, à enrichir les travaux du groupe.

Bruno Bonnell

Secrétaire général pour l'investissement

Gilles de Margerie

Commissaire général de France Stratégie

Roger Guesnerie

Président du comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement public

TABLE DES MATIÈRES

Synthèse **19**

Introduction **37**

Chapitre 1 – Contexte, motivations et méthodes **41**

1. Le coût pour la santé des dégradations de l'environnement 41
   - 1.1. Des estimations *ex post*… 41
   - 1.2. … mais peu d'évaluations *ex ante*… 44
2. La quantification des effets de santé 45
   - 2.1. Les fonctions exposition-risque et risques relatifs 46
   - 2.2. Les indicateurs de santé 48
3. La valorisation monétaire des impacts sur la santé 59
   - 3.1. La valorisation monétaire de la mortalité 60
   - 3.2. La valorisation monétaire de la morbidité 64

Chapitre 2 – Développement d'outils d'évaluation clés en main **77**

1. Cadrage général 77
   - 1.1. Choix des champs d'application 77
   - 1.2. Principes d'élaboration des outils 80
2. Inondations 82
   - 2.1. État des connaissances des effets sur la santé des inondations et de leur évaluation monétaire 82
   - 2.2. Élaboration d'une méthode pour intégrer les dommages psychologiques à l'évaluation socioéconomique des Papi 94
3. Inefficacité énergétique des logements 107
   - 3.1. État des connaissances des effets sur la santé de l'inefficacité énergétique des logements et de leur évaluation monétaire 107
   - 3.2. Élaboration d'une méthode pour évaluer les bénéfices de santé des rénovations énergétiques des logements 120
4. Bruit de chantier 141

4.1. État des connaissances des effets sur la santé du bruit et de leur évaluation monétaire 141
4.2. Vers l'intégration du coût des impacts sur la santé du bruit de chantier dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public 154

5. Activité physique dans l'espace public 181
5.1. État des connaissances des effets sur la santé de l'activité physique et de leur évaluation monétaire 181
5.2. Vers l'intégration des bénéfices de santé associés à l'activité physique dans l'évaluation socioéconomique *ex ante* de projets d'aménagements de l'espace public 196

Chapitre 3 – Recommandations 235

1. Appropriation et adaptation des outils d'évaluation existants 235
1.1. Intérêts des outils d'évaluation des effets de santé des investissements publics 235
1.2. Transferts et prolongements possibles des outils d'évaluation et valeurs monétaires élaborés par le groupe de travail 238

2. Amélioration continue de la boîte à outils d'évaluation des effets de santé des investissements publics 242
2.1. Prérequis pour l'amélioration des outils d'évaluation existants 242
2.2. Construction de nouveaux outils d'évaluation adaptés à un secteur/domaine donné 251
2.3. Pistes pour l'évaluateur dans l'attente de la mise à disposition d'outils d'évaluation adaptés à son secteur 254

3. Intérêts de l'évaluation des effets de santé au-delà de l'évaluation socioéconomique *ex ante* d'investissements publics 255

4. Synthèse des retours d'expérience, recommandations et préconisations 256

Conclusion générale 261

Annexes 265

Annexe 1 – Lettre de mission 267

Annexe 2 – Composition et fonctionnement du groupe de travail 269

Annexe 3 – Revue de littérature des coûts médicaux par pathologie 275

Annexe 4 – Sigles et acronymes 291

Glossaire 295

Bibliographie 305

PRÉAMBULE

Apprécier les investissements à l'aune de leur impact sur la santé : une étape décisive pour transformer les pratiques d'évaluation

Vouloir intégrer de la manière la plus large possible les bénéfices non marchands attendus d'un investissement public dans les évaluations socioéconomiques ne fait que traduire ce qui constitue l'ADN même de l'analyse coût-avantage. S'il est légitime d'utiliser un outil largement développé dans la sphère privée, c'est bien parce que, pour l'évaluateur qui l'engage, le profit attendu d'un investissement public, celui qu'on cherche à objectiver, est compris au sens très large. L'interrogation fondamentale posée dès 1844 par Jules Dupuit n'a pas varié d'un pouce en deux siècles de pratique : ce n'est pas la loi, ni les règlements, ni les injonctions du pouvoir ou d'un lobby quelconque qui font que tel investissement est utile s'il ne l'est pas vraiment. Jules Dupuit pensait, comme beaucoup d'autres après lui, que l'État, s'il souhaite légitimer ses décisions, a tout intérêt à s'appuyer sur une démarche permettant de démontrer que les ressources rares dont il dispose, prélevées non sans coût politique pour la collectivité, sont utilisées au mieux. La charge de la preuve se trouve bien du côté de l'État : c'est à lui et ses services qu'il revient de démontrer l'utilité sociale des dépenses qu'il engage.

Les points d'attention de la collectivité ont évolué fortement depuis les Trente Glorieuses. Il ne s'agit plus, comme dans le secteur des transports par exemple, de mesurer les gains de temps en considérant y voir une approximation de la richesse qui se crée, ni même de réduire les risques accidentogènes qui ont permis d'introduire dans les évaluations pour la première fois la valeur statistique de la vie, ramenant ainsi la démarche, pour simplifier, au slogan : aller le plus vite possible, ne plus perdre de temps, sans risquer de perdre la vie au premier tournant. Ces dernières décennies, les problématiques environnementales ont pris le pas sur les préoccupations productivistes pour s'inquiéter de dimensions dont on comprend au fil des années l'importance : leur coût social et sanitaire, les interrogations sur la qualité de l'air, les préoccupations autour de l'effet de serre, l'affaiblissement de la biodiversité, la qualité du cadre de vie viennent, au fil des contestations dans le débat public, questionner les constructions mentales qu'on se fait de l'utilité publique. La contestation légitime de la société dans son ensemble invite donc les économistes à repenser les outils pour les remettre en phase avec les préoccupations sociales.

Le secrétaire général de l'ONU a haussé le ton en mars 2021 à la sortie du Système de comptabilité environnementale et économique (SEEA EA) qui vise à intégrer le capital naturel dans les rapports économiques. Il voit dans ce travail un pas en avant historique vers la transformation de la façon dont nous voyons et valorisons la nature. Il exhorte les nations à refléter la véritable valeur de la nature dans les politiques et décisions économiques et avertit que les nations doivent commencer à mettre en balance le coût du profit économique et les dommages causés à l'environnement si elles veulent avoir une chance de connaître un avenir durable. *« No longer will we allow mindless environmental destruction to be considered as an economic progress. »*

Ce point n'est pas nouveau, le rapport français de la commission présidée par Bernard Chevassus-au-Louis au Centre d'analyse stratégique, *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique*, c'était en 2009, n'a pas entraîné de modifications substantielles dans les évaluations, de fait.

Clairement, la mesure des impacts environnementaux est un premier pas ; et il est considérable. On ne gère vraiment que ce que l'on sait mesurer, au risque de naviguer totalement à vue : plus la mesure se précise, et plus le décideur dispose d'éléments pour agir efficacement et de manière efficiente. Jules Dupuit s'était déjà heurté à cette difficulté et cela ne l'avait pas empêché d'entrer dans le mode opératoire alors même qu'à l'époque mesurer, en ayant très peu d'informations à disposition, était une véritable gageure. Sans mesure, sans chiffres, sans euros, toute la construction s'effondre. Mais comme tout ingénieur qui se respecte, il a su développer des trésors d'imagination pour combler les vides avec doigté et finesse. Ce premier pas en appelle malgré tout un second, sans quoi, l'affichage des enjeux, toujours intéressant pour une prise de conscience, pourrait n'en rester qu'à une forme d'incantation : c'est celui de l'intégration de ces mesures dans les processus de décision. La science de l'ingénieur doit faire place aux sciences politiques et économiques. Comment passer de la mesure des enjeux économiques et sociaux aux instruments qui permettront de les traiter ? Comment ce qui est souhaitable peut être jouable et finalement soutenable ?

Le présent rapport qui rassemble les travaux menés par la commission présidée par Lise Rochaix et Benoît Dervaux s'inscrit dans cette tradition. Une étape a été franchie. Ce pas n'est pas le premier et d'autres seront engagés, n'en doutons pas : il trace un chemin clair et des perspectives pour que, très vite, dans les faits, la question de la santé, les enjeux économiques d'un mieux-être pour les individus et la collectivité deviennent des incontournables des évaluations des projets d'investissement et que ceux qui les sollicitent, les produisent, les interprètent puissent trouver là un cadre général fixant les principes et des outils simples à mettre en œuvre et les pistes pour poursuivre l'ambition de manière plus assurée.

Il est clair que la question environnementale ne se réduit pas à la question de l'impact que l'environnement a sur la santé. Il n'en demeure pas moins que les interactions qui existent entre l'environnement et la santé se trouvent aujourd'hui au cœur de nombreuses problématiques de recherche et qu'on mesure jour après jour l'importance vitale de mieux connaître ces interactions. Se préoccuper des impacts sanitaires des environnements dans lesquels nous vivons, c'est, *in fine,* s'interroger sur la qualité de ces environnements : soucieux de notre santé, nous pourrions être plus vigilants sur nos environnements. À ceux qui considéreront qu'il y a là une forme de réductionnisme anthropomorphique et qu'ainsi on ne se préoccupe plus de la valeur de la nature en soi, il pourra être rétorqué que, d'une part, de telles approches ne sont pas exclusives de travaux plus strictement dédiés à la valeur du capital naturel, et que, d'autre part, en cherchant à minimiser les impacts sanitaires causés par la dégradation de nos environnements, on remet la préservation de ceux-ci et, même plus, leur amélioration au centre de la décision.

Ce travail présente de nombreux apports décisifs, innovants et prometteurs dont il faut se féliciter.

1. Voilà déjà un rapport qui n'aborde pas les évaluations effets « santé » directement par la valeur du bien santé (les valeurs tutélaires que sont la valeur statistique de la vie humaine notamment, ou celles de l'année de vie en bonne santé), mais bien par la question préalable : en quoi les investissements publics pourraient-ils avoir des effets sur la santé ? Il ne s'agit pas bien entendu d'ignorer l'utilité centrale de valeurs tutélaires qui permettent de passer d'un impact sur la santé à sa contrepartie économique. Mais, d'une part, ce travail a déjà été engagé par ailleurs, et d'autre part, alors que ces valeurs existent, force est de constater que l'usage de ces calculs ne se développe pas, non faute d'avoir les outils pour le faire, mais faute de disposer des éléments à valoriser.

En raison des controverses développées sur la valorisation monétaire des effets de santé (la vie n'a pas de prix), controverses parfois rédhibitoires pour certains, il est préférable de revenir, dans un premier temps, au diagnostic de ces effets (quels sont les enjeux) pour s'interroger, dans un second temps, sur la traduction économique qu'il convient de leur donner de manière à ce qu'ils pèsent dans les évaluations : qu'on le fasse par des approches aussi diverses que celles qui consistent à décliner le coût des dommages consentis à certaines réalités ou à mesurer ce qu'on est personnellement ou collectivement prêt à consentir pour les éviter. Le rapport conduit sur différents terrains cette approche. Elle apparaît convaincante et motivante.

2. Ce rapport est construit de telle manière que, partant de cas sans doute très circonscrits, on comprenne bien la généralité du questionnement et l'ambition de la démarche : il n'y a pas *a priori* des investissements qui auraient des impacts sur la santé et d'autres pas. Il n'y a pas les investissements « santé » et les autres. Non, la question de la santé, au sens large, est une préoccupation qui traverse, à des intensités diverses,

tous les investissements, et cela mérite d'être questionné systématiquement pour s'en assurer. Une sorte de « *healthwashing* » de l'ACB. Les cas traités sont aisément transférables : ce qui est vrai pour les politiques en termes de protection des inondations l'est tout autant pour les incendies, ce qui est vrai du bruit d'un chantier l'est tout autant pour d'autres sources de bruits, les bénéfices qu'on attend du développement de l'exercice physique peuvent se décliner dans des situations aussi diverses que des bâtiments, des aménagements urbains, des politiques de mobilité intermodales, un campus universitaire. Les bénéfices associés aux rénovations énergétiques pourront utilement être déclinés tout autant dans les investissements de rénovation d'un quartier aux habitations dégradées que dans les investissements plus largement engagés dans le cadre de la transition écologique. Les outils développés à l'occasion de travaux d'évaluations sur les investissements peuvent être étendus très aisément aux politiques publiques elles-mêmes.

3. Ce rapport rappelle, à travers les cas étudiés, combien souvent l'enjeu et les controverses sur les résultats se trouvent moins dans la valeur conventionnelle utilisée pour valoriser les impacts que dans les relations de cause à effet qu'on établit plus ou moins précisément entre l'environnement et la santé. Ces éléments relèvent avant tout d'autres disciplines que l'économie. Si l'analyse économique apporte ses outils pour construire une contrepartie économique aux effets qu'on souhaite appréhender, elle ne peut le faire sans la base d'une analyse de ces impacts. On peut valoriser un gain à l'activité physique pour la santé, à condition de pouvoir s'appuyer sur des relations de cause à effet claires, identifiables et mesurables entre l'activité physique elle-même et la santé. Sans cette relation de causalité, il n'y a aucun calcul possible, non par absence de prix mais bien par absence d'effets à valoriser. Plus encore, la sensibilité des résultats dans les études repose bien souvent davantage sur la manière de saisir ces impacts que sur leur valorisation finale. La valorisation économique n'est bien que le dernier acte d'un travail en amont qui relève d'autres disciplines. Il n'y a donc pas dans une évaluation socioéconomique, même la plus classique qui soit, une chasse gardée de l'économiste. Elle est par construction, et ce d'autant plus qu'on souhaite une évaluation de qualité, une démarche interdisciplinaire.

4. Ce rapport fait converger les analyses et les pratiques venant de contextes très différents, développées au sein de groupes rassemblant des personnalités et compétences variées, ayant investi des problématiques santé de manière diverse aussi bien du point de vue de la méthode que des objectifs à atteindre. Ce faisant, il dégage des lignes et des approches à caractère plus général. Il est à noter l'intérêt de faire croiser des expériences d'évaluation et des travaux venant d'horizons divers : ils sont source d'innovation par transposition et par capitalisation. Il montre à l'évidence que c'est dans l'ingéniosité développée pour surmonter les difficultés d'application – pour contourner les écueils faute de concepts suffisamment précis, de proxy de qualité,

d'information de qualité ou d'information tout court – que le savoir-faire se développe. Ce dernier représente une valeur considérable. Discuter de l'efficacité et de l'efficience des recommandations en soi, de manière abstraite, sans se préoccuper de leur implémentation et de leur caractère effectif dans les évaluations, ni de la soutenabilité des méthodes, est une perte de temps et un risque de contre-productivité sur l'usage des analyses coût-avantage. Le rapport, en fondant la réflexion commune sur celle de l'ensemble des participants, en s'appuyant même sur leur propre expérience, garantit *a minima* l'opérationnalité des réflexions et des recommandations.

Au total, ce rapport permet d'envisager une amélioration immédiate des évaluations : faisant la démonstration que bien des choses sont déjà possibles, déjà dans les cas étudiés, on comprend qu'il ne devrait plus être possible d'envisager un investissement sans se préoccuper des questions de bruit d'une phase chantier, des dimensions permettant de développer les activités physiques ayant un impact favorable sur la santé, des valeurs à mobiliser pour appréhender l'intérêt des politiques de gestion des risques naturels, ou encore de valoriser des bénéfices élargis qu'on peut retirer d'un investissement améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments. Mais bien au-delà, il y a là une invitation à ouvrir systématiquement le champ des évaluations aux impacts sanitaires des investissements publics, bien que la vocation première de ces derniers ne soit pas directement d'améliorer la santé de ceux qui en profitent.

Il est souvent assez difficile pour le politique de traduire ces réflexions dans les instruments de politiques publiques, la fiscalité et la réglementation. Les incitations diverses recherchées peuvent en effet se heurter à des rentes de situation, à des intérêts particuliers et bien plus encore à des difficultés pour traiter correctement les effets redistributifs. Les difficiles compromis et le temps des négociations pour les obtenir peuvent légitimement amener à renoncer, ces compromis pouvant réduire, voire supprimer les effets recherchés.

Dans les évaluations *ex ante* des investissements publics – il en serait de même pour toute politique publique –, ces cadres doivent pouvoir être systématisés et renforcés. Une des difficultés souvent évoquées pour ne pas le faire est celle de l'urgence de la décision et particulièrement lorsque ces investissements s'inscrivent dans un plan de relance.

Il faut certes pouvoir maintenir l'exigence d'une action rapide, mais il faut mesurer tout le bénéfice réel que ces évaluations préalables réalisées conjointement dans un plan plus général sont susceptibles de produire : une meilleure orientation des investissements, un meilleur profilage, des priorisations plus claires et objectivées, mais surtout la mise en avant de critères comme les impacts sur la santé et l'environnement. Ces travaux préalables mettent alors en avant le bénéfice d'un développement plus durable à long terme, permettant non seulement d'accroître la valeur du PIB mais surtout celui du bien-être de la population actuelle et future.

Une telle démonstration *ex ante* des gains en termes de qualité de vie et de bien-être attendus permet à la puissance publique de démontrer qu'elle ne se contente pas du seul effet économique.

Parfois l'évaluation peut apparaître comme du temps perdu, un exercice impossible : d'une part, le rapport propose un cadre qui permet de baisser le coût de la réalisation de ces études en offrant des cadres simples et opératoires, d'autre part, l'évaluation est sans doute le prix à payer pour s'assurer que les décisions prises méritent vraiment de l'être.

Luc Baumstark

Secrétaire général du comité d'experts
des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement public,
université Lumière Lyon 2, groupe d'analyse et de théorie économique – UMR 5824

SYNTHÈSE

1. Contexte et motivations

Pour une **bonne allocation des ressources de la puissance publique**, l'objectif de l'évaluation socioéconomique est d'apprécier, avec des critères transparents, l'utilité et l'**intérêt collectif** de projets d'investissement public ou de politiques publiques, y compris vis-à-vis de la protection de la santé des personnes dont l'enjeu est d'une importance particulière. Pourtant, la prise en compte des effets sur la santé dans les évaluations est souvent réduite à des tentatives isolées et exploratoires. Le manque d'outils ou de valeurs monétaires permettant d'évaluer et de valoriser les effets relatifs à la santé des personnes – on parlera d'**« effets de santé »** dans ce rapport pour couvrir à la fois les maladies et la qualité de vie, terme utilisé en économie de la santé[1] – apparaît comme l'une des raisons de leur absence des évaluations socioéconomiques *ex ante*, ce qui revient finalement à considérer qu'ils sont nuls lors de la prise de décision.

Dans ce contexte, mais également pour encourager le **transfert des avancées méthodologiques du secteur de la santé** (tel le recours à un indicateur synthétique de santé) **vers d'autres secteurs** et rendre explicite un **coût de l'inaction**, le Comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique, installé par France Stratégie et le Secrétariat général pour l'investissement, a lancé un groupe de travail sur l'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public. Il a confié la présidence de ce groupe à Benoît Dervaux, économiste de la santé, maître de conférence-praticien hospitalier de santé publique à l'université de Lille et au Centre hospitalier universitaire de Lille (UMR 1167 RID-AGE), et Lise Rochaix, professeure agrégée des universités en sciences économiques à l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, affiliée à l'École d'économie de Paris et responsable scientifique de la chaire Hospinnomics, EEP et AP-HP.

Ce groupe a cherché à établir une méthodologie d'estimation des **coûts tangibles et intangibles des effets de santé** qui puisse être appliquée à différents secteurs, dont quatre en particulier : **dommages psychologiques des inondations, bénéfices de**

[1] Par extension, le terme « coût de santé » sera préféré à « coût sanitaire » dans le rapport.

santé des rénovations énergétiques des logements, gêne liée au bruit de chantier et bénéfices de santé de l'activité physique dans l'espace public[1].

Le rapport, dont ce document constitue la synthèse, présente les choix méthodologiques et les résultats du groupe. Il s'adresse à l'ensemble des acteurs susceptibles de commanditer, réaliser ou utiliser les résultats d'évaluations socioéconomiques de projets d'investissement public ou de politiques publiques ayant des effets sur la santé, y compris au-delà des quatre applications étudiées plus spécifiquement par le groupe.

2. Choix méthodologiques de valorisation monétaire des effets de santé

Plusieurs méthodes, aux fondements théoriques plus ou moins robustes, existent pour valoriser monétairement des effets de mortalité ou de morbidité : consentement à payer (CAP), fardeau de la maladie, méthodes « proxy » fondées sur la valorisation d'un indicateur synthétique de santé.

2.1. Valorisation des effets de mortalité

En France, la valorisation des effets de **mortalité** bénéficie d'un **cadre très précis** avec l'existence d'une valeur tutélaire de la vie humaine unique pour tous les secteurs (appelée « Valeur d'une vie statistique », VVS) et basée sur le montant que chaque individu est prêt à payer pour une réduction du risque de décès. **Le groupe de travail a fait le choix de s'appuyer sur ce cadre et d'évaluer le coût de mortalité en estimant un nombre de décès auquel est appliquée la VVS, fixée par la Commission Quinet (2013) à 3,43 millions €$_{2018}$.**

Cela dit, un certain nombre de questions restent en suspens dans la littérature, notamment celle relative à la dépendance ou non de la valeur d'un décès à l'âge auquel celui-ci survient.

2.2. Valorisation des effets de morbidité

La valorisation des maladies (on parle de « **morbidité** ») fait, quant à elle, l'objet d'une **littérature hétérogène**, ancienne et **centrée sur l'estimation de CAP *ex post***, autrement dit pour le traitement d'un effet de santé. Or, l'évaluation de politiques publiques nécessite de mobiliser des CAP *ex ante*, c'est-à-dire pour la réduction d'un risque de santé. Quelques concepts ont fait l'objet d'estimations empiriques (par exemple la *value of a statistical case*

[1] Ces applications ont fait l'objet de quatre publications au sein de la collection « Théma – Essentiel » du Commissariat général au développement durable en mars 2022. Elles sont également consultables en ligne sur le site de France Stratégie.

of cancer, pour estimer le montant à payer pour une réduction du risque de survenue d'un cancer, ou la *value of a statistical illness profile* qui attribue une disposition à payer pour la réduction du risque d'une dégradation de l'état de santé). Néanmoins, l'utilisation de valeurs estimées dans des études différentes avec, le cas échéant, des démarches différentes pourrait remettre en cause la robustesse de l'approche.

Ainsi, dans une approche pragmatique, et tandis que le CAP repose directement sur un arbitrage entre le revenu et un état de santé, **le groupe de travail a fait le choix, pour l'estimation des coûts intangibles de morbidité, d'une approche alternative au CAP en distinguant l'étape de révélation des préférences entre états de santé, avec d'une part la mort et la santé parfaite comme points d'ancrage et, d'autre part, l'étape d'arbitrage entre le revenu et le risque de mortalité.**

À la première étape, les préférences entre états de santé peuvent être traduites à l'aide de coefficients, compris entre 0 et 1, de qualité de vie pour l'indicateur *Quality adjusted life years* (QALY) ou d'incapacité pour l'indicateur *Disability adjusted life ye*ars (DALY) selon le point de référence retenu (0 correspond à la mort pour le QALY et à une parfaite santé pour le DALY). Si le QALY est l'indicateur privilégié en économie de la santé, il existe peu de données harmonisées pour les grandes pathologies d'intérêt. **Le DALY a donc été retenu, pour exprimer la maladie en équivalent « années de vie en bonne santé perdues »,** en mobilisant les données épidémiologiques du ***Global Burden of Disease*** (GBD). Ces données présentent l'avantage d'être centralisées et mises à disposition par un unique producteur de données (l'Institute Health Metrics Evaluation*)*, sur une base opposable et facilement accessible. Parmi ces données, le nombre de cas prévalents (cas malades à l'instant *t*) et le nombre annuel de cas incidents (nombre de nouveaux cas entre *t* et *t+1*) ont aussi permis au groupe d'estimer les durées des pathologies. Celles-ci sont elles-mêmes multipliées par les coefficients d'incapacité afin d'obtenir le nombre d'années de vie en bonne santé perdues par malade.

À la seconde étape, le groupe a fait le choix de valoriser chaque année de vie en bonne santé perdue du fait de la maladie[1] par la valeur monétaire d'une année de vie fixée par la Commission Quinet (2013) à 131 000 €$_{2018}$, faute de valeur de référence dans la littérature spécifique à l'année de vie en bonne santé. Pour tenir compte de l'incertitude autour de la valeur à utiliser dans ce cadre, les coûts intangibles sont divisés par deux en analyse de sensibilité (voir les valeurs entre parenthèses dans les sections suivantes), sur la base de travaux récents (Herrera-Auraujo *et al*., 2020).

Le groupe de travail a fait le choix d'ajouter aux coûts intangibles des dépenses médicales pour chaque pathologie (et une partie de coûts indirects de morbidité, en

[1] Indépendamment de l'âge.

incluant les indemnités journalières)[1]. Pour ce faire, il a mobilisé la **cartographie des pathologies et des dépenses de santé de l'Assurance maladie**, qui chiffre la dépense annuelle par cas tous postes confondus (soins de ville, médicaments, etc.) associée à un ensemble de pathologies.

3. Développement d'outils clés en main

En vue d'**illustrer la faisabilité de l'application du calcul socioéconomique à la santé-environnement et son apport**, quatre champs d'application ont été étudiés plus spécifiquement. Le groupe met ainsi à disposition des outils d'évaluation, fondés sur, d'une part, les valeurs monétaires des effets de santé estimées à l'aide des méthodes décrites ci-dessus et, d'autre part, des probabilités d'occurrence de ces effets de santé en fonction de différents critères. Ces outils sont plus ou moins opérationnels selon l'application en fonction de l'état des connaissances disponibles lors de l'élaboration des outils.

3.1. Inondations

En France, pour bénéficier d'une subvention du fonds de prévention des risques naturels majeurs, les **programmes d'action de prévention des inondations** (Papi), dont les mesures structurelles ont un coût qui dépasse 2 millions d'euros HT, doivent faire l'objet d'une évaluation socioéconomique *ex ante*, sur la base d'une méthode définie par le ministère chargé de la prévention des risques. Au-delà de 5 millions d'euros HT, la méthode consiste en une analyse multicritère dite « AMC inondation ». À l'heure actuelle, la santé des personnes sinistrées n'est pas prise en compte dans cette méthode.

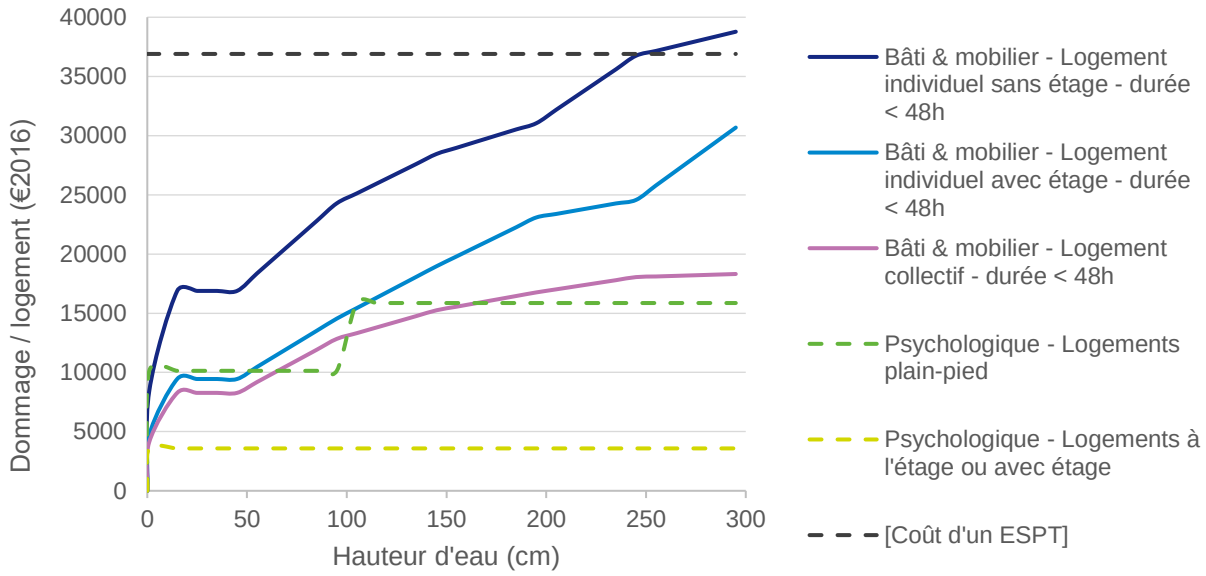
En réponse à une attente des porteurs de projet de tenir compte *a minima* de l'**effet traumatisant des inondations**, le groupe de travail s'est focalisé sur les dommages psychologiques (ici réduits à l'état de stress post-traumatique, ESPT) et a développé une méthode pour intégrer ces dommages psychologiques à l'AMC inondation. D'autres risques sanitaires existant par ailleurs, il s'agit ici d'une estimation basse des coûts moyens de santé liés aux inondations.

Le coût moyen pour la société d'une personne souffrant d'un ESPT est estimé à 36 900 euros (dépenses médicales et, pour la très grande majorité du coût, pertes de bien-

[1] Il n'existe pas de consensus dans la littérature sur le fait d'ajouter ou non des dépenses médicales aux coûts intangibles. Le risque de double-compte associé à cette pratique diffère en effet selon la méthode d'estimation des coûts intangibles. La méthode retenue par le groupe justifie son choix d'ajouter les dépenses médicales aux coûts intangibles.

être) (18 880 euros en analyse de sensibilité)[1]. En tenant compte de la **probabilité de survenue d'un ESPT post-inondation, comprise entre 4 % et 20 %** selon la méta-analyse de Chen et Liu (2015) et qui diffère selon le type d'habitat (plain-pied ou non) et la hauteur d'eau à l'intérieur du logement, **le dommage moyen psychologique (réduit à l'ESPT) par habitant en zone inondable est compris entre 1 600 euros et 7 400 euros (entre 830 euros et 3 800 euros en analyse de sensibilité).** En considérant en moyenne 2,2 personnes par logement, le dommage psychologique moyen par logement représente alors environ la moitié des dommages moyens au bâti et au mobilier d'un logement individuel de plain-pied et entre 1/3 et 1/6 du dommage moyen au bâti et au mobilier d'un logement individuel avec étage ou d'un logement collectif**.**

Figure A – Comparaison des dommages moyens psychologiques (ESPT) et au bâti et mobilier par logement



Note : les montants des dommages au logement sont obtenus en appliquant les fonctions nationales de dommages au logement par entité de bien valables pour des inondations de plaine, et une durée de submersion inférieure à 48 heures. Les composantes « bâti » et « mobilier » sont additionnées pour chaque hauteur d'eau. Le dommage psychologique par logement est obtenu en retenant le nombre d'habitants moyen par logement (2,2, la taille moyenne d'un ménage en France en 2017 selon l'Insee), et en appliquant les valeurs en euros par habitant estimées par le groupe de travail (voir section 2.2.3. du chapitre 2).

Source : groupe Inondations

[1] L'ampleur de l'écart avec la valeur centrale reflète la forte proportion que représentent les coûts intangibles de morbidité dans le coût total de l'ESPT.

Cette intégration du dommage psychologique à l'AMC inondation est facilitée par la mise à disposition d'une **« fiche indicateur » décrivant les étapes à suivre par le porteur de projet**. Elle est annexée au guide méthodologique AMC inondation.

La démarche mériterait d'être poursuivie pour être adaptée à d'autres aléas (torrentiel…), intégrer d'autres effets de santé (effets sur la santé liés aux moisissures, blessures, décès, etc.) et considérer d'autres populations sinistrées (personnes travaillant dans les zones inondées par exemple).

3.2. Inefficacité énergétique des logements

En France, la loi énergie-climat a fixé l'objectif de rénover les « passoires énergétiques » d'ici dix ans. Or, il est établi que les occupants des logements les plus énergivores, en particulier les ménages à faible revenu, subissent un **risque accru pour leur santé, notamment à cause de températures basses en intérieur** (inférieures à 16 et 18 °C selon les études et les effets de santé). Le froid dans les logements est en effet responsable en particulier de maladies cardiovasculaires et respiratoires conduisant parfois au décès. Le groupe de travail a ainsi développé une méthode permettant d'intégrer les bénéfices de santé à l'évaluation des actions de rénovation énergétique.

Environ **1,3 million de logements seraient concernés par le risque de températures intérieures basses en France**. Selon un critère défini par la méthode anglaise *Housing Health and Safety Rating System* (HHSRS), il s'agit des logements consommant, au total pour trois usages (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation), plus de 378 kWh/m²/an[1]. Ils représentent environ le quart des passoires énergétiques, définies en France comme étant les logements étiquetés F et G selon l'ancien diagnostic de performance énergétique (DPE) (avant juillet 2021).

Pour chacun de ces logements, il est possible d'estimer un coût moyen annuel de santé à partir de deux variables. D'abord, le coût moyen d'un effet de santé attribuable aux températures intérieures basses reflète les coûts sanitaires des effets de santé considérés : l'infarctus du myocarde, dont une partie est suivie d'un décès, l'infection sévère de l'appareil respiratoire et la pneumonie traitée en ville. Ce coût moyen, estimé à 134 600 euros (122 400 euros en analyse de sensibilité[2]), est ensuite multiplié par la probabilité d'un cas de maladie dans l'année au sein du logement, estimée à 1/18 par la méthode HHSRS (2000), mais variable selon le revenu, soit un paramètre déterminant au regard de la définition de précarité énergétique, selon Ezratty *et al.* (2018). Cette probabilité s'élèverait selon cette étude jusqu'à 1/4 pour les ménages dont le revenu est sous le seuil de pauvreté

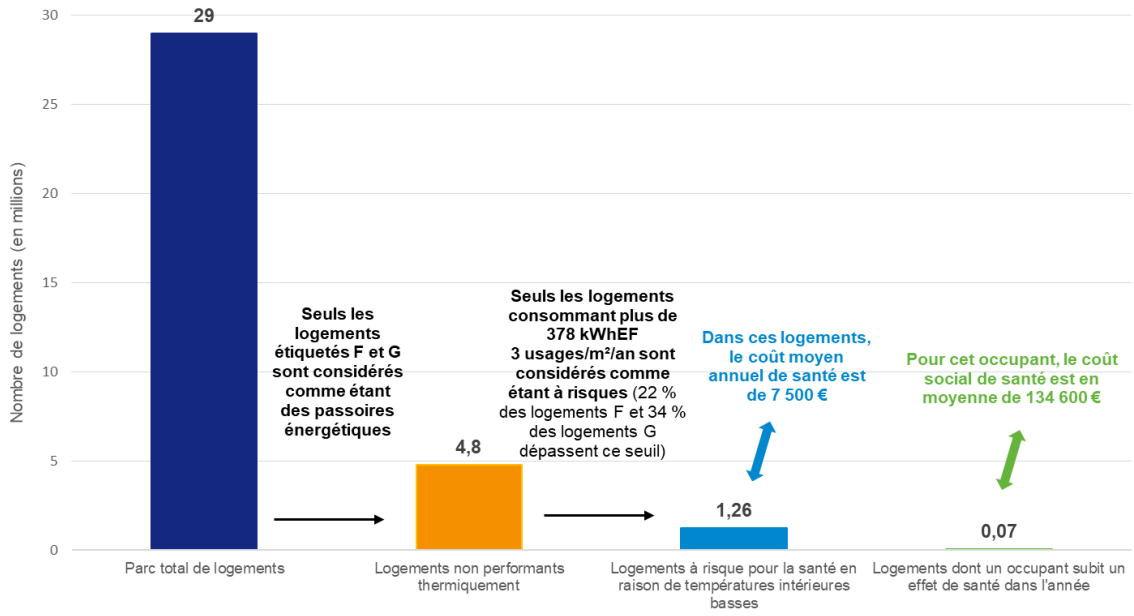
[1] Exprimé en énergie finale.

[2] Le faible écart avec la valeur centrale reflète l'importance du coût de mortalité relativement au coût de morbidité des effets de santé attribuables aux températures intérieures basses.

monétaire[1], qui sont ainsi les plus exposés au risque de survenue d'un événement de santé, ou n'avoisinerait que 1/320 pour les ménages moyens et aisés (déciles 4 à 10).

Le coût moyen annuel de santé atteindrait ainsi 7 500 euros (5 700 euros de coût social lié à la mortalité, 1 400 euros de coût social lié à la morbidité en raison des pertes de bien-être des occupants, et 400 euros de coûts de soins) (6 800 euros en analyse de sensibilité, répartis respectivement en 5 700 euros, 680 euros et 400 euros) **sans tenir compte des différences de revenus**. Ce coût s'élèverait à 400 euros pour les ménages plus aisés (380 euros en analyse de sensibilité) et atteindrait plus de 33 000 euros pour les ménages en dessous du seuil de pauvreté (30 600 euros en analyse de sensibilité).

Figure B – Sélection des logements dans lesquels s'applique le coût moyen de santé par logement



Note : figure tirée de la section 3.2.2. du Chapitre 2 du rapport.

Source : groupe Inefficacité énergétique

Une rénovation à un niveau de performance suffisant (<225 kWh 3 usages/m²/an) permettrait de supprimer ces coûts de santé[2]. À titre d'illustration, un programme visant à rénover les 1,3 million de logements concernés permettrait d'éviter le décès de

[1] Tel que défini par l'Insee, fixé par convention à 60 % du revenu médian.

[2] La meilleure performance thermique du logement permet aux occupants d'accroître la température de chauffe tout en réalisant une économie sur la facture énergétique par rapport à la situation avant rénovation, même dans le cas où ce gain serait en partie alloué à d'autres dépenses que le chauffage.

2 200 personnes chaque année et apporterait un gain annuel brut total de près de 10 milliards d'euros (9 milliards en analyse de sensibilité).

Un **outil de calcul clés en main** est mis à disposition afin de faciliter la réalisation des évaluations socioéconomiques et permet au porteur de projet de valoriser les informations à sa disposition (accès à la consommation énergétique du logement ou uniquement à l'étiquette DPE, accès aux revenus des ménages ou non).

La méthode proposée par le groupe de travail (identification des logements à risque et quantification des effets de santé) a été retenue avec le **souci de ne pas surestimer les bénéfices sanitaires** (les effets sur la santé mentale ou encore les coûts indirects tels que les pertes d'apprentissage n'ont pas été considérés, et les effets des moisissures n'ont pas été ajoutés), tout en y intégrant des coûts à la fois marchands et non marchands. **Elle s'est largement appuyée sur les travaux menés par le service d'études médicales d'EDF** (Ezratty *et al*., 2018) **qui a lui-même adapté à la France les travaux menés en Angleterre à la fin des années 1990 (HHSRS, 2000)**. Si ces travaux anglais semblent les plus robustes à l'heure actuelle, **les estimations du groupe de travail méritent d'être confortées par une étude comparable menée en France** croisant des données relatives aux caractéristiques du logement (dont énergie de chauffage) et de ses occupants (revenu) et des données de santé.

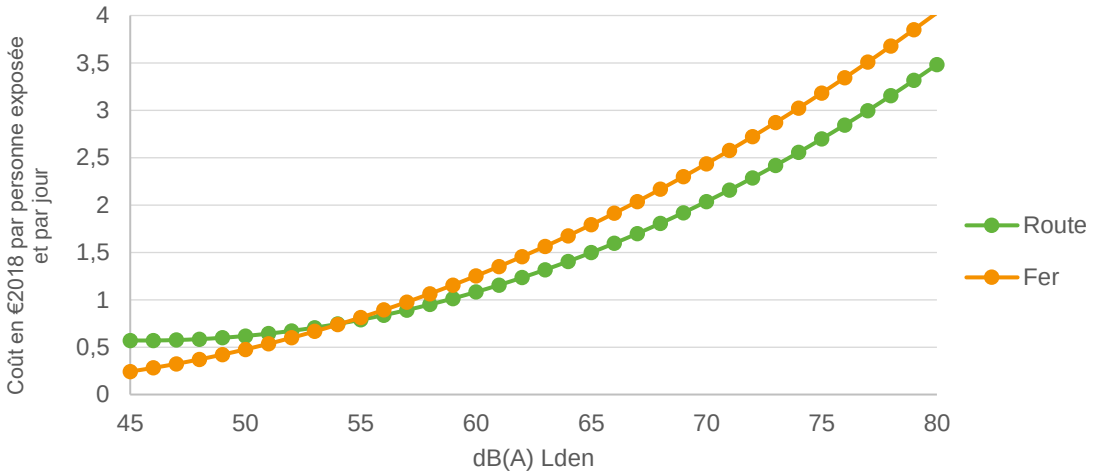
3.3. Bruit de chantier

S'il est aujourd'hui admis que le bruit de chantier constitue l'une des sources de nuisances sonores à domicile, et qu'il existe des effets auditifs causés par des niveaux sonores élevés et des effets extra-auditifs constatés pour des niveaux sonores plus faibles, **les effets de la phase chantier d'un projet d'investissement public restent néanmoins rarement pris en compte dans les évaluations** socioéconomiques *ex ante* dont ils font l'objet.

Le coût de la gêne par personne exposée a été estimé entre 0,24 euro et 4 euros par jour (entre 0,12 euro et 2 euros en analyse de sensibilité) en fonction du niveau sonore à partir des connaissances sur le bruit de transport (dont OMS, 2018), et en supposant un coût linéaire avec la durée d'exposition.

L'estimation du nombre de personnes exposées doit, quant à elle, être faite au cas par cas car elle dépend de la nature du chantier (type de travaux, engins utilisés, etc.) et de son environnement (densités de population et de bâti), fortement variables d'une situation à l'autre. Une **étude de cas** a donc été réalisée sur le chantier de la future gare de métro du Grand Paris Express de Champigny-sur-Marne. Pour ce chantier, 4 400 riverains seraient exposés au bruit d'une journée type de travaux de terrassement-fondations (phase à ciel ouvert particulièrement bruyante) selon les données mobilisées et les hypothèses faites par le groupe de travail. Le coût moyen de la gêne par journée type serait alors de 4 200 euros (2 100 euros en analyse de sensibilité).

Figure C – Coût journalier de la gêne par personne exposée selon le niveau sonore



Note : figure adaptée de la section 4.2.2. du Chapitre 2 du rapport. Les coûts annuels ont été ici divisés par 365 pour exprimer des coûts journaliers.

Source : groupe Bruit de chantier à partir des courbes dose-réponse de OMS (2018) pour les bruits de transport, Miedema et Vos (2004) pour les bruits industriels, Liu et al. (2017) pour le bruit de chantier, et DW(gêne) = 0,02 (OMS, 2011) et VAV = 131 000 €$_{2018}$ (en considérant ici que la valeur d'un DALY est égale à la valeur tutélaire de l'année de vie de Quinet, 2013)

Si l'approche gagnerait à être complétée en tenant compte d'autres effets de santé (troubles du sommeil et maladies cardiovasculaires), **l'exercice a avant tout vocation à être répliqué** pour disposer à terme de coûts représentatifs de divers types de chantiers et d'environnements de chantiers. Ces coûts seraient utilisables dans le cadre d'évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public, y compris pour évaluer l'intérêt de mesures de réduction du bruit sur un chantier (mur anti-bruit, phasage des sources, remplacement d'engins bruyants, etc.). Cela permettrait de sensibiliser et d'attirer l'attention sur les conséquences sanitaires des chantiers et d'enclencher une démarche plus systématique de prévention sur le terrain.

3.4. Activité physique dans l'espace public

L'activité physique s'entend en un sens bien plus large que la seule pratique sportive : elle peut être réalisée lors d'activités professionnelles (maçons, boulangers, etc.), lors de déplacements en modes actifs (marche et vélo), dans le cadre de la vie domestique (rangement, ménage, etc.) ou durant les loisirs (sport, mais aussi jardinage, bricolage, etc.).

En France, bien que les effets bénéfiques de l'activité physique sur la santé (mortalité et morbidité) aient été largement démontrés, **seuls 61 % des adultes atteignent les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé en matière d'activité physique** (150 à 300 minutes d'activité physique modérée par semaine pour les adultes)

(enquête Esteban, 2017). Ces personnes sont qualifiées d'« actives » par le groupe, pour les distinguer des « inactifs » dont l'activité physique est inférieure aux recommandations.

Pour permettre de chiffrer le coût de l'inaction, faciliter la sensibilisation aux bienfaits de l'activité physique et inciter à agir davantage et plus rapidement, le groupe de travail a élaboré un **outil d'évaluation des bénéfices de santé d'une diminution de l'inactivité physique dans la population**. Cet outil repose sur l'estimation de la **part des décès prématurés et des malades de onze pathologies** (cancers, maladies cardiovasculaires, maladies neurodégénératives et respiratoires, diabète, etc.) qui serait attribuable à l'insuffisance d'activité physique, et des **coûts moyens pour chaque pathologie** (entre 20 000 et 200 000 euros selon les pathologies).

Par ailleurs, deux sous-catégories de la population (20-39 ans et 40-74 ans) ont été distinguées pour tenir compte des différences selon l'âge des taux d'incidence, de mortalité et de prévalence de l'inactivité physique.

L'outil permet notamment d'affirmer que le coût social de l'inactivité physique en France serait de 140 milliards d'euros par an (137 milliards d'euros en analyse de sensibilité), correspondant à plus de 38 000 décès et 62 000 pathologies causées chaque année. Le coût évité annuel d'une personne devenant active et le restant jusqu'à son décès s'évaluerait entre 840 euros pour une personne âgée de 20 à 39 ans (817 euros en analyse de sensibilité) et 23 275 euros pour une personne âgée de 40 à 74 ans (22 760 euros en analyse de sensibilité). Plus de 90 % de ces montants sont liés au coût social de mortalité, environ 5 % au coût des pertes de bien-être liées à la maladie et le reste aux dépenses de soins.

Figure D – Impacts estimés sur la santé de l'inactivité physique

Les inactifs ont un risque de	mortalité	1,5 à 2,5	fois plus élevé que les actifs
	diabète	1,4 à 2,9	
	obésité	1,3	
	pathologie coronarienne	1,25 à 2	
	AVC	1,25 à 2,5	
	Parkinson / Alzheimer	1,2 / 1,8	
	cancer *(sein, endomètre, estomac, vessie, œsophage)*	1,25	
	BPCO	1,25	

Note : figure tirée de la section 5.2.2. du Chapitre 2 du rapport. « Inactif » renvoie ici à l'absence d'activité physique et non pas au non-respect des recommandations de l'OMS.

Sources : d'après Anses (2016), Friedenreich et al. *(2020), Inserm (2008), PAGA Committee (2018)*

Parmi les nombreux leviers de promotion de l'activité physique, les possibilités offertes par l'aménagement des espaces publics sont encore trop peu exploitées malgré des avantages

certains. Une grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique a donc aussi été élaborée. À l'aide de sept attributs relatifs aux modalités de l'aménagement et à son environnement (accessibilité physique et temporelle, équipements dédiés à l'activité physique ou de confort, présence d'autres lieux de pratique d'activité physique à proximité, niveau d'activité physique de la population potentiellement bénéficiaire, etc.), la grille permet de repérer les situations susceptibles de maximiser le potentiel de fréquentation du lieu à aménager et / ou d'activité physique qu'il peut susciter.

Ces deux outils d'éclairage des décisions publiques restent indépendants à ce stade : des travaux supplémentaires, en partie recensés dans le rapport, doivent être menés pour les rendre compatibles et permettre l'évaluation des bénéfices de santé de l'augmentation de l'activité physique induite par un aménagement faisant l'objet d'une évaluation socioéconomique *ex ante*.

4. Prolongements

Ces quatre exemples d'application offrent des **possibilités de transfert des valeurs monétaires ou des outils vers d'autres secteurs.** Par exemple, la valeur d'un ESPT peut être utilisée pour l'évaluation d'autres politiques de prévention des risques naturels ou industriels, de politiques de sécurité routière ou au travail ou encore de programmes d'intervention et de gestion de crise. La méthode d'évaluation des bénéfices de santé des rénovations énergétiques peut être appliquée à des résidences universitaires, des prisons, etc. L'outil d'évaluation des bénéfices de santé de l'activité physique peut, quant à lui, servir à l'évaluation des programmes de promotion de l'activité physique auprès de publics cibles identifiés (en prison par exemple) au-delà des projets d'aménagement.

Ces applications démontrent également la **faisabilité de l'intégration des effets sur la santé dans les évaluations socioéconomiques**, et **encouragent à engager de nouvelles démarches de construction d'outils clés en main pour être en mesure d'intégrer d'autres situations à risque**, en partie identifiées par le groupe (températures élevées dans les logements, pollutions et vibrations causées par les chantiers, sédentarité[1], etc.). Dans cette optique, le groupe recommande non seulement de s'appuyer sur des expertises variées et complémentaires, et sur le cadre d'évaluation socioéconomique préexistant (valeurs tutélaires, taux d'actualisation, etc.), mais aussi de :

- **systématiser les enquêtes *ex post*** pour mieux apprécier l'impact des projets d'investissement public et des politiques publiques sur les déterminants de santé

[1] La sédentarité est différente de l'inactivité physique. Être suffisamment actif ne protège pas des effets sur la santé de la sédentarité (voir section 5 du Chapitre 2 du rapport).

(aussi variés soient-ils : conditions environnementales et d'habitat, comportements tels que l'alimentation ou l'activité physique, etc.) ;

- **développer les enquêtes épidémiologiques** pour mieux connaître les liens entre déterminants de santé et santé (en améliorant la prise en compte des différents déterminants, des situations de multi ou co-exposition, et de l'existence de pathologies multifactorielles) ;
- **renforcer les bases de données** et leurs possibilités d'utilisation pour estimer les coûts tangibles et intangibles des effets de santé avec une approche par l'incidence mais aussi permettre d'effectuer, à l'aide de ces bases de données, des projections des coûts unitaires et données épidémiologiques ;
- **réinterroger les méthodes d'estimation des coûts intangibles** de morbidité (CAP *versus* valorisation d'un indicateur de santé synthétique, choix de l'indicateur de santé, etc.) et de mortalité (valeur d'une vie statistique *versus* valeur d'une année de vie) ;
- **tenir compte des caractéristiques des personnes** dans tous ces travaux, afin d'être en mesure de différencier les effets d'un projet ou d'une politique selon plusieurs catégories de personnes déjà plus ou moins exposées ou plus ou moins vulnérables, pour apprécier l'effet du projet sur les inégalités et ainsi dépasser le simple critère d'efficience dans l'évaluation socioéconomique en intégrant des **enjeux d'équité**.

À l'échelle des politiques publiques, ces applications démontrent de surcroît qu'il est encore possible d'enrichir les évaluations d'impact socioéconomique.

5. Annexes

5.1. Synthèse des coûts estimés par le groupe de travail

Valeurs calculées pour l'application « Inondations »		
Dommage psychologique moyen par habitant d'un logement à l'étage ou avec étage situé en zone inondable	1 628 €$_{2016}$ (1 590 + 38)	Pertes de bien-être + dépenses médicales
Dommage psychologique moyen par habitant d'un logement de plain-pied exposé à une hauteur d'eau inférieure à 1 m	4 731 €$_{2016}$ (4 622 + 109)	Pertes de bien-être + dépenses médicales
Dommage psychologique moyen par habitant d'un logement de plain-pied exposé à une hauteur d'eau supérieure à 1 m	7 404 €$_{2016}$ (7 233 + 171)	Pertes de bien-être + dépenses médicales
Valeurs calculées pour l'application « Inefficacité énergétique des logements »		
Coût annuel moyen de santé lié aux températures intérieures basses par logement occupé par un ménage sous le seuil de pauvreté	33 656 €$_{2018}$ (25 710 + 6 127 + 1 819)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût annuel moyen de santé lié aux températures intérieures basses par logement occupé par un ménage appartenant aux trois premiers déciles de revenu mais au-dessus du seuil de pauvreté	6 731 €$_{2018}$ (5 142 + 1 225 + 364)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût annuel moyen de santé lié aux températures intérieures basses par logement occupé par un ménage appartenant aux trois premiers déciles de revenu	19 231 €$_{2018}$ (14 691 + 3 501 + 1 039)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût annuel moyen de santé lié aux températures intérieures basses par logement occupé par un ménage appartenant aux déciles 4 à 10 de revenu	421 €$_{2018}$ (321 + 77 + 23)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût annuel moyen de santé lié aux températures intérieures basses par logement, valeur moyenne (à utiliser en l'absence d'information sur le revenu du ménage occupant)	7 479 €$_{2018}$ (5 713 + 1 362 + 404)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Bénéfices annuels de santé de la rénovation des 1,3 million de logements concernés en France par un risque de santé lié aux températures intérieures basses	10 Md €$_{2018}$ (7,4 Md + 1,7 Md + 0,5 Md)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Valeurs calculées pour l'application « Bruit »		
Coût journalier de la gêne par personne exposée au bruit routier	Entre 0,57 et 3,48 €$_{2018}$ selon le niveau sonore	Pertes de bien-être

Coût journalier de la gêne par personne exposée au bruit ferroviaire	Entre 0,24 et 4,03 €$_{2018}$ selon le niveau sonore	Pertes de bien-être
Coût de la gêne d'une journée de chantier de terrassement-fondations de la future gare de métro de Champigny-sur-Marne	4 200 €$_{2018}$	Pertes de bien-être
Valeurs calculées pour l'application « Activité physique »		
Coût annuel moyen de santé par personne inactive [a] âgée de 20 à 39 ans	843 €$_{2018}$ (775 + 52 + 16)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût annuel moyen de santé par personne inactive [a] âgée de 40 à 74 ans	23 277 €$_{2018}$ (21 946 + 1 030 + 301)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Bénéfices annuels de santé de la suppression (jusqu'au décès) de l'inactivité physique chez toutes les personnes âgées de 20 à 74 ans sans pathologie chronique en France	140 Md €$_{2018}$ (131,7 Md + 6,3 Md + 1,8 Md)	Coût social de mortalité + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Valeurs « brutes » des effets de santé utilisées pour le calcul des coûts des différentes applications		
Coût de la gêne sur un an	2 620 €$_{2018}$	Pertes de bien-être
Coût d'un état de stress post-traumatique sur toute sa durée [b]	36 907 €$_{2016}$ (36 056 + 851)	Pertes de bien-être + dépenses médicales
Coût d'un syndrome coronaire aigu ayant conduit au décès	3 441 541 €$_{2018}$ (3,43 m + 3 561 + 9 980)	Coût social de mortalité [c] + pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un syndrome coronaire aigu sans décès (incluant les séquelles)	50 487 €$_{2018}$ (29 550 + 20 938)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'une infection sévère de l'appareil respiratoire sur toute sa durée	75 676 €$_{2018}$ (64 320 + 11 356)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'une pneumonie traitée en ville sur toute sa durée	181 €$_{2018}$ (162 + 19)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'une pathologie coronarienne sur toute sa durée	45 994 €$_{2018}$ (25 056 + 20 938)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un AVC ischémique (incluant les séquelles)	203 528 €$_{2018}$ (164 583 + 38 946)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cancer du sein sur toute sa durée	137 507 €$_{2018}$ (90 539 + 46 968)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cancer du côlon sur toute sa durée	84 805 €$_{2018}$ (58 089 + 26 716)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cancer de l'estomac sur toute sa durée	42 848 €$_{2018}$ (31 138 + 11 710)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cancer de la vessie sur toute sa durée	94 785 €$_{2018}$ (61 947 + 32 838)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales

Coût d'un cancer de l'œsophage sur toute sa durée	46 231 €$_{2018}$ (35 050 + 11 181)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cas de diabète sur toute sa durée	184 156 €$_{2018}$ (147 642 + 36 514)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'une BPCO sur toute sa durée	74 434 €$_{2018}$ (64 028 + 10 405)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cas d'Alzheimer sur toute sa durée	135 524 €$_{2018}$ (112 506 + 22 748)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales
Coût d'un cas de Parkinson sur toute sa durée	190 315 €$_{2018}$ (158 163 + 32 152)	Pertes de bien-être liées à la maladie + dépenses médicales

[a] « inactif » au sens du non-respect des recommandations d'activité physique de l'OMS.

[b] la durée de l'état de stress post-traumatique retenue ici est spécifique à une catastrophe naturelle.

[c] le coût de mortalité est ici intégré compte tenu de la définition de l'effet de santé (syndrome coronaire aigu ayant conduit au décès). Pour les autres effets de santé du tableau, en cas de décès, il convient d'ajouter le coût de mortalité égal à la valeur d'une vie statistique de 3,43 M€$_{2018}$.

Note : les valeurs pour les applications ont été calculées en utilisant les valeurs « brutes » de coût de santé de la dernière partie de tableau, et en tenant compte de leur probabilité d'occurrence pour chaque application. Ainsi, par exemple, le « Dommage psychologique moyen par habitant d'un logement à l'étage ou avec étage situé en zone inondable » est de 1 628 euros (dont 1 590 euros de perte de bien-être et 38 euros de dépenses médicales). Il a été calculé à partir du « Coût d'un état de stress post-traumatique (ESPT) sur toute sa durée » de 36 907 euros multiplié par la probabilité de 4,41 % de subir un ESPT lorsqu'on réside dans un logement à étage ou à l'étage en zone inondable.

N.B. : le groupe de travail préconise de réaliser un test de sensibilité en divisant par deux la composante « pertes de bien-être liées à la maladie » des coûts.

Source : groupe de travail

5.2. Synthèse des retours d'expérience, recommandations et préconisations du groupe de travail

RETOURS D'EXPÉRIENCE pour construire aujourd'hui des outils clés en main spécifiques à un secteur	
REX 1	S'appuyer sur des expertises variées pour savoir rendre complémentaires : - les connaissances du projet et de ses impacts sur les déterminants de santé ; - les connaissances des liens entre les déterminants de santé et les effets de santé ; - les valeurs monétaires des effets de santé.
REX 2	Rendre transparent l'ensemble des étapes de construction des outils et des résultats intermédiaires pour minimiser le coût de leur mise à jour et ainsi garantir une démarche d'amélioration continue. *Les outils doivent en effet être évolutifs pour rester en phase avec la réalité sociale et économique, les avancées dans la connaissance et les données disponibles.*
REX 3	Concevoir et dimensionner les outils clés en main en fonction des données disponibles *ex ante* pour les porteurs de projet.
REX 4	Pour s'assurer de la qualité (représentativité, robustesse, etc.) des résultats :

	a. privilégier le recours à des méta-analyses et à des sources de données reconnues et communément utilisées ; **b.** prêter une attention particulière aux conditions de transfert de résultats et données.
REX 5	Respecter les recommandations du calcul socioéconomique en vigueur et notamment : - appliquer les valeurs tutélaires (et leurs règles d'évolution dans le temps) fixées par le gouvernement ; - actualiser (au taux recommandé par France Stratégie) les coûts sur toute la durée des effets de santé.
REX 6	Refléter les incertitudes (qui entourent les données d'entrée ou qui sont introduites par les hypothèses nécessaires à la construction d'outils et valeurs clés en main) à l'aide d'analyses de sensibilité et en fournissant des résultats sous forme d'intervalles.
	RECOMMANDATIONS **pour l'utilisation des outils clés en main existants**
R 1	**a.** Utiliser, voire adapter le cas échéant, les outils existants, même lorsque cela nécessite de formuler des hypothèses, de manière à proposer une première approximation des effets de santé permettant de leur donner un poids dans la prise de décision. **b.** Accompagner cette première estimation d'une analyse la plus transparente possible des risques de sous-estimation ou de surestimation.
R 2	Compléter l'analyse quantitative permise par les outils clés en main avec une approche qualitative permettant *a minima* de : - tenir compte des effets de santé pour lesquels il n'existe pas encore d'outils ; - discuter, dans la mesure du possible, des effets différenciés entre groupes de population.
R 3	Partager un retour d'expérience en matière d'opérationnalité des outils et de résultats obtenus afin d'alimenter la démarche d'amélioration continue.
	PRÉCONISATIONS pour être en mesure, à l'avenir, d'améliorer les outils existants *Note : Seules les actions générales ont été reprises ici. Le lecteur est renvoyé à la partie "pistes d'amélioration" de chaque application pour les actions spécifiques à l'un des quatre secteurs étudiés dans le rapport. Les modalités des actions recommandées ci-dessous devront être discutées et précisées par leurs promoteurs.*

P 1	***Création des conditions à réunir pour établir des liens de causalité entre investissement public et exposition à un déterminant de santé***
	Créer les conditions :
	- d'une remontée effective, auprès des financeurs et autorités publiques compétentes, d'informations relatives aux projets d'investissement public d'une part et aux déterminants de santé d'autre part ;
	- d'une systématisation des évaluations socioéconomiques *ex post* des projets d'investissement public :
	  ○ sur des investissements différents (pour tenir compte de leur diversité, laquelle justifie que des informations descriptives des projets soient rassemblées) ;
	  ○ auprès de populations plus ou moins exposées (pour refléter les différences d'impacts entre personnes, ce qui justifie de rassembler des informations sur les déterminants de santé) ;
	au fur et à mesure que se développent de nouveaux projets.

P 2	***Renforcement des connaissances des liens de causalité entre exposition à un déterminant de santé et indicateur de santé*** Estimer de nouveaux risques relatifs, en développant les enquêtes étiologiques : - en France ou dans des contextes proches ;

	- auprès de populations plus ou moins vulnérables (pour refléter les différences d'impacts entre personnes) ; - en faisant évoluer le traitement des facteurs confondants (pour notamment être en mesure de traiter des situations de co- ou multi-exposition ou de comorbidité).
P 3	***Mise à jour des recommandations du gouvernement pour la valorisation monétaire de la mortalité*** **a.** Réinterroger les méthodes d'estimation et les montants des valeurs tutélaires de la vie statistique et de l'année de vie au regard des travaux récents. **b.** Statuer sur les conditions d'utilisation de ces deux valeurs (dans le temps, et selon l'âge, le risque, etc.).
P 4	***Création des conditions de réussite d'une approche par l'incidence pour la valorisation monétaire de la morbidité*** **a.** Pour permettre d'adopter une approche par l'incidence, lancer des études longitudinales permettant d'apprécier la durée des pathologies autrement que par le ratio prévalence/incidence. Le design des études devra permettre de distinguer la durée de la pathologie et la durée de traitement lorsque cela est pertinent. **b.** Pour permettre l'intégration de ces durées dans des analyses de long terme, mettre à disposition des règles d'évolution qui reflètent notamment les conséquences du progrès technique (diagnostic plus précoce et / ou réduction de la mortalité).
P 5	***Sélection d'une méthode de valorisation monétaire des pertes de bien-être associées à la maladie*** **a.** Approfondir les fondements théoriques de la valorisation monétaire d'années de vie ajustées sur la qualité (QALY) ou l'incapacité (DALY) : - statuer sur l'indicateur de santé à privilégier (QALY, DALY) en tenant compte, parmi d'autres critères (encore à définir), de la possibilité d'améliorer, d'une part, l'estimation des coefficients de qualité de vie ou d'incapacité (estimation auprès d'une population française, ou proche, de coefficients pour des catégories de pathologies plus fines ou pour des niveaux de sévérité différents par exemple) et, d'autre part, l'accessibilité à ces coefficients ; - définir la valeur monétaire à appliquer à chaque année de vie ajustée, à partir des travaux existants sur la valeur d'une année de vie et ceux sur l'estimation de consentement à payer par QALY ou DALY. **b.** Confronter ces fondements théoriques à une revue critique de l'approche par le consentement à payer.
P 6	***Amélioration de l'accessibilité aux données de l'Assurance maladie pour l'estimation de dépenses médicales*** **a.** Pour disposer de coûts médicaux annuels robustes, faciliter l'exploitation des données d'Assurance maladie en : - mettant à disposition des données à fine granularité (différencier les cancers par exemple) ; - permettant de chiffrer des coûts ajustés en cas de comorbidité. **b.** Pour permettre l'intégration de ces coûts dans des analyses de long terme, mettre à disposition des règles d'évolution de ces valeurs qui tiennent notamment compte du progrès technique.
P 7	***Proposition de méthodes d'évaluation des coûts d'opportunité associés à la maladie*** Faire progresser les connaissances permettant d'évaluer les coûts indirects de morbidité : pertes de production, pertes d'activités domestiques et de loisirs.

Source : groupe de travail

INTRODUCTION

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la santé est un « état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (constitution de l'OMS). Conformément à cette définition, la santé environnementale (*environmental health*) « comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement » (définition proposée par le bureau européen de l'OMS en 1994 lors de la conférence d'Helsinki).

En France, un Plan national santé environnement (PNSE) vise depuis 2004 à mettre en œuvre des actions pour répondre à l'ensemble des enjeux environnementaux et sanitaires existants, et fait l'interface avec de nombreux autres plans nationaux ou stratégies (Plan santé travail, Plan qualité de l'air intérieur, Stratégie nationale sur les perturbateurs endocriniens, etc.). Le quatrième PNSE, intitulé « Mon environnement, ma santé », couvre la période 2020-2024.

Pour autant, les impacts sur la santé attribuables à des facteurs environnementaux sont peu évalués alors qu'ils ont un coût pour la société qu'il est intéressant d'apprécier. *Ex ante*, il s'agit de permettre aux décideurs publics de tenir compte des enjeux sanitaires dans leurs choix d'investissements, de réglementations ou de politiques publiques en offrant des outils d'analyse coûts-bénéfices et d'expliquer ces choix au grand public. *Ex post*, l'évaluation d'un coût de l'inaction est un outil de sensibilisation aux enjeux sanitaires de la dégradation de la qualité de l'environnement.

La loi n° 2012-1558 de programmation pluriannuelle des finances publiques du 31 décembre 2012 (article 17) instaure, pour tous les projets d'investissements civils financés par l'État, ses établissements publics, les établissements publics de santé ou les structures de coopération sanitaire, une exigence d'évaluation socioéconomique préalable. Lorsque le montant total du projet et la part de financement apportée par ces personnes excèdent des seuils fixés par décret, cette évaluation est en outre soumise à une contre-expertise indépendante. Le seuil de déclaration à l'inventaire annuel tenu par

le Secrétariat général pour l'investissement[1] est de 20 millions d'euros apportés par l'État ou ses établissements publics et celui de la contre-expertise indépendante, sous l'autorité du Secrétariat général pour l'investissement, de 100 millions d'euros de financement public hors taxes (HT) et 5 % de l'investissement total.

Les rapports de plusieurs contre-expertises mettent en évidence que la prise en compte des effets sur la santé dans les évaluations est réduite à des tentatives isolées souvent exploratoires (voir exemples en Encadré 1). Ils soulignent la nécessité de proposer une méthodologie d'évaluation opérationnelle et robuste scientifiquement pour l'évaluation des impacts sur la santé des projets d'investissement.

Encadré 1 – Exemples d'intégration des impacts sur la santé dans les évaluations socioéconomiques de projets ayant fait l'objet d'une contre-expertise récemment[2]

Évaluation socioéconomique du projet de reconstruction du centre pénitentiaire de Bordeaux-Gradignan : prise en compte d'une réduction du taux de suicides attribuable à une amélioration des conditions de détention des détenus et valorisation des décès évités à l'aide de la valeur tutélaire d'une vie statistique (De Brux et Morel d'Arleux, 2017) ;

Évaluation socioéconomique de Météo-France : prise en compte des décès évités lors d'inondations, de cyclones ou de canicules attribuables à l'amélioration des prévisions météorologiques et valorisation des décès évités à l'aide de la valeur tutélaire d'une vie statistique (De Brux, Mevel, Ni et Quinet, 2018) ;

Évaluation socioéconomique du projet d'aménagement du village olympique et paralympique – Paris 2024 : prise en compte d'une réduction du nombre de personnes souffrant d'asthme ou d'hypertension attribuable à la création d'espaces verts et valorisation monétaire des cas d'asthme et d'hypertension à partir des coûts de traitement annuel de ces pathologies (De Brux et Delarue, 2018) ;

Évaluation socioéconomique de l'opération de requalification des copropriétés dégradées d'intérêt national de Clichy-sous-Bois : prise en compte des maladies mentales (anxiété, dépression) et cas de tuberculose évités grâce à des travaux d'isolation des logements et valorisation monétaire des maladies mentales à partir d'un consentement à payer pour éviter la maladie issu de la littérature étrangère et des coûts médicaux et pertes de productivité associés à la tuberculose estimés dans une étude européenne (De Brux, Salazar-Aristizabal et Mevel, 2019).

[1] Décret d'application n° 2013-1211 du 23/12/13.

[2] Il ne s'agit pas d'une revue exhaustive. En particulier, les rapports de contre-expertise ayant été publiés après la création du groupe de travail (fin 2019) n'ont pas été intégrés à cette revue.

Face au manque de coordination intersectorielle dans les évaluations socioéconomiques, et avec la volonté de transférer des avancées méthodologiques du secteur de la santé vers d'autres secteurs pour rendre explicite le coût de la non-action, le Comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement public, installé par France Stratégie et le Secrétariat général pour l'investissement, a décidé de constituer un groupe de travail sur l'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public et des politiques publiques.

La présidence de ce groupe a été confiée à Benoît Dervaux, économiste de la santé, maître de conférence-praticien hospitalier de santé publique à l'université de Lille et au Centre hospitalier universitaire de Lille (UMR 1167 RID-AGE), et Lise Rochaix, professeure agrégée des universités en sciences économiques à l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, affiliée à l'École d'économie de Paris et responsable scientifique de la chaire Hospinnomics, EEP et AP-HP (voir Annexe 1).

Ce groupe de travail, qui réunit une cinquantaine d'experts aux domaines d'expertise variés (voir Annexe 2), avait pour mandat :

– de documenter les enjeux et d'illustrer la faisabilité de l'application du calcul socioéconomique en santé-environnement en construisant des « jeux de valeurs monétaires » à partir de méthodes standardisées d'évaluation socioéconomique d'incidences sanitaires pour plusieurs « applications » : les ouvrages de protection contre les inondations, les politiques de rénovation énergétique des logements, les chantiers et les projets d'aménagement de l'espace public permettant la pratique d'activités physiques ;

– de formuler des recommandations pour l'application du calcul socioéconomique en santé-environnement.

Dans la mesure où ce groupe de travail se concentre sur l'évaluation des effets de santé de certains projets d'investissement public ou politiques publiques, il n'a pas vocation à :

– adapter le « cadre d'analyse commun » proposé par le guide publié par France Stratégie et la Direction générale du Trésor en 2017 à un secteur qui serait celui de la santé-environnement. Aussi, l'évaluation des coûts d'investissement des projets n'est pas abordée ici, ni les règles générales du calcul socioéconomique (taux d'actualisation, coût d'opportunité des fonds publics, valeur résiduelle, etc.) ;

– couvrir l'ensemble des incidences des projets d'investissement public ou des politiques publiques étudiés. Seuls les effets sur la santé sont considérés dans ce rapport ;

– couvrir la totalité des projets d'investissement public et des politiques publiques susceptibles de générer des bénéfices ou coûts de santé. Pour autant, les recommandations devront avoir une portée dépassant le cadre des applications en vue de permettre leur transfert à d'autres objets.

Le présent rapport rend compte des conclusions de ce groupe de travail, dont les travaux se sont déroulés entre janvier 2020 et juin 2021 (voir Annexe 2). Les travaux ayant été organisés en sous-groupes thématiques dédiés aux applications et un sous-groupe transversal, les termes de « groupe Inondations », « groupe Inefficacité énergétique », « groupe Bruit de chantier », « groupe Activité physique » et « groupe transversal » seront respectivement utilisés pour rendre compte des hypothèses et choix méthodologiques faits par chaque sous-ensemble de participants au groupe de travail sur la base de leur expertise respective, des connaissances disponibles et des moyens (temps) qui leur ont été alloués.

Ce rapport s'adresse à l'ensemble des acteurs susceptibles de commanditer, réaliser ou utiliser les résultats d'évaluations socioéconomiques de projets d'investissement public ou de politiques publiques ayant des effets sur la santé.

Il est composé de trois chapitres :

– le premier propose une introduction à l'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public et politiques publiques ;

– le deuxième revient sur le choix des quatre domaines pour lesquels un groupe d'experts a travaillé à l'élaboration d'outils permettant d'intégrer des enjeux sanitaires aux évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public ou de politiques publiques : inondations, inefficacité énergétique des logements, bruit de chantier et activité physique dans l'espace public. Pour chaque domaine, une revue des connaissances disponibles est proposée avant que ne soient décrits les résultats du groupe et la façon avec laquelle ils ont été obtenus ;

– le troisième et dernier formule des recommandations pour améliorer l'évaluation socioéconomique *ex ante* des effets de santé de projets d'investissement public ou politiques publiques.

CHAPITRE 1

CONTEXTE, MOTIVATIONS ET MÉTHODES

1. Le coût pour la santé des dégradations de l'environnement

1.1. Des estimations *ex post*…

Au-delà des incidences sur la biodiversité, les activités économiques (agriculture, tourisme, etc.), le bâti, etc., les dégradations de l'environnement, telles que les pollutions de l'air, les nuisances sonores ou encore le changement climatique, affectent la santé humaine. Bien que le périmètre des coûts estimés dans la littérature ne coïncide pas toujours avec un « coût de l'inaction[1] », il est **possible d'affirmer que le coût pour la santé humaine des atteintes à l'environnement pourrait dépasser les 300 milliards d'euros chaque année en France et que ce coût est fortement sous-estimé**. En effet :

- **Le coût annuel du bruit** (transports, milieu professionnel/scolaire, voisinage) **s'élève à 147 milliards d'euros en France selon l'Ademe** (Ademe, 2021)[2]. Il recouvre des coûts sanitaires non marchands (principalement des pertes de bien-être liées à la gêne et aux perturbations du sommeil) (85,5 %) et des coûts non sanitaires marchands (décôte immobilière, pertes de productivité) (13,5 %). Les coûts sanitaires marchands (par exemple, la médication) ne pèsent que 0,6 %.

  À savoir : Les conséquences du bruit sur la santé prennent différentes formes : effets sur l'audition ou « extra-auditifs » (troubles du sommeil, maladies cardiovasculaires comme l'hypertension, effets sur le système endocrinien, le système immunitaire et la

[1] Le coût de l'inaction représente les coûts supportés par la société humaine en l'absence d'amélioration de la qualité de l'environnement. Par exemple, le coût de la recherche publique, des politiques de prévention, de l'application de la réglementation, etc. n'entre pas dans le périmètre du coût de l'inaction.

[2] Dans la version du rapport parue en juillet 2021, le coût s'élève à 155,7 milliards d'euros. Des corrections ont été apportées en octobre 2021.

santé mentale, etc.) et effets subjectifs (gêne, effets sur les attitudes et les comportements, effets sur les performances comme la lecture, la mémoire, etc.).

- **Le coût pour la santé de la pollution de l'air extérieur** (particules fines et ozone) **est évalué à 100 milliards d'euros par an par la commission d'enquête du Sénat** (Sénat, 2015). Il s'agit presque exclusivement de la valorisation des décès prématurés causés par la pollution de l'air.

  À savoir : En 2013, l'OMS a classé la pollution et les particules de l'air extérieur comme cancérigènes certains pour l'Homme (OMS, 2013). Parallèlement, de nombreuses études mettent en évidence une association significative entre, d'une part, l'exposition chronique à la pollution atmosphérique et, d'autre part, la mortalité cardiorespiratoire, des maladies respiratoires (cancer du poumon, asthme) et des maladies cardiovasculaires ou cérébro-vasculaires (infarctus du myocarde, angine de poitrine, accident vasculaire cérébral). Une exposition aiguë à la pollution de l'air extérieur a également des effets en matière de maladies respiratoires (broncho-pneumopathie chronique obstructive) ou cardiovasculaires (insuffisance cardiaque, infarctus du myocarde). Moins documentés, des effets de la pollution de l'air extérieur sur le système digestif et le système reproducteur existent également.

- **L'Anses, le CSTB et l'OQAI ont estimé le coût de l'exposition de la population à six polluants de l'air intérieur** (benzène, radon, trichloréthylène, monoxyde de carbone, particules et fumée de tabac environnementale)[1] **à 19 milliards d'euros annuels** (Anses, CSTB, OQAI, 2014). Plus des trois quarts de ce montant couvrent des coûts intangibles de mortalité (décès prématurés) et de morbidité (pertes de bien-être liées à la maladie), le reste étant des pertes de production (7 %) et des dépenses médicales (2 %).

  À savoir : L'environnement intérieur est associé à une grande diversité de situations d'exposition à des polluants chimiques (composés organiques volatils, monoxyde de carbone, etc.), biocontaminants (moisissures, allergènes, etc.) ou polluants physiques (particules, fibres, etc.). Les conséquences sur la santé sont plus ou moins sévères : gêne (somnolence, irritation de la peau ou des yeux, etc.), apparition ou aggravation de maladies respiratoires (allergies, asthme, cancer) ou intoxications.

- **L'impact sur la santé des températures froides dans les logements coûterait chaque année, en matière de dépenses médicales uniquement, 639 millions d'euros** selon une étude du service d'études médicales d'EDF (Ezratty *et al.*, 2018).

[1] « La fumée de tabac environnementale est celle qui provient des cigarettes, pipes ou cigares qui se consument ainsi que celle qui est exhalée par le fumeur. Cette fumée contient plus de 3 000 substances dangereuses. L'exposition des non-fumeurs à la fumée de tabac environnementale s'appelle le tabagisme passif » (OQAI).

À savoir : Plusieurs études ont montré une relation entre le confort thermique et l'état de santé des occupants du logement, identifiant les pathologies dues à un logement mal chauffé, à savoir principalement des maladies respiratoires et cardiovasculaires et des troubles de la santé mentale.

Le coût pour la santé de l'exposition de la population aux perturbateurs endocriniens est évalué à 26 milliards d'euros par an par Trasande *et al.* (2016). Selon les auteurs, les substances retenues ne représentent cependant que 5 % des perturbateurs endocriniens[1]. Les coûts couverts varient d'une pathologie à l'autre. Pour l'obésité par exemple, uniquement des dépenses médicales ont été retenues, sachant que les troubles du métabolisme (obésité et diabète) ne représentent que 6 % du coût total. Le coût de la perte de QI évalue en revanche des pertes de productivité, sachant que les effets neurologiques et neuro-comportementaux représentent 88 % du coût total.

À savoir : Les hormones sexuelles, les hormones thyroïdiennes mais aussi le tissu adipeux sont sensibles aux actions des perturbateurs endocriniens. Le système reproducteur, le comportement et le métabolisme peuvent être altérés par ces substances. Parmi les effets pour lesquels il existe des relations exposition-risque, on retrouve : cancer du testicule, cryptorchidie, infertilité masculine, endométriose, fibrome utérin, perte de QI et déficiences intellectuelles, autisme, déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité, obésité et diabète.

- **À notre connaissance, le coût des effets sur la santé attribuables au changement climatique[2] ou à la pollution de l'eau et des sols n'a pas fait l'objet d'estimation en France à ce jour.**

  À savoir :

  – Selon l'OMS, « le changement climatique représente la plus grande menace pour la santé dans le monde au XXIe siècle[3] ». Plusieurs mécanismes liés au changement climatique sont susceptibles d'expliquer une hausse de la charge de mortalité et de morbidité :

    - un accroissement de l'occurrence d'événements naturels extrêmes (inondations, submersions marines, mouvements de terrain, avalanches, feux

[1] Les perturbateurs endocriniens retenus pour l'étude de Trasande *et al*. (2016) sont : polybromodiphényléthers (PBDEs), pesticides organophosphorés et organochlorés (dichlorodiphényldichloroéthylène (DDE) / dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT)), phtalate de bis(2-éthylhexyle), bisphénol A (BPA), et phtalates de benzyle et de butyle. À titre d'illustration, les perturbateurs suivants ne sont pas pris en compte : cadmium, arsenic, styrène, atrazine, triclosan, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), bisphénol S, etc.

[2] Des méthodes existent pour évaluer le coût des effets sur la santé du changement climatique (voir par exemple WHO, 2013) mais, à notre connaissance, il n'existe pas d'évaluation en France.

[3] Appel de l'OMS en faveur d'une intervention d'urgence pour protéger la santé face au changement climatique lors de la COP21, 2015.

de forêt, etc.) dont les conséquences sur les populations sont particulièrement préoccupantes : mortalité, blessures liées à l'événement ou aux opérations de déblaiement, traumatisme psychologique, etc. ;

- une augmentation des températures extrêmes (vagues de chaleur et de froid) aux répercussions parfois dramatiques (surmortalité) ;
- une expansion, associée à l'élévation des températures, des concentrations en pollens et autres allergènes qui sont à l'origine de manifestations allergiques récurrentes, et des maladies vectorielles (maladies parasitaires, par exemple le paludisme), bactériennes (borréliose de Lyme par exemple) ou virales (Covid 19 par exemple) et une modification de leurs répartitions géographiques, qui résulte aussi de l'intensification des échanges internationaux.

– Les effets sur la santé de la pollution de l'eau sont variés : cancers, effets neurologiques et troubles de la reproduction liés à la présence de pesticides dans l'eau ; troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés liés à la présence de métaux dans l'eau, dont saturnisme lié à la présence de plomb dans l'eau du robinet, etc.

– Les conséquences de la pollution des sols sur la santé sont, elles aussi, diverses : saturnisme et perte de QI pour le plomb ; cancers (rein, poumon, etc.) et maladies cardiovasculaires pour l'arsenic ; effets rénaux et osseux pour le cadmium ; maladies respiratoires pour les composés organiques, etc. Les voies d'exposition sont l'ingestion (directe ou indirecte par l'intermédiaire de produits végétaux alimentaires cultivés sur des terres polluées ou d'eau contaminée par transfert du sol vers la nappe) et l'inhalation.

Si ces évaluations du coût de l'inaction permettent *ex post* de sensibiliser la population et les décideurs publics aux enjeux sanitaires de la dégradation de la qualité de l'environnement ; *ex ante,* l'enjeu est de permettre aux décideurs publics de tenir compte des enjeux sanitaires dans leurs choix d'investissement, de réglementation ou de politiques publiques en offrant des outils d'analyse coûts-bénéfices.

1.2. … mais peu d'évaluations *ex ante*…

En France, la dimension « santé » est prise en compte dans le cadre de **l'évaluation environnementale** d'un projet qui a pour objet de décrire et apprécier, sous l'angle de l'étude d'impact, les incidences notables directes et indirectes d'un projet sur de multiples facteurs environnementaux, dont la population et la santé humaine[1]. La façon de renseigner les « incidences sur la santé humaine » dans l'évaluation environnementale

[1] Article L.122-1 du Code de l'environnement.

n'est cependant pas précisée ou guidée, sauf pour les infrastructures routières et leurs effets sur la santé liés à la pollution de l'air[1]. Par ailleurs, une telle évaluation n'implique pas d'évaluation monétaire systématique.

En revanche, en l'absence d'outils opérationnels, la dimension « santé » est peu prise en compte dans les évaluations socioéconomiques de projets d'investissement public ou de politiques publiques en dehors du secteur de la santé. Le secteur des transports est le plus avancé depuis, entre autres, les rapports des Commissions Boiteux 1994 et 2001, et **les valeurs monétaires des polluants atmosphériques et du bruit élaborées par la Commission Quinet 2013** (voir Encadré 18 pour une description des valeurs monétaires du bruit) sont une exception en matière d'opérationnalité : elles sont exprimées par véhicule.kilomètre et ainsi facilement appliquées aux données à disposition d'un porteur de projet qui établit des prévisions du trafic. Elles évitent au porteur de projet de devoir, par exemple pour la pollution de l'air :

– soit cartographier les concentrations dans l'air de polluants (PM, O_3, etc.) avant et après projet, appliquer à ces concentrations les fonctions exposition-risque (voir *infra*) permettant de chiffrer le nombre d'impacts sur la santé imputables à la pollution de l'air, et attribuer, en bout de chaîne, une valeur monétaire à chaque impact sur la santé ;

– soit estimer la variation d'émissions attribuable au projet, et y appliquer les valeurs monétaires de la pollution atmosphérique exprimées par tonne de polluants telles que celles proposées dans le « Handbook » de 2019 de la Commission européenne sur les coûts externes des transports.

C'est ce type d'outils clés en main que les groupes thématiques proposent pour différents domaines en deuxième partie de ce rapport. Il convient néanmoins de garder à l'esprit que leur élaboration repose sur des outils et méthodes de quantification des impacts sur la santé (voir section 2 *infra*) et de valorisation monétaire de ces impacts (voir section 3 *infra*), dont la qualité est précieuse puisqu'elle conditionne l'ensemble. Les sections suivantes introduisent ces méthodes (sans chercher à être exhaustif) pour présenter les choix opérés par le groupe transversal (mis en évidence dans des encadrés gris) dont le mandat portait sur la formulation de recommandations applicables quel que soit le domaine d'application (estimation des coûts médicaux ou des coûts intangibles par exemple).

2. La quantification des effets de santé

Pour attribuer à un facteur de risque donné une variation de l'état de santé d'une population, il est nécessaire d'utiliser des fonctions exposition-risque et risques relatifs

[1] Voir « Note technique relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières » de février 2019.

(voir section 2.1.). Il en existe pour différents indicateurs de santé (taux de mortalité, taux d'incidence d'une maladie…) (voir section 2.2.).

2.1. Les fonctions exposition-risque et risques relatifs

Une **fonction dose-effet ou exposition-risque** (ou dose-réponse) indique le changement d'effet (variable expliquée) provoqué par une quantité différente de facteurs de risque (variable explicative) après un certain temps d'exposition. Appliquée à l'échelle individuelle, elle indique qu'une petite quantité de facteur de risque a moins d'effet qu'une grande dose. Appliquée à l'échelle d'une population, elle peut refléter la part de la population atteinte selon le niveau d'exposition.

Ces fonctions ou courbes reposent sur l'estimation de **risques relatifs**. À l'échelle d'un échantillon observé, il s'agit de calculer le ratio de la probabilité d'être atteint d'une pathologie dans la population exposée sur la probabilité d'être atteint dans la population non exposée.

Les risques relatifs peuvent être estimés à l'aide[1] d'**enquêtes de cohorte** dans lesquelles un échantillon de personnes indemnes de la maladie étudiée est sélectionné en fonction de l'exposition. Ces enquêtes permettent d'établir la séquence exposition-maladie et sont adaptées lorsque l'exposition est rare et / ou lorsqu'elle a des conséquences multiples, mais ne le sont pas pour des maladies rares ou avec un long délai d'apparition. Le recueil prospectif permet de limiter les biais de mesure de l'exposition et de la maladie, mais il est long et coûteux. Bien que la validité des résultats soit affectée par les difficultés de suivi (perdus de vue, changement des expositions au cours du temps ou encore modification des critères de diagnostic), le niveau de preuve associé à ces enquêtes est supérieur à celui des enquêtes cas-témoins.

Sous réserve que la prévalence[2] de la maladie étudiée soit faible dans la population, le risque relatif peut en effet être aussi approché par un *odds ratio* et donc être estimé à l'aide d'**enquêtes cas-témoin** dont l'objectif est de comparer la répartition (fréquence) d'une exposition entre deux groupes appelés « cas » (les malades) et « témoins » (non malades). Adaptées aux maladies rares et à long délai d'apparition mais non adaptées aux expositions rares, ces enquêtes sont souvent plus courtes et moins coûteuses que les enquêtes de cohorte, mais n'offrent pas de suivi du risque de la maladie, de la prévalence ou de l'incidence. Le choix des témoins est souvent difficile (biais de sélection) et un recueil rétrospectif de l'exposition s'accompagne du biais de mémorisation. Le niveau de preuve est inférieur à celui des enquêtes de cohorte.

[1] À partir du document « Epidémiologie » de Philippe Saint Pierre, université Pierre-et-Marie-Curie – Paris 6.

[2] La prévalence correspond au nombre d'individus atteints d'une maladie donnée à une date donnée au sein d'une population tandis que l'incidence correspond au nombre d'individus nouvellement atteints par cette maladie.

Enfin, le risque relatif peut être estimé à l'aide d'**enquêtes transversales** dans lesquelles l'échantillon n'est sélectionné ni sur l'exposition ni sur la maladie. Ces enquêtes ont l'avantage d'être plus faciles à mettre en œuvre, plus rapides et moins coûteuses (que lorsque la sélection se fait sur l'exposition et / ou la maladie en plus de variables permettant d'obtenir un échantillon représentatif de la population). En revanche, un biais de sélection est possible ; elles ne sont pas adaptées aux maladies et expositions rares ; la chronologie des événements (exposition et maladie) n'est pas évidente et un recueil rétrospectif introduit un biais de mémorisation. Le niveau de preuve est le plus faible.

Les risques relatifs ainsi estimés (et leur intervalle de confiance à 95 %) restent néanmoins la résultante des choix des couples explosition-risque, des temps de latence étudiés, des zones et périodes d'étude retenues, des spécifications des modèles d'estimation des expositions, des choix de seuils, etc. qui, en fonction des données disponibles, sont sujets à un ensemble d'incertitudes, en raison[1] :

– de l'existence de **situations de multi-exposition** (plusieurs polluants de l'air, plusieurs origines du bruit, etc.) combinée, parfois, à la **possibilité de multiplier les voies d'exposition** (par exemple, orale et cutanée pour les perturbateurs endocriniens) ;

– de l'existence de **situations de co-exposition** (pollution de l'air extérieur et nuisances sonores par exemple) combinée à l'existence de **pathologies multifactorielles** (qui peuvent donc être causées par l'exposition à différents facteurs de risque) ;

– de l'existence d'**effets cocktail** (lorsque plusieurs substances voient leurs effets se renforcer quand elles sont combinées) ;

– de l'impact de la **période d'exposition** et non pas de la dose dans certains cas (comme pour les perturbateurs endocriniens) ;

– de l'existence d'un **temps de latence** entre la variation de l'exposition et l'évolution de la santé ; et à l'inverse, d'un manque d'information sur la réversibilité de l'évolution de l'exposition et / ou de l'état de santé ;

– **de l'absence avérée d'un effet seuil** dans certains cas (certains perturbateurs endocriniens pourraient provoquer à de faibles doses des effets plus importants, voire opposés à ceux observés à fortes doses) ;

– **d'un manque de données pour confirmer un effet seuil** dans certains cas (pour le bruit par exemple, les seuils de validité des courbes dose-réponse ne doivent pas être interprétés comme des niveaux en deçà desquels il n'existe pas d'effets sur la santé, mais comme des seuils en deçà desquels il n'existe pas de données / d'études) ;

[1] Les différents points ne sont pas toujours exclusifs l'un de l'autre.

– **de différences de vulnérabilité** (voir Glossaire) **à une même exposition entre plusieurs populations** (à noter que les catégories les plus vulnérables sont souvent celles qui sont multi-exposées).

Il convient donc d'apprécier autant que possible la validité des études (méta-analyse, revue systématique, etc.) et la qualité des choix du type d'étude (par exemple, l'*Evidence-Based Medicine* distingue trois niveaux de preuves : A, B, C).

À partir des **risques relatifs**, il est possible de calculer une **fraction attribuable dans la population (FAP)**. Elle désigne la proportion de cas incidents dans la population qui n'existeraient pas en l'absence du facteur de risque considéré :

$$FAP = \frac{E_e\left(RR_{e/ne} - 1\right)}{1 + E_e\left(RR_{e/ne} - 1\right)} \qquad (1)$$

avec ici E_e la proportion de sujets exposés au facteur de risque considéré, et $RR_{e/ne}$ le risque relatif des personnes exposées par rapport aux personnes non exposées (=$1/RR_{ne/e}$).

Les choix de méthode de quantification des effets de santé sont propres à chaque application et dépendent des données et connaissances disponibles. Le groupe transversal ne s'est par conséquent pas exprimé sur cette étape de la construction des outils d'évaluation socioéconomique des effets de santé.

2.2. Les indicateurs de santé

La variable expliquée des fonctions exposition-risque peut être de nature différente. Pour mesurer un état de santé à l'aide d'un indicateur quantitatif, des indicateurs proxy assez sommaires ont d'abord été utilisés : espérance de vie, mortalité infantile, etc. Traditionnellement, on distingue :

– les **indicateurs de mortalité** : nombre de décès (prématurés), nombre d'années de vie perdues exprimé à l'échelle collective et perte d'espérance de vie exprimée à l'échelle individuelle ;

– les **indicateurs de morbidité** : nombre de cas de pathologies, volume de consommations de soins (consultations, hospitalisations, etc.) et nombre de journées d'activité restreinte ; chaque fois mesurés à l'échelle collective.

Facilement compréhensibles du grand public, ces indicateurs « classiques » ne donnent cependant qu'une image très partielle d'un état de santé. Aussi, deux autres indicateurs sont

aujourd'hui largement utilisés, en plus des indicateurs classiques qui restent pertinents, pour répondre à l'enjeu de synthétiser l'information de manière simple : le QALY (*Quality-adjusted life years*) et le DALY (*Disability-adjusted life years*) (voir Encadré 2).

Le **QALY** est une mesure de l'espérance de vie pondérée par la qualité de vie, appréciée par un score d'utilité. On a, par simplification[1] :

$$QALY = \sum_i T_i * V(q_i) \qquad (2)$$

avec :

T_i, durée de vie dans l'état de santé i,

$V(q_i)$, qualité de vie (égale au score d'utilité, compris entre 0 et 1 avec 0 un état de santé équivalent à la mort et 1 la parfaite santé, voir Encadré 2) dans l'état de santé i.

Et sous l'hypothèse que l'état de santé est stable au cours du temps :

$$QALY = T * V(q) \qquad (2)$$

Il s'agit d'une métrique de référence dans le cadre des évaluations médico-économiques. La Haute Autorité de santé (HAS) indique en effet dans son guide méthodologique de 2020 que « quand la qualité de la vie liée à la santé est identifiée comme une conséquence importante de l'intervention évaluée, la durée de vie pondérée par la qualité de vie liée à la santé est retenue comme critère de résultat de santé » (HAS, 2020).

L'indicateur **DALY** est, quant à lui, utilisé par l'OMS dans ses études dites « *Global Burden of Disease* » (GBD) qui visent à quantifier la « charge globale de la maladie », c'est-à-dire l'écart entre l'état de santé actuel de la population et une situation dans laquelle toute la population serait en parfaite santé. L'objectif principal de ces études est de fournir une vision globale de l'importance et de l'évolution des maladies dans le monde et de pouvoir détailler cette vision par maladie et par pays.

On a :

$$\#DALY = \#YLL + \#YLD \qquad (3)$$

avec :

$\#\boldsymbol{YLL}$ (*Years of life lost* en anglais ou années de vie perdues (AVP) en français), le nombre d'années de vie perdues par mortalité prématurée. Il est estimé de la façon suivante :

[1] Sous l'hypothèse d'une neutralité face au risque de longévité, alors qu'il est démontré dans la littérature que l'utilité marginale de la survie est décroissante.

$$\#YLL = \#décès * espérance\ de\ vie\ au\ décès \quad (4)$$

$\#\boldsymbol{YLD}$ (*Years lost due to disability* en anglais ou années de vie vécues avec incapacité (AVI) en français), le nombre d'années de vie perdues en raison d'une incapacité. Il est estimé de la façon suivante :

$$\#YLD = \#cas\ prévalents * coefficient\ d'incapacité \quad (5)$$

ou encore :

$$\#YLD = \#cas\ incidents * durée\ moyenne\ de\ la\ maladie * coefficient\ d'incapacité \quad (6)$$

mais l'approche par la prévalence est privilégiée depuis 2010.

Le coefficient d'incapacité (noté DW pour *Disability weight* en anglais) reflète la sévérité de la maladie ou l'incapacité à mener certaines activités quotidiennes en présence de la maladie. Il est compris entre 0 (absence d'incapacité, autrement dit parfaite santé) et 1 (totale incapacité, autrement dit mort) (voir Encadré 2).

Le DALY reste très peu utilisé dans les évaluations médico-économiques (seulement dans quelques publications sous l'égide de l'OMS dans des pays en développement via l'initiative WHO-CHOICE[1]), bien qu'il ait l'avantage de couvrir explicitement[2] à la fois la mortalité et la morbidité.

L'OMS met à disposition un ensemble de données (nombre de cas incidents, nombre de cas prévalents, décès, etc.) par classe d'âge permettant de procéder à des estimations de DALY sur des périmètres différents de celui de ses études GBD, notamment à l'échelle individuelle. À partir de ces données, reconnues sur le plan international et accessibles aux chercheurs par l'intermédiaire de l'IHME[3], il est possible de calculer trois paramètres d'intérêt pour le calcul d'un coût sur toute la durée de la maladie pour une personne : le coefficient d'incapacité, la durée de la maladie et le nombre d'années de vie perdues par cas (voir ci-dessous). L'utilisation de ces données présente néanmoins une limite dans la mesure où elles sont obtenues à partir de modèles épidémiologiques régionaux au sens de l'OMS. Les résultats peuvent de ce fait différer de ceux obtenus à partir de modèles

[1] WHO-CHOICE (*Choosing Interventions that are Cost-effective*), initié en 1998 par l'OMS, a pour objectif de donner des outils d'évaluation permettant d'orienter la décision d'investissement dans des interventions ou programmes en faveur de la santé. Cette initiative a fait l'objet d'applications principalement pour des évaluations coût-efficacité menées dans des pays en développement.

[2] Le QALY prend également en compte la mortalité (le score d'utilité associé à la mort est nul), mais de façon moins directe : les gains de survie ne sont mis en évidence que dans la comparaison des QALY associés à deux interventions.

[3] https://cevr.tuftsmedicalcenter.org/databases/cea-registry

épidémiologiques nationaux. Cela justifie que des études *Global Burden of Disease* (GBD) soient menées aux échelles nationales, comme celle lancée par Santé publique France et la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM) qui devrait permettre de mobiliser des données plus représentatives de la France d'ici trois ans (Gallay *et al*., 2020).

Encadré 2 – Distinctions et convergences des indicateurs QALY et DALY

Le QALY s'interprète à l'inverse du DALY :

Pour le QALY, le coefficient (de qualité de vie) est égal à 1 pour une situation de parfaite santé et à 0 pour une situation équivalente au décès. Le coefficient peut aussi être négatif pour refléter des situations pires que la mort.

Pour le DALY, un coefficient (d'incapacité) égal à 0 signifie l'absence d'incapacité et donc une parfaite santé et un coefficient égal à 1 signifie la mort.

Plusieurs sources de données sont disponibles pour les coefficients de qualité de vie (nécessaires au calcul des QALY) : *Cost-Effectiveness Analysis Registry* (CEA Registry[1]) ou revues de littérature : Van Wilder *et al*. (2019), Sullivan *et al.* (2011), Sullivan et Ghushchyan (2006), Tengs et Wallace (2000). Les coefficients d'incapacité (nécessaires au calcul des DALY) sont fournis par l'Institute Health Metrics Evaluation (IHME[2]).

DALY et QALY résultent de différentes mesures de préférences :

Le coefficient de qualité de vie (pour le QALY) mesure le taux marginal de substitution entre longévité et qualité de vie. Par exemple, un coefficient de 0,4 associé à l'état de santé $\boldsymbol{i}$ signifie que 1/0,4 = 2,5 années de vie dans l'état de santé $\boldsymbol{i}$ sont équivalentes à une année de vie en parfaite santé. L'arbitrage individuel entre longévité et qualité de vie permettant de calculer ce taux marginal de substitution est réalisé en certitude (*time trade-off*) ou en incertitude (*standard gamble*).

Le coefficient d'incapacité (pour le DALY) est obtenu à l'aide de deux étapes :

– d'abord, un ordonnancement des états de santé établi à partir de comparaisons par paires successives (faites par la population générale depuis l'étude GBD 2010, Salomon *et al*., 2012) qui reflète la plus ou moins grande désirabilité d'un état de santé par rapport à un autre (préférence individuelle) ;

– puis une comparaison entre programmes de santé (l'un prévenant la survenue d'une maladie mortelle pour un ensemble de personnes, l'autre prévenant la survenue d'une maladie non mortelle pour un ensemble plus ou moins important de personnes) permettant de mettre en évidence les arbitrages, sans contraintes

[1] https://cevr.tuftsmedicalcenter.org/databases/cea-registry

[2] http://www.healthdata.org/gbd/data

de ressources[1], des personnes interrogées à la première étape entre mortalité et état de santé pour un ensemble de personnes et de reporter l'ordonnancement initialement obtenu sur une échelle entre 0 et 1.

Chaque coefficient peut alors être interprété relativement à un état de bonne santé. Par exemple, chaque année passée dans un état de santé de coefficient 0,2 est équivalent à perdre 0,2*12 = 2,4 mois en bonne santé.

Les dimensions prises en compte dans l'évaluation de la qualité de vie (QALY) et de l'incapacité (DALY) se recoupent puisque le questionnaire générique EQ-5D (qui est le plus utilisé au monde et recommandé par de nombreuses agences d'évaluation)[2] reste une référence pour les études nationales (bien qu'insuffisamment adapté pour certaines situations, comme les fins de vie) :

En 2020, la Haute Autorité de santé (HAS) a recommandé, pour le calcul des QALY, le questionnaire EQ-5D-5L[3].

Initialement, seule l'incapacité fonctionnelle était considérée, à dire d'experts, pour le DALY. Ce n'est plus le cas depuis que des évolutions méthodologiques permettent de décrire les états de santé avec un EQ-5D « élargi » (EQ-5D+, en ajoutant une dimension « cognition » à l'EQ-5D traditionnel, Krabbe *et al*., 1999), comme cela est pratiqué dans Schwarzinger *et al*. (2003) (à noter qu'un système de vignettes reste utilisé pour décrire les états de santé dans les études internationales GBD).

Sous un certain nombre d'hypothèses, QALY et DALY peuvent être deux mesures complémentaires[4] pour un individu en parfaite santé à la naissance, qui, au cours de sa vie, est atteint d'une maladie chronique conduisant à un décès prématuré, tel que représenté par la Figure 1. Cela suppose de considérer que les coefficients ne diffèrent pas avec l'âge et ne sont pas actualisés et que l'on a « coefficient d'incapacité = 1 – coefficient de qualité de vie ».

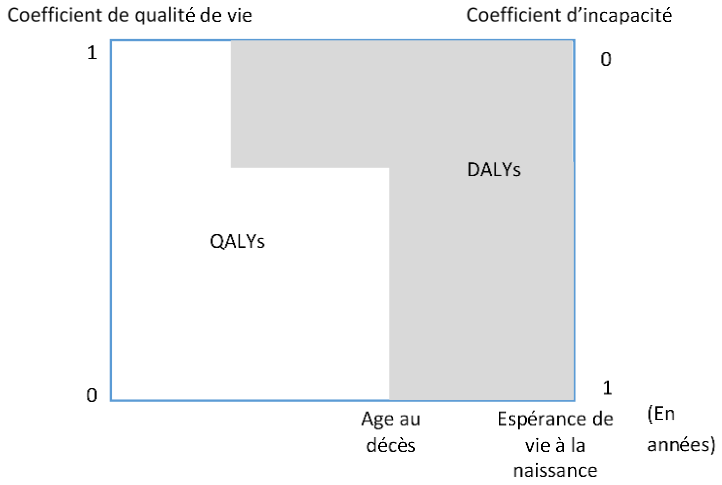
[1] Initialement, les questions d'allocations des ressources entre pathologies pouvaient introduire des biais dans les réponses dans la méthode « *population health equivalence* », dorénavant appelée « *person trade-off* ».

[2] L'EQ-5D retient cinq dimensions : mobilité, autonomie, activités courantes, douleurs / gênes et anxiété / dépression. Dans la version EQ-5D-3L, chaque dimension est décrite par trois niveaux de problèmes, permettant ainsi de définir 243 états de santé différents (voir https://euroqol.org).

[3] L'EQ-5D-5L retient cinq dimensions et cinq niveaux par dimension (voir https://euroqol.org).

[4] Le terme « complémentaire » n'est valable que dans le cas d'une espérance de vie à la naissance fixée. Ce n'est pas le cas, par exemple, si l'on évalue une intervention qui allonge la survie. Dans ce dernier cas, l'équation QALY = 1 – DALY ne tient pas, puisque le point de référence utilisé pour estimer ce qui est perdu (DALY) est modifié (espérance de vie) tandis que celui utilisé pour estimer ce qui est gagné (QALY) reste inchangé (0).

Figure 1 – Représentation graphique des QALY et DALY



Source : traduit à partir de Robberstad (2009)

C'est l'indicateur DALY que le groupe transversal retient (plutôt que le QALY) en raison d'une meilleure connaissance des données disponibles permettant de calculer les DALY pour l'ensemble des pathologies d'intérêt dans les quatre domaines d'application retenus. Ce choix pourrait être remis en cause dès lors que des données synthétiques sur les QALY seraient disponibles dans le contexte français, et compte tenu de la préférence, en économie de la santé, pour le QALY (malgré une critique sur ses propriétés axiomatiques pour décrire des fonctions d'utilité adaptées).

Le coefficient d'incapacité associé à la maladie

Des coefficients d'incapacité sont estimés dans la littérature scientifique pour de nombreuses pathologies (causes ou séquelles) (voir la méthode d'estimation dans l'Encadré 2 ci-dessus). Toutefois, ces coefficients sont, le plus souvent, différenciés selon la sévérité de la maladie. À titre d'exemple, le Tableau 1 ci-dessous liste une partie des coefficients estimés, à partir de la même méthodologie, pour l'étude GBD 2019 et pour la population européenne spécifiquement (Haagsma *et al.*, 2015).

Tableau 1 – Exemples de coefficients d'incapacité

Pathologie	Coefficients d'incapacité	
	Étude GDB 2019	Étude européenne
Cancer ; phase diagnostique et de traitement	0,288	0,265
Cancer ; avec métastases	0,451	0,358
Cancer ; phase terminale avec traitement	0,540	0,515
Cancer ; phase terminale sans traitement		0,588
Cancer ; phase contrôlée	0,049	-
Infarctus du myocarde ; jours 1-2	0,432	-
Infarctus du myocarde ; jours 3-28	0,074	0,098
Insuffisance cardiaque ; légère	0,041	0,052
Insuffisance cardiaque ; modérée	0,072	0,070
Insuffisance cardiaque ; sévère	0,179	0,173
Insuffisance cardiaque ; médicalement contrôlée	0,049	-
AVC ; conséquences de long terme légères	0,019	-
AVC ; conséquences de long terme modérées	0,070	0,075
AVC ; conséquences de long terme modérées avec problèmes de cognition	0,316	-
AVC ; conséquences de long terme sévères	0,552	-
AVC ; conséquences de long terme sévères, avec problèmes de cognition	0,588	0,580
Neuropathie diabétique	-	0,165
Asthme contrôlé	0,015	0,020
Asthme partiellement contrôlé	0,036	0,045
Asthme non contrôlé	0,133	-
BPCO et autres problèmes respiratoires chroniques ; légère	0,019	0,025
BPCO et autres problèmes respiratoires chroniques ; modérée	0,225	0,284
BPCO et autres problèmes respiratoires chroniques ; sévères	0,408	0,418
Anxiété ; légère	0,030	0,045
Anxiété ; modérée	0,133	0,119
Anxiété ; sévère	0,523	0,422
Démence ; légère	0,069	0,059
Démence ; modérée	0,377	0,434
Démence ; sévère	0,449	-
Maladie de Parkinson ; légère	0,010	0,016
Maladie de Parkinson ; modérée	0,267	0,239
Maladie de Parkinson ; sévère	0,575	0,530

Sources : GBD – Disabily Weights (2019) et Haagsma et al. *(2015)*

Par souci de cohérence avec les données des études GBD mobilisées dans le cadre de ces travaux (incidence, prévalence…) qui ne différencient pas les niveaux de sévérité, le groupe transversal a fait le choix de ne pas mobiliser les coefficients issus de la littérature, mais de

recalculer un coefficient moyen par pathologie (DW_i) en rapportant le nombre d'années de vie perdues pour incapacité (YLD) au nombre de cas prévalents par pathologie (équation (5) sachant que $\#YLD$ et $\#cas\ prévalents$ sont directement fournis dans les données GBD.

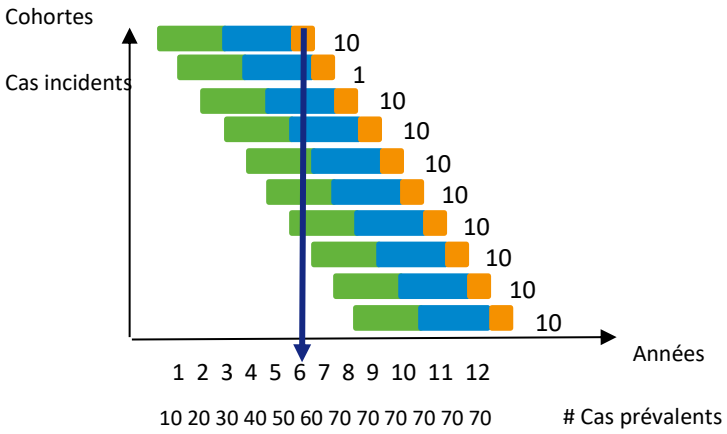
La durée de la maladie et le nombre d'années de vie perdues en raison d'une incapacité

En considérant que le système est stationnaire[1], la durée de la maladie (notée m) est calculée par le groupe transversal à partir du ratio entre la somme des cas prévalents tous âges confondus (N_P) et la somme des cas incidents tous âges confondus (N_I), qui sont directement fournies dans les études GBD :

$$\widehat{m_2} = \frac{N_P}{N_I} \qquad (7)$$

Exemple : Soit une pathologie d'une durée de sept ans, avec une incidence de dix nouveaux cas par an. Aux dates t = 7, 8, etc. (une fois que le système est stationnaire), le nombre de cas prévalents est égal à 70 (voir Figure 2 ci-dessous), le nombre de cas incidents est égal à 10, et le rapport entre les deux est égal à 70/10 = 7.

Figure 2 – Représentation d'un système stationnaire (ici, à partir de la 7e année)



Note : les couleurs représentent différentes phases de la maladie.

Source : groupe transversal

[1] On dit d'un système qu'il est stationnaire lorsque la prévalence de la maladie est stable dans le temps et que les flux d'entrée et de sortie sont du même ordre de grandeur.

Lorsque le système n'est plus stationnaire, plusieurs situations peuvent être considérées :

Tableau 2 – Qualité de l'estimateur de la durée retenu par le groupe selon l'évolution dans le temps de l'incidence et de la durée des pathologies

Évolution des paramètres	Conséquences
L'incidence reste inchangée La durée de la maladie augmente	La prévalence augmente Le rapport N_P/N_I sous-estime la durée de la maladie
L'incidence reste inchangée La durée de la maladie diminue	La prévalence diminue Le rapport N_P/N_I surestime la durée de la maladie
L'incidence augmente La durée de la maladie reste inchangée	La prévalence augmente Le rapport N_P/N_I sous-estime la durée de la maladie
L'incidence augmente La durée de la maladie diminue	Indéterminé
L'incidence augmente La durée de la maladie augmente	La prévalence augmente Le rapport N_P/N_I sous-estime la durée de la maladie
L'incidence diminue La durée de la maladie reste inchangée	La prévalence diminue Le rapport N_P/N_I surestime la durée de la maladie
L'incidence diminue La durée de la maladie diminue	La prévalence diminue Le rapport N_P/N_I surestime la durée de la maladie
L'incidence diminue La durée de la maladie augmente	Indéterminé

Source : groupe transversal

En considérant que l'incidence des pathologies chroniques augmente au cours du temps et que le progrès médical tend à allonger la durée de la maladie (diagnostic plus précoce et / ou réduction de la mortalité), la prévalence tend à augmenter et le rapport N_P/N_I conduit vraisemblablement à une **sous-estimation de la durée de la maladie**.

Deux autres méthodes d'estimation de la durée de la maladie ont été envisagées par le groupe transversal, sans être retenues (voir Encadré 3). Par ailleurs, plutôt que de considérer la durée moyenne $\hat{m}$ comme étant déterministe, le groupe a considéré la possibilité de tenir compte d'une distribution de la durée, sans finalement retenir cette piste (voir Encadré 3).

Encadré 3 – Méthodes d'estimation de la durée de la maladie

Trois méthodes ont été initialement envisagées pour estimer la durée de la maladie, notée m.

Une première approche consiste à estimer la durée m à partir de la **différence entre l'âge moyen au décès et l'âge moyen au diagnostic**, en considérant que le décès par la maladie est inéluctable (autrement dit, pas de rémission possible). On a :

$$\widehat{m_1} = \hat{a}ge\ moyen\ au\ décès - \hat{a}ge\ moyen\ au\ diagnostic \qquad (8)$$

Cette méthode de calcul conduit probablement à une sous-estimation de la durée, en ne tenant pas compte de l'âge au décès des malades qui meurent d'une autre cause. De plus, elle n'est applicable qu'aux pathologies sans rémission possible.

Une deuxième approche (celle retenue par le groupe transversal) consiste à estimer la durée m par le **rapport du nombre de cas prévalents** (N_P) **sur le nombre de cas incidents** (N_I) en considérant que le système est stationnaire :

$$\widehat{m_2} = \frac{N_P}{N_I} \qquad (7)$$

La troisième approche définit la durée m comme **l'inverse de la probabilité de sortie de l'état « maladie »**. Cette probabilité peut être directement obtenue à partir du modèle DISMOD[1] (modélisation de l'histoire naturelle des maladies). Elle dépend de trois flux : rémission, mortalité spécifique et mortalité générale (toutes autres causes).

$$\widehat{m_3} = \frac{1}{probabilité\ de\ sortie\ de\ l'état\ "maladie"} \qquad (9)$$

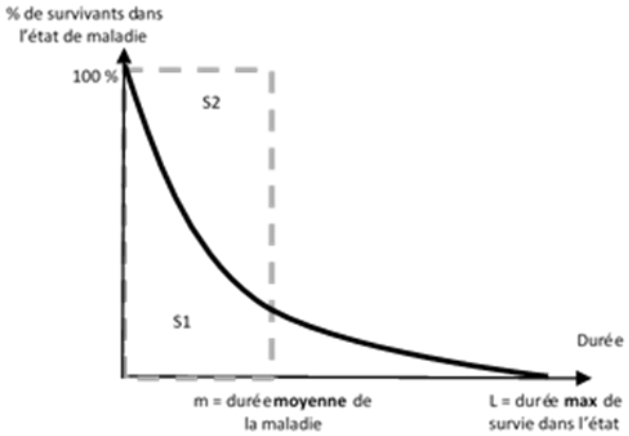
Le modèle DISMOD n'est cependant pas disponible pour toutes les pathologies.

La valeur du paramètre m est sensible à la méthode de calcul retenue. À titre d'illustration, pour l'infarctus du myocarde, on a $\widehat{m_1} = 8{,}63$ ans, $\widehat{m_2} = 5{,}94$ ans et $\widehat{m_3} = 3{,}95$ ans. Le choix a été fait de retenir la deuxième modalité de calcul ($\boldsymbol{\widehat{m_2} = N_p/N_I}$) pour estimer la durée, car elle permet d'appliquer une méthode unique de calcul pour l'ensemble des pathologies considérées par le groupe de travail dans ses applications (voir Chapitre 2). Pour les pathologies avec une durée de survie assez longue (diabète ou BPCO par exemple), l'estimation obtenue avec cet estimateur est cependant supérieure aux données disponibles sur la survie.

[1] Le modèle DISMOD distingue quatre états : 1) l'absence de maladie, 2) la maladie, 3) la mort directement liée à la maladie et 4) la mort pour autres causes. Les flux entre les états 1) et 2) représentent les taux d'incidence et de rémission. Aucun flux sortant n'existe pour les états 3) et 4).

Par ailleurs, plutôt que de considérer la durée moyenne $\hat{m}$ comme étant déterministe, **l'hypothèse d'une durée de survie dans l'état de maladie qui prendrait une forme exponentielle** (jusque L_{max} la durée maximale de survie dans l'état, voir Figure 3) a été étudiée par le groupe. Elle a été considérée pour sa simplicité, puisqu'elle ne dépend que d'un paramètre $(1/m)$ mais les calculs des espérances de vie des cas incidents pour les différentes pathologies réalisés par le groupe transversal ont montré que l'hypothèse n'était pas réaliste. Sans actualisation, considérer que la maladie dure m périodes pour tous et considérer une survie exponentielle jusque L_{max} doit en effet conduire au même résultat. (Autrement dit, sur la Figure 3, l'aire du rectangle S2 – qui correspond à une durée m pour tous – et l'aire sous la courbe de survie S1 – qui correspond à l'hypothèse d'une survie exponentielle – sont égales sans actualisation). Or, des écarts ont été observés par le groupe (jusqu'à plus de 20 % pour la BPCO et le diabète par exemple), qui a en conséquence décidé de retenir la durée m pour tous, faute d'information suffisante pour lever le caractère déterministe de ce paramètre.

Figure 3 – Durée moyenne : valeur déterministe ou non ?



Source : groupe transversal

Connaissant les coefficients d'incapacité et les durées des maladies, le **nombre d'années de vie perdues en raison d'une incapacité** à l'échelle individuelle et pour la pathologie i peut être calculé de la façon suivante :

$$YLD\ par\ cas = DW_i * \frac{1 - exp(-r * m_i)}{r} \qquad (10)$$

avec :

DW_i, le coefficient d'incapacité associé à la pathologie i (calculé par le groupe à partir du nombre d'années de vie perdues pour incapacité et du nombre de cas prévalents par pathologie, voir équation (6)) ;

m_i, la durée moyenne de la maladie i (calculée à partir du nombre de cas incidents et du nombre de cas prévalents renseignés par classe d'âge, voir équation (8)) ;

r, le taux d'actualisation (2,5 % par an, Quinet, 2013).

Le nombre d'années de vie perdues par décès

Le nombre moyen d'années de vie perdues par mortalité spécifique (noté ω_i) est calculé, pour une classe d'âge donnée, à partir de l'espérance de vie à chaque âge et du nombre de décès causés par cette pathologie à chaque âge, tous deux fournis dans les données GBD[1].

En tenant compte de l'actualisation, le **nombre d'années de vie perdues par mortalité spécifique (pathologie i)** à l'échelle individuelle est alors égal à :

$$YLL\ par\ cas\ = \left[\frac{1 - exp(-r * \omega_i)}{r}\right] \qquad (11)$$

avec :

ω_i, l'espérance de vie au décès calculée à partir de $\#YLL$ et $\#décès$ renseignés par tranche d'âge ;

r, le taux d'actualisation (2,5 % par an, Quinet, 2013).

3. La valorisation monétaire des impacts sur la santé

Les valeurs monétaires à attribuer aux effets de santé ayant fait l'objet d'une quantification diffèrent selon le type d'effet sur la santé : mortalité (section 3.1.) et morbidité (section 3.2.). Dans le cadre d'une évaluation socioéconomique, ces valeurs ne représentent pas uniquement le montant que la société économiserait en évitant ces impacts sur la santé, mais plus largement le **montant que la société est prête à payer pour éviter ces impacts sur la santé**. Elles peuvent couvrir des coûts marchands et non marchands, de nature directe ou indirecte.

On note que l'approche médico-économique standard retient uniquement les coûts directs (HAS, 2020, voir point « L'approche par le coût de la maladie » de la section 3.2.) pour

[1] Le nombre d'années de vie perdues par mortalité, pour une personne, peut aussi être calculé en rapportant le nombre d'années de vie perdues à l'échelle collective ($\#YLL$) au nombre de décès ($\#décès$). Les résultats sont identiques aux arrondis près.

calculer le ratio coût-efficacité qui est ensuite comparé à un seuil de décision. Ce dernier peut intégrer des coûts indirects y compris non marchands (perte de bien-être par exemple) lorsqu'il est donné par un consentement à payer dans une approche par la demande[1].

Ces valeurs monétaires doivent faire l'objet d'une **analyse de sensibilité** compte tenu :

- des limites liées aux transferts de valeurs (entre risques, dans le temps et dans l'espace) et de la diversité des variables à prendre en considération selon le type de valeurs transférées (coûts médicaux, consentements à payer…) ;

  L'attention est d'ailleurs attirée sur l'évolution rapide de certaines données concernant la morbidité : données épidémiologiques (taux de mortalité, durée de la maladie…) ou encore coûts de prise en charge (coûts des traitements), qui implique que les transferts dans le temps doivent être effectués avec prudence.

- des risques de double-compte lors de l'agrégation de plusieurs valeurs (somme des coûts médicaux et du consentement à payer ou encore somme du coût d'une hospitalisation et du coût des journées d'activité restreinte par exemple) pour chiffrer le coût d'un épisode morbide.

3.1. La valorisation monétaire de la mortalité

Les valeurs tutélaires d'une vie statistique et d'une année de vie

Généralement, la mortalité est exprimée en nombre de décès prématurés ou d'années de vie perdues. La valeur monétaire applicable à l'un et l'autre de ces indicateurs physiques est respectivement la valeur d'une vie statistique (VVS ou *Value of a statistical life*, VSL en anglais) et la valeur d'une année de vie (VAV ou *Value of a life year*, VOLY ou encore *Value of a statistical life year*, VSLY en anglais).

La Commission Quinet (2013) recommande (voir Encadré 4 ci-dessous) :

– sur la base de la méta-analyse des études de préférences déclarées réalisée par l'OCDE (2012), de retenir une valeur de référence intersectorielle unique pour la **VVS, fixée à 3 M€$_{2010}$**, croissant comme le PIB par tête ;

– sous l'hypothèse d'une VAV constante sur le cycle de vie et en cohérence avec la VVS fixée à 3 millions d'euros, de prendre une **VAV de 115 000 €$_{2010}$**, croissant également comme le PIB par tête.

[1] Dans une approche par l'offre, le ratio coût-efficacité est comparé au coût d'opportunité des ressources mobilisées.

En se focalisant sur un individu moyen représentatif de la société, ces valeurs dites « tutélaires » reflètent un **choix normatif** qui peut s'expliquer par une incertitude sur la variation de la valeur par rapport à différents facteurs (âge par exemple) ou encore par un rejet de la population pour différencier la valeur selon ces facteurs.

Encadré 4 – Les valeurs tutélaires de la mortalité (Quinet, 2013)

Historiquement, c'est le Commissariat au Plan – aujourd'hui appelé France Stratégie – qui fixe les valeurs tutélaires à l'échelle nationale.

La valeur d'une vie statistique (VVS)

Dans le passé – dans le rapport Boiteux de 1994 par exemple – la VVS était approchée par les pertes de productivité liées au décès prématuré[1]. Aujourd'hui, l'approche par les pertes de bien-être est privilégiée. Elle repose sur un arbitrage individuel entre la réduction du risque et le revenu, et plus précisément sur le consentement à payer (CAP) de l'individu pour une très faible diminution du risque de mortalité ou à l'inverse le consentement à recevoir de cet individu pour une très faible augmentation de ce risque. Concrètement, la VVS approchée par les pertes de bien-être est calculée de la façon suivante :

$$VVS = \frac{N * CAP}{N * \Delta p} \qquad (12)$$

avec N le nombre de personnes, CAP le CAP individuel moyen et Δp la variation du risque individuel. Ce mode de calcul de la VVS à partir du CAP doit être interprété au niveau collectif (ce qui explique l'introduction du paramètre N dans l'équation) : si chaque personne est prête à payer x € pour une réduction de son risque de mortalité de 5/1 000 par exemple, alors, dès que 200 personnes paient x €, une vie est sauvée (200*5/1 000 = 1). On considère ici que réduire de 5/1 000 le risque de mortalité de 200 personnes revient à annuler le risque de mortalité d'une personne parmi les 200. Cette personne n'étant pas identifiée, il s'agit bien de la « valeur d'évitement d'un décès » pour la société (traduit par le terme

[1] Les pertes de productivité liées à un décès sont estimées par la valeur qu'aurait aujourd'hui la somme des revenus que l'individu aurait gagnés durant sa durée de vie restante espérée. Cette démarche s'inscrit dans une vision productiviste de la société et dans l'approche dite du « capital humain » selon laquelle la valeur d'un individu est appréhendée à travers sa contribution marchande, elle-même estimée par le salaire de l'individu. Cette approche fait, depuis plusieurs années, l'objet de critiques, notamment parce qu'elle implique une valeur nulle pour un enfant, une personne âgée ou toute autre personne non salariée, et une valeur supérieure pour un homme (relativement à la valeur pour une femme), puisque le salaire moyen des hommes est plus élevé que celui des femmes.

« statistique » dans la VVS) et non de la valeur d'une vie en particulier. La valeur de cette vie est égale à 200 x €.

Les nombreux travaux menés sur la valeur qu'accordent les individus à une diminution de risque de mortalité ont fait l'objet en 2012 d'un important travail de synthèse et d'analyse par l'OCDE (OCDE, 2012). Sur la base d'une méta-analyse, l'OCDE propose de retenir pour l'UE-27 une VVS comprise entre 1,8 et 5,4 M$$_{2005}$, avec une valeur de référence de 3,6 millions de dollars. Une simple correction par le revenu (approché par le PIB/habitant) est recommandée pour estimer une VVS nationale.

En 2013, sur la base des travaux de l'OCDE, la Commission Quinet a fait le choix de proposer une VVS de référence unique de 3 M€$_{2010}$ pour chiffrer les coûts et les bénéfices de toutes les politiques publiques en France, quel que soit le secteur qu'elles ciblent.

La valeur d'une année de vie (VAV)

La VAV fixée par la Commission Quinet (2013) à 115 000 €$_{2010}$ est calculée à partir de la double hypothèse selon laquelle, d'une part, la valeur d'un décès évité (VVS) est égale à la valeur actualisée de la somme des années de vie restantes et, d'autre part, la VAV est constante sur le cycle de vie. La VAV est donc calculée à partir de la VVS de la façon suivante :

$$VVS = \sum_{t}^{T} \frac{VAV}{(1+r)^t} \qquad (13)$$

avec T la durée de vie moyenne restante de l'individu (égale à 40 ans dans Quinet, 2013) et r le taux d'actualisation (égal à 2,5 % dans Quinet, 2013).

Cette approche, qui consiste à calculer la VAV à partir de la VVS, rompt avec l'approche retenue jusque-là dans la littérature, à savoir la détermination d'une VAV directement à l'aide d'une évaluation contingente, et notamment avec les travaux de la Commission européenne dits « Externe (2005) » (VAV = 50 000 euros) ou encore les travaux de Desaigues *et al*. (2007) dits « NEEDS » (VAV = 41 000 euros). Ces travaux empiriques d'estimation d'une VAV restent néanmoins peu nombreux.

À noter que parallèlement à ce cadre (valeurs tutélaires), plusieurs questions restent ouvertes dans la littérature concernant la prise en compte d'une période de latence (pour la mortalité non immédiate), la différenciation de la valeur en fonction du contexte du décès (notamment « *morbidity premium* » pour les cancers[1]) ou encore la prise en compte des risques compétitifs[2].

Valeur de la vie statistique ou valeur d'une année de vie ?

Au-delà de la **question de la mise à jour[3] des valeurs tutélaires** qui datent de 2013, pour prendre en compte l'amélioration des connaissances et l'évolution des préférences (notamment compte tenu de la crise sanitaire actuelle), se pose la **question de la valeur à privilégier entre VVS et VAV** puisque **le rapport Quinet (2013) ne précise pas les conditions d'utilisation de ces deux valeurs tutélaires.**

Selon la Commission Quinet (2013) :

> « La VVS reste insuffisante pour intégrer correctement dans les évaluations socioéconomiques les enjeux relatifs au risque santé (mieux appréhender des effets qui réduisent l'espérance de vie de quelques années, appréhender correctement des effets qui touchent à la morbidité (dégradation de la qualité de vie)) et pour mesurer la valeur des actions que peut mener la puissance publique pour réduire le risque santé. Cette réalité conduit à poser la **question de l'introduction des outils conçus et développés dans le secteur de la santé de manière à mieux appréhender les effets sur la mortalité d'une part (années de vie gagnées)**, et sur la morbidité et la qualité de vie d'autre part. »

Des guides de calcul socioéconomique à l'étranger (ex. *Guidelines for Regulatory Impact Analysis* 2016 (US Department of Health and Human Services, 2018)) ou des travaux de recherche plus récents (Robinson *et al.*, 2019) recommandent, quant à eux, explicitement de **privilégier le recours à la VVS et, pour l'évaluation de politiques, investissements ou régulations qui affectent une population particulièrement jeune ou âgée, de faire des analyses complémentaires en utilisant une VAV.**

[1] Cette prime serait justifiée, en partie, par l'appréhension d'une mortalité imminente que connaissent les personnes souffrant d'un cancer, mais plus largement par la morbidité précédant le décès (McDonald *et al.*, 2016). À l'inverse, l'OCDE recommande, sur la base de sa méta-analyse de 2012, de considérer séparément les coûts de morbidité précédant le décès (OCDE, 2012).

[2] La demande pour la réduction d'un risque dépend du contexte sur l'ensemble des risques auxquels fait face l'individu.

[3] À noter que l'OCDE envisage d'engager des travaux pour mettre à jour sa méta-analyse des études sur l'estimation de la VVS, pour y intégrer les études menées depuis 2012.

Sur cette base et pour l'estimation des coûts ou bénéfices de santé des quatre applications, le groupe transversal :

– **valorisera chaque décès à hauteur de 3,43 M€$_{2018}$ (Quinet, 2013) ;**

  (À noter que le groupe n'a pas retenu la piste revenant à tenir compte de la période de latence, considérant que l'écart était mineur dès lors qu'on intègre déjà l'actualisation et l'anticipation du taux de croissance du PIB.)

– **recommandera de mener une analyse complémentaire en valorisant les années de vie perdues ou gagnées à hauteur de 131 000 €$_{2018}$ (Quinet, 2013)** pour les cas où la population ciblée par l'intervention évaluée est particulièrement jeune ou âgée.

3.2. La valorisation monétaire de la morbidité

À la différence de la mortalité, **les effets de morbidité ne font pas l'objet de valeurs tutélaires.** Deux grandes approches sont largement développées dans la littérature : l'approche par le coût de la maladie (*Cost of illness* ou *CoI* en anglais) et l'approche par les consentements à payer (CAP) (déjà utilisée pour valoriser le risque de mortalité, voir *supra*).

Quelle que soit l'approche utilisée, dans le cadre d'une évaluation socioéconomique, c'est le **coût par rapport à une situation contrefactuelle** qui doit être estimé et ce coût doit être estimé sur toute la durée de la maladie, ce qui nécessite d'adopter une **approche par l'incidence**[1]. Idéalement, pour le calcul du coût d'un cas incident, il faut tenir compte de l'évolution du coût au cours des différentes phases de la maladie (par exemple, l'histoire naturelle de la maladie cardiaque ischémique est la suivante : angine de poitrine, puis infarctus du myocarde suivi d'une insuffisance cardiaque). Du fait de l'actualisation, l'ordonnancement des différentes phases affecte le calcul du coût du cas incident et complique l'exercice. En l'absence de base de données disponible permettant de définir correctement la succession des phases des maladies, il peut être considéré que le coût moyen des cas prévalents est représentatif des différentes phases (un exemple est donné dans le point suivant pour les coûts médicaux).

L'approche par le coût de la maladie

L'approche par le coût de la maladie consiste à estimer le montant du fardeau économique d'une maladie pour la société. Cette approche macroéconomique permet de refléter l'ampleur

[1] L'incidence correspond au nombre d'individus nouvellement atteints par une maladie donnée, tandis que la prévalence correspond au nombre d'individus atteints de cette maladie à une date donnée au sein d'une population.

des coûts (soins médicaux et pertes de production) qui pourraient être évités à la société en l'absence d'une maladie. Les estimations diffèrent en fonction des données épidémiologiques mobilisées (prévalence ou incidence), de la méthode utilisée (*top-down* ou *bottom-up*) et de la dimension temporelle retenue (rétrospective ou prospective) (Tarricone, 2006).

Dans le cadre d'une évaluation économique d'une intervention visant à améliorer l'état de santé de la population, plusieurs types de coûts peuvent être pris en compte selon la perspective retenue (personnes ou institutions pour lesquelles les coûts sont pris en compte). La HAS recommande, dans son guide méthodologique pour l'évaluation économique de 2020 (HAS, 2020), d'adopter une perspective collective[1] pour l'analyse de référence, dans laquelle **l'ensemble des coûts directs sont pris en compte**. Une estimation des coûts indirects peut être réalisée en analyse complémentaire.

Selon la HAS (2020), les **coûts directs** recouvrent les ressources consommées (en biens, en services, en temps) pour produire les interventions évaluées et pour la prise en charge suite à l'intervention (soins de suivi, traitements concomitants, etc.). Dans notre cadre, ces coûts peuvent être définis comme les consommations de ressources (en biens, services, temps) qui pourraient être évitées en l'absence de la dégradation de l'état de santé. Elles intègrent la consommation de soins hospitaliers et ambulatoires, les biens médicaux, la consommation de transport, le temps des patients et des aidants…

Les **coûts indirects** recouvrent le coût des ressources rendues indisponibles du fait d'un état de santé dégradé ou d'un décès (HAS, 2020). Ils intègrent les pertes de productivité liées à la morbidité (absentéisme) pour les patients et les aidants et les pertes de revenu liées à la mortalité précoce des patients. Faute de données, les pertes d'activités domestiques et de loisirs sont le plus souvent ignorées.

En France, l'Assurance maladie (hors organismes complémentaires) supporte 78 % des dépenses de santé engagées (Drees, 2020)[2]. Chaque prise en charge par l'Assurance maladie contribue à alimenter le **Système national des données de santé** (SNDS), base de données exhaustive des consommations de soins du système de soins français faisant l'objet d'une prise en charge. Ces données sont mobilisées chaque année pour élaborer la « **Cartographie des pathologies et des dépenses** » qui consiste en une étude quantitative, en libre accès[3], reportant les effectifs (nombre de cas) et les dépenses

[1] Dans une perspective collective, toutes les ressources entrant dans la production de la prise en charge globale du patient sont identifiées, quelle que soit leur nature (sphère domestique, sanitaire et médico-sociale) et quels que soient leurs financeurs (usagers, assurances maladie obligatoires et complémentaires, aide sociale, État, établissements hospitaliers, etc.).

[2] Cette part varie selon le poste de dépenses : 92 % pour les soins hospitaliers, 66 % pour les soins ambulatoires, 73 % pour les médicaments et 45 % pour les autres biens médicaux (Drees, 2020).

[3] Voir Assurance maladie (2021), « Dépenses remboursées affectées à chaque pathologie en 2018 », octobre. Des fiches par pathologie sont également consultables sur le site de l'Assurance maladie.

engagées[1] pour 56 pathologies regroupées en 13 grands groupes de pathologies[2]. Elle permet d'obtenir les dépenses annuelles totales par cas pour chaque grande catégorie de pathologies. Ce montant peut être assimilé au coût moyen d'un cas prévalent.

Pour l'estimation des coûts médicaux par pathologie, le groupe transversal calculera le coût du cas incident en multipliant le coût annuel moyen des cas prévalents issu des cartographies de l'Assurance maladie par la durée de la maladie (en années), avec un biais introduit par l'hypothèse forte de stationnarité du système alors qu'on sait que les modalités de prise en charge des pathologies changent régulièrement. Le sens de ce biais (sur ou sous-estimation) dépend du coût relatif des phases et de leur ordonnancement dans l'histoire naturelle de la maladie.

À titre d'illustration, considérons une maladie d'une durée de cinq ans caractérisée par trois phases : une phase de diagnostic d'une durée de deux ans, une phase de contrôle d'une durée de deux ans et une phase terminale d'une durée plus courte égale à un an. Chacune de ces phases est caractérisée par un coût spécifique. Pour l'exemple, posons C_d = 10 000 €, C_c = 1 000 € et C_t = 20 000 € (il s'agit de coûts annuels) :

– le coût d'un cas incident est : C_i = 2*10 000 € + 2*1 000 € + 1*20 000 € = 42 000 € ;

– en considérant une incidence de dix nouveaux cas par an, et sous l'hypothèse d'un système stationnaire (à partir de t = 5, la prévalence est donc de 50 cas), le coût annuel moyen des cas prévalents est : $\overline{C_p}$ = (20 x 10 000 € + 20 x 1 000 € + 10 x 20 000 €)/50 = 8 400 €.

Sans actualisation, le produit du coût annuel moyen des cas prévalents par la durée de la maladie ($\bar{C}_p * \hat{m}$) est égal au coût du cas incident ($\hat{C}_i$), soit 8 400 €*5 = 42 000 €.

[1] Dont dépenses en soins de ville, en frais d'hospitalisation, en produits pharmaceutiques, services de biologie, coûts de transports et indemnités journalières versées (lorsque l'état de santé empêche de se déplacer ou de pratiquer une activité professionnelle).

[2] Ce travail statistique est rendu possible par le rôle central que joue l'Assurance maladie dans la santé publique en France puisque le régime général regroupe environ 58 millions de bénéficiaires pour des remboursements annuels d'environ 142 milliards d'euros. La cartographie montre l'évolution, année après année, du nombre de personnes prises en charge pour des pathologies graves ou des soins ambulatoires courants, pour des affections chroniques ou des épisodes ponctuels. Les résultats de l'étude contribuent aux prises de décision sur le budget annuel de l'Assurance maladie.

L'attention est attirée sur le fait qu'en retenant le coût moyen total par cas de la cartographie de l'Assurance maladie :

– il s'agit d'une **estimation relativement conservatrice** des coûts directs puisque le temps des patients et aidants notamment n'est pas pris en compte, et également une estimation conservatrice des coûts marchands car toutes les dépenses ne sont pas prises en charge par cette entité[1] ;

– il est ici fait **le choix d'intégrer des coûts indirects**. **Le montant des indemnités journalières versées par l'Assurance maladie (qui est inclus dans les dépenses annuelles totales par cas) constitue en effet un proxy des pertes de production associées à la morbidité**, qui est néanmoins très fortement minorant par rapport à l'approche par le capital humain (qui repose sur l'utilisation du salaire journalier) que le groupe de travail n'a pas cherché à appliquer, faute de temps, mais également parce qu'elle est elle-même aussi sujette à des critiques[2] ;

– les montants doivent, dans le cadre d'une évaluation socioéconomique d'un projet d'investissement public ou d'une politique publique et conformément au guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics (France Stratégie et DG Trésor, 2017), être multipliés par un unique[3] **coût d'opportunité des fonds publics** (voir Glossaire) égal à 1,2, compte tenu de l'origine (publique) des fonds ;

– les **montants peuvent être facilement mis à jour** (voir rapport annuel *Charges et produits* de la CNAM), ce qui limite l'intérêt de proposer, dans le cadre de ce groupe de travail, une règle d'évolution (comme celle proposée pour la VVS par la Commission Quinet, et basée sur l'évolution du PIB/tête), qui aurait été complexe à déterminer, à un niveau macro, compte tenu de la diversité des pathologies.

Ces données médico-administratives ne suffisent en revanche pas pour établir un contrefactuel. Retenir la dépense annuelle moyenne par personne (elle s'élève à 3 102 euros en 2019 selon la Drees (2020)) n'est effectivement par pertinent puisque cette moyenne est fortement influencée par une très faible part des assurés sociaux qui concentre la moitié des dépenses (5 % des assurés sociaux concentrent 51 % des dépenses en 2000, Sarlat, 2004). Il sera donc ici fait **l'hypothèse d'un coût nul en situation contrefactuelle**.

[1] À noter toutefois qu'un certain nombre de pathologies d'intérêt pour le groupe de travail sont des maladies chroniques, et que les mécanismes d'exonération de ticket modérateur, pour ces maladies, impliquent que les montants ne sont pas trop éloignés de la valeur de l'ensemble des dépenses.

[2] Parmi les critiques adressées à l'approche par le capital humain pour évaluer les pertes de production, il peut être noté que 1) le salaire est en réalité une valeur *a minima* puisque la valeur produite peut être supérieure au salaire, 2) dans cette approche, la production non marchande n'a pas de valeur, et 3) la valeur d'un homme est plus élevée que celle d'une femme.

[3] C'est-à-dire sans chercher ici à tenir compte d'éventuelles différences dans les modalités de remboursement.

L'approche par les consentements à payer (CAP)

La norme ISO 14008[1] définit le CAP comme étant le montant maximal qu'un individu est prêt à payer pour obtenir une amélioration environnementale ou pour éviter une dégradation environnementale. Il peut également s'agir du montant maximal que l'individu est prêt à payer pour une amélioration de son état de santé (réduction du risque de morbidité ou de mortalité) ou pour éviter une dégradation de son état de santé (augmentation du risque).

Un CAP peut être déterminé à l'aide d'une méthode de préférences révélées (prix hédoniques, dépenses de protection, etc.), ou d'une méthode de préférences déclarées (évaluation contingente, expérimentation en choix discret). Si ces méthodes d'estimation des CAP sont cadrées (notamment par la norme ISO 14008-2019 déjà citée), le recours à l'une ou l'autre d'entre elles ne fait pas, à notre connaissance, l'objet de recommandations précises et valables quel que soit le domaine, compte tenu des avantages et inconvénients associés à chacune des méthodes. S'il est admis que les enquêtes de préférences révélées offrent de meilleurs résultats que celles de préférences déclarées, les premières restent difficilement applicables en santé, en raison d'un manque de données sur les comportements des individus. Qui plus est, l'interprétation et l'utilisation des résultats obtenus grâce à ces méthodes soulèvent plusieurs questions auxquelles il n'existe pas de réponse communément partagée. Parmi ces questions :

– Le périmètre du CAP se limite-t-il à des coûts intangibles (perte de bien-être) ou couvre-t-il également des coûts marchands (coûts médicaux supportés individuellement, perte de revenu liée aux arrêts de travail…) ? Le cas échéant (souvent admis), comment traiter le risque de double-compte avec des coûts médicaux ou coûts d'opportunité (perte de production) estimés par ailleurs et parfois additionnés au CAP pour produire un coût total par pathologie ?

– Dans quelle mesure faut-il distinguer un CAP pour prévenir la survenue d'une pathologie (estimation *ex ante*, utile pour l'évaluation de politiques publiques, auprès soit de la population générale soit d'une population déjà atteinte de la pathologie[2] ? Cette question renvoie au choix entre préférences collectives ou préférences individuelles) d'un CAP pour un traitement réel ou hypothétique ou pour une réduction du nombre ou de l'intensité des symptômes pour une maladie donnée (estimation

[1] ISO 14008-2019. Évaluation monétaire des impacts environnementaux et des aspects environnementaux associés.

[2] D'autres questions se posent également en lien avec le type de population interrogé, comme : Sur quel périmètre appliquer les CAP exprimés en euros par an et par personne ? au nombre de personnes-années en situation de maladie ? au nombre d'années à vivre des cas incidents (espérance de vie à la date du diagnostic) ? au nombre d'années à vivre de la population générale (espérance de vie à la naissance ou à un âge à définir) ? Dans le même esprit, sur quel périmètre appliquer les CAP exprimés en euros par cas ? au nombre de cas incidents ?

ex post auprès de personnes atteintes de la maladie uniquement) ? À noter que la théorie voudrait que le CAP estimé *ex post* (plus courant en santé) soit égal au CAP estimé *ex ante* divisé par la probabilité de survenue de l'événement, ce qui n'est pas observé en pratique. Rheinberger *et al. (*2016) montrent que pour des maladies chroniques graves, le CAP *ex ante* excède toujours le CAP *ex post*.

– Comment traiter les cas spécifiques de pathologies affectant à la fois la qualité de vie et la survie (par exemple les cancers) ? ou encore, comment distinguer les coûts intangibles liés à la mortalité et ceux liés à la morbidité, comme c'est recommandé par l'OCDE (2012) ?

Ces questions se posent déjà en économie de la santé mais ne semblent pas constituer pour autant à elles seules une limite à l'estimation de CAP dans ce secteur puisqu'il existe des exemples pour certaines pathologies (voir Encadré 5).

Encadré 5 – Exemples d'estimation de CAP dans le domaine de la santé

L'estimation de CAP pour toutes les pathologies est une tâche difficile car cela implique de prendre en compte les spécificités de chaque maladie (période de latence, probabilité de décès ou de guérison, symptômes…). Cameron *et al.* (2008) et Cameron et DeShazo (2013) ont de ce fait cherché à définir des CAP pour différents profils génériques de pathologies (*Value of a statistical illness profile*). Trois profils sont considérés : 1) décès instantané ; 2) période de latence, maladie puis décès ; et 3) période de latence, guérison puis décès (voir Tableau 3), et des CAP sont estimés, à titre d'illustration de la méthode, pour 12 pathologies et selon l'âge au diagnostic et le revenu.

L'approche de Cameron et ses co-auteurs n'offre cependant pas de distinction directe entre les coûts intangibles liés à la morbidité et ceux liés à la mortalité comme recommandé par l'OCDE (2012), contrairement à Gentry et Viscusi (2016) qui considèrent un profil plus simple en s'intéressant aux décès causés par accident de travail. Dans les CAP estimés à partir de la méthode du salaire hédonique, ils différencient la composante associée au risque de mortalité ("*the Value of the fatality risk*", VFR) et la composante associée au risque de blessures ("*the Value of the morbidity risk",* VMR), cette dernière représentant entre 6 % et 25 % du CAP[1].

Le cas particulier des cancers constitue l'un des rares groupes de pathologies bénéficiant de CAP. L'Echa (2016) estime une composante morbidité entre 335 000 et 410 000 euros à l'aide d'enquêtes différenciant la probabilité de développer un cancer (taux d'incidence) d'une part et la probabilité de survivre au

[1] L'OCDE recommande quant à elle de valoriser une blessure à hauteur de 10 % de la VVS (voir Encadré 6).

cancer (taux de survie) d'autre part. Cette composante morbidité (*value of cancer morbidity*) représente la valeur accordée à une diminution de l'incidence de cancer à taux de mortalité constant[1]. La valeur d'un cas de cancer peut alors être calculée en sommant la VVS pondérée par la probabilité de décéder d'un cancer (composante mortalité) et la composante morbidité. En considérant une durée de latence de dix ans et une VVS de 3,5 ou 5 millions d'euros, la valeur d'un cas de cancer est comprise entre 2,2 et 3,60 millions d'euros.

Tableau 3 – CAP par profil générique

Profil de maladie : 45 ans maintenant, … à 45 ans :	$r_i = r = 0.03$	$r_i = r = 0.05$	$r_i = r = 0.07$	r_i: individuel simulation à 0.05
1. Mort subite	$8.33 (4.45, 12.46)	$6.74 (3.12, 10.68)	$5.48 (1.44, 9.62)	$6.82 (2.20, 11.78)
2. 1 an de maladie, non mortel	2.58 (0.40, 4.85)	2.42 (0.51, 4.49)	2.25 (0.54, 4.13)	2.05 (0.20, 3.92)
3. 5 ans de maladie, non mortel	3.39 (1.13, 5.77)	3.05 (1.15, 5.07)	2.74 (0.98, 4.55)	2.47 (0.67, 4.32)
4. 1 an de maladie, entraînant la mort	9.22 (5.58, 13.11)	8.09 (4.60, 11.82)	7.12 (3.26, 11.19)	8.55 (4.12, 13.46)
5. 5 ans de maladie, entraînant la mort	9.75 (5.84, 13.83)	9.09 (5.33, 13.44)	8.35 (4.28, 12.60)	10.11 (5.40, 15.25)

Note : les unités sont exprimées en dollars US 2003 par réduction de microrisque pour chacun des cinq profils de maladie illustratifs (lignes), et pour quatre hypothèses différentes concernant le taux d'actualisation (colonnes). La quatrième série de résultats provient d'un modèle qui utilise des taux d'actualisation individuels calculés à partir d'un modèle utilisant une enquête séparée avec un autre échantillon de la même population. Les taux d'actualisation individuels sont utilisés dans l'estimation, mais nous simulons la VDP sous un taux d'actualisation commun de 0,05 pour tous, puisque ce taux d'actualisation est couramment utilisé dans les analyses politiques. Les valeurs sont fondées sur la spécification du modèle (2) du tableau 1 *[de la publication citée en source]*. Les entrées reflètent 1 000 tirages aléatoires de la distribution conjointe des paramètres estimés. Nous indiquons la moyenne, les 5e et 95e percentiles de la distribution d'échantillonnage du CAP calculé sur la base de la version appropriée de l'équation (7) *[de la publication citée en source]*. Nos estimations « principales » sont celles pour un taux d'actualisation de 0,05 (la deuxième colonne d'estimations). Pour d'autres hypothèses de taux d'actualisation fixes, les estimations de la VDP sont différentes car les variables construites diffèrent, et donc les paramètres d'utilité indirecte estimés diffèrent également. Le revenu du ménage est fixé à 42 000 dollars. Le profil de maladie 1 correspond le plus au scénario implicite dans de nombreuses études VSL sur le risque salarial (mort subite dans la période en cours pour un ouvrier en milieu de carrière).

Source : Cameron et DeShazo (2013)

Dans ce cadre, les résultats du projet Swache[2] de l'OCDE consistant en la réalisation d'enquêtes visant à déterminer le CAP pour éviter différents effets sur la santé

[1] Un autre concept très proche est la valeur d'un cas statistique de cancer (*value of a statistical case of cancer*) qui représente la valeur d'une réduction du risque de survenue d'un cancer en maintenant la survie spécifique constante. Alberini et Scascny (2018) montrent que les caractéristiques qualitatives de l'état de santé (restriction d'activité, niveau de douleur) n'interviennent pas dans la détermination de cette valeur.

[2] *Surveys on the willingness-to-pay to avoid negative chemicals-related health impacts.*

causés par des substances chimiques sont très attendus[1], tout comme des travaux proposant des fonctions de transferts de CAP tels que ceux de Hammitt et Haninger (2017) qui calculent des élasticités de CAP par rapport à la variation de la qualité de vie ou par rapport à la durée (mais uniquement à partir de deux études).

C'est, en revanche, l'absence de réponse à une question plus spécifique au cadre qui est le nôtre (maladies ou décès évités ou causés par une variation d'un déterminant de santé)[2] qui semble davantage être un frein à l'utilisation de CAP par le groupe de travail. Cette question est la suivante : un CAP pour éviter ou réduire l'exposition à un risque qui entraîne des effets morbides ou mortels (par exemple, CAP pour une réduction de la pollution atmosphérique) peut-il être interprété comme un CAP pour prévenir un effet sur la santé ? Si oui :

– Faut-il prendre en compte la période de latence entre l'exposition au facteur de risque et la survenue de la maladie et / ou du décès[3] ?
– Comment traiter les cas d'une exposition à un risque (par exemple, pollution de l'air) entraînant plusieurs effets sur la santé (maladies cardiovasculaires, maladies respiratoires…) (sachant que la demande pour la réduction d'un risque dépend du contexte sur l'ensemble des risques auxquels fait face l'individu) ?
– Dans le même esprit, comment s'assurer que le montant ne reflète pas aussi la valeur accordée à l'évitement d'effets autres que sanitaires associés à l'exposition à ce risque ? Par exemple, dans la mesure où beaucoup d'autres impacts sont également subis parallèlement à l'impact sanitaire lors d'une inondation (dommages matériels au bâti ou au mobilier par exemple), le CAP obtenu à l'aide d'enquêtes dans le contexte des inondations constitue le plus souvent la valeur de l'évitement du traumatisme et non pas uniquement la valeur de l'évitement d'un effet de santé attribuable à ce traumatisme (Defra, 2005).

Dans la mesure où ces questions de recherche dépassent le cadre du mandat du groupe de travail dont l'objectif est de produire des outils clés en main d'évaluation socioéconomique d'effets de santé à partir de méthodes standardisées et dans un temps limité, le groupe transversal n'a pas cherché à apporter de réponse à

[1] Une première phase du projet porte sur les cinq effets suivants : asthme, perte de QI, (très) faible poids à la naissance, maladies rénales et infertilité. Une deuxième phase couvrira d'autres effets de santé : mortalité avant naissance, dysfonction de la thyroïde, hypertension et cas de cancer non mortel. Les résultats sont attendus pour 2022.

[2] Dans les quatre applications : baisse de l'exposition aux risques naturels, aux températures intérieures basses et à l'inactivité physique, et hausse de l'exposition au bruit (chantier).

[3] D'après Hammitt et Liu (2004), l'impact d'une période de latence sur la valeur du CAP est incertain.

ces questions, et n'a donc pas retenu l'approche par le CAP pour produire des valeurs pour les quatre applications. **Comme alternative pour valoriser les coûts intangibles, il a choisi de considérer (comme c'est déjà le cas pour les QALY dans la littérature) que le CAP par cas est égal au produit de la variation de l'état de santé appréciée par un nombre de DALY[1] par la valeur qu'on accorde à un DALY.** Cette approche a l'avantage de pouvoir être utilisée de façon homogène pour un large ensemble de pathologies.

La valorisation monétaire des DALY

Photographie de l'état de santé de la population, le DALY n'a pas initialement de vocation économique. Ce n'est que le recours aux DALY dans le cadre d'évaluations socioéconomiques de politiques publiques de type analyse coûts-bénéfices (au-delà donc des analyses de type coût-efficacité) qui justifie qu'une valeur monétaire soit accordée à un DALY, afin d'évaluer le « retour sur investissement ».

En pratique[2] :

– c'est, le plus souvent, une valorisation monétaire d'une réduction du risque de mortalité qui est appliquée aux DALY et QALY ;

– la valeur de 50 000 $ par QALY est communément utilisée aux États-Unis (Neumann *et al.*, 2014). Au Royaume-Uni, la valeur de référence par QALY fixée par le National Institute Clinical Excellence (NICE) est comprise entre £ 20 000 et £ 30 000 (Claxton *et al.*, 2015) ;

– l'OMS (WHO-CHOICE) considère qu'une valeur acceptable par DALY évité est jusqu'à trois fois plus élevée que le PIB par habitant dans les pays en développement (Hutubessy *et al.*, 2003), démontrant à cette occasion que l'approche par le capital humain (réduite à l'évaluation des pertes de production) est (trop) conservatrice.

En l'absence de fondements théoriques, l'US-Environmental Protection Agency met cependant en garde sur l'utilisation d'une valeur par DALY ou QALY (EPA, 2010). Cette « VDALY » mérite en effet d'être différenciée de la VAV :

– dans le calcul de la VAV à partir de la VVS proposé par la Commission Quinet (2013), l'hypothèse d'une VAV constante sur toute la durée de vie restante sous-entend que la qualité de vie n'est pas considérée dans le calcul ;

[1] En valorisant un cas de maladie évité à partir d'un nombre de DALY associés à la maladie multiplié par la valeur d'un DALY, il est fait l'hypothèse que le coefficient d'incapacité en situation contrefactuelle (sans la maladie considérée) est égal à 0 (parfaite santé).

[2] Voir aussi HAS (2014) qui a synthétisé les valeurs de référence établies ou proposées par des institutions.

– à l'inverse, en divisant la VVS par le nombre attendu de QALY, Téhard *et al.* (2020) estime une valeur d'une année de vie « moyenne » à hauteur de 147 093 euros en considérant une évolution de la qualité de vie avec l'âge (différente selon le genre[1]) (à partir de la VVS de 3 millions d'euros de Quinet (2013) et d'un taux d'actualisation de 2,5 %) ;

– au-delà de la perte de qualité de vie liée à l'avancée en âge considérée par Téhard *et al*. (2020), un coefficient inférieur à 1 peut toutefois également être affecté aux années dont la qualité de vie est dégradée en raison d'une pathologie. Dans ce cas, il s'agirait de calculer une VDALY en divisant la VVS par le nombre de futurs DALY (tenant compte de la perte de qualité de vie) plutôt que par la durée de vie restante – tel que pratiqué pour le calcul de la VAV par la Commission Quinet (2013). On aurait VDALY > VAV ;

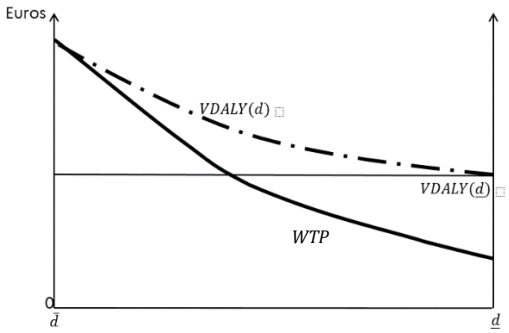
– sur la base d'un modèle théorique[2], Herrera-Araujo *et al.* (2020) démontrent cependant que la valeur obtenue en divisant la VVS par le nombre de futurs DALY (noté $VDALY(\underline{d})$ sur la Figure 4) peut surestimer le CAP pour une amélioration de l'état de santé (noté WTP pour *Willingness to pay*), dans la mesure où ce dernier est décroissant avec l'état de santé initial (ici, c'est l'incapacité qui est représentée sur l'axe X. Elle décroît de gauche à droite, voir d pour *disability*). À l'aide de calibrations, les auteurs en déduisent que **la surestimation est au moins du double** ;

– ce résultat offre une justification théorique aux écarts observés dans la revue faite par Ryen et Svensson (2015) entre, d'une part, les CAP pour un DALY ou un QALY estimés directement à partir de méthodes de préférences déclarées et, d'autre part, les CAP estimés à partir d'un calcul fondé sur la VVS ; ces derniers étant 2,5 à 5 fois plus élevés que les premiers.

[1] Par exemple, le coefficient de qualité de vie associé aux classes d'âge 18-24, 45-54 et >75 sont les suivants pour les femmes (hommes) : 0,915 (0,967), 0,837 (0,762) et 0,665 (0,737) (à partir des travaux de J. Chevalier).

[2] Les auteurs étudient les propriétés du CAP pour une meilleure qualité de vie et une plus grande longévité, dans un cadre théorique reposant sur la maximisation de l'utilité d'un individu sur toute sa durée de vie en tenant compte des liens entre richesse, santé et longévité.

Figure 4 – CAP pour un gain de santé *versus* valeur monétaire d'un DALY estimé à partir de la VVS



Note : si un individu est en très bon état de santé (à droite du graphique), la valeur constante $VDALY(\underline{d})$ surestime la valeur du CAP. À l'inverse, si l'individu est dans un mauvais état de santé (à gauche sur le graphique), alors la $VDALY(\underline{d})$ sous-estime le CAP.

Source : adapté de Herrera-Araujo et al. *(2020) par D. Herrera-Araujo pour le groupe de travail*

Sur la base de ces enseignements (VDALY > VAV et VDALY = [2,5 CAP ; 5 CAP]) qui mériteraient d'être complétés, qui plus est au regard des résultats de la littérature qui justifieraient de ne pas retenir une unique valeur[1], il peut être conseillé, en l'état actuel des connaissances :

- **de valoriser chaque DALY à partir de la VAV tutélaire en analyse principale ;**
- **de mener une analyse de sensibilité en valorisant chaque DALY gagné à hauteur de la VAV divisée par 2** (soit le ratio minimum trouvé dans la littérature puisqu'on a par ailleurs VDALY > VAV).

C'est ce que le groupe transversal propose pour les différentes applications.

À noter que d'autres approches combinant une mesure de la qualité de vie et la VVS existent dans la littérature mais ne sont valables que pour des cas spécifiques (voir Encadré 6) sans que l'objectif soit d'estimer une valeur par DALY pouvant être mobilisée pour un large ensemble d'états de santé.

[1] Ryen et Svensson (2015), Ye *et al.* (2021) montrent que la VQALY diminue avec le nombre de QALY gagnés, et Tsuchiya et Dolan (2005) montrent que la VQALY dépend de la succession des états de santé. Par ailleurs, Hammitt et Haninger (2017) montrent que l'élasticité du CAP par rapport au nombre de QALY est de 0,2, avec une élasticité par rapport à la durée égale à 0,1 quelle que soit la pathologie, et une élasticité par rapport à la qualité de vie de 0,4 pour une pathologie chronique et 0,2 pour une pathologie aigue.

Encadré 6 – Valeurs par pathologie estimées à partir d'un pourcentage de la VVS

Accident non fatal

La valeur statistique d'une blessure (*value of statistical injury*, VSI) est estimée, dans la littérature, à partir d'un pourcentage de la VVS. Ce pourcentage reflète la perte relative d'utilité liée à la survenue d'un accident non fatal. La Commission Quinet (2013) recommande de valoriser un blessé léger (sur les routes) à hauteur de 2 % de la VVS et un blessé grave (sur les routes) à hauteur de 15 % de la VVS, tandis que la fiche outil du référentiel méthologique de la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer de 2019 retient 0,5 % et 12,5 % de la VVS pour le blessé léger et le blessé hospitalisé. Des taux sont aussi calculés par Spicer et Miller (2010) pour la National Highway Traffic Safety Administration (3 % pour un accident mineur et 60 % pour un accident critique) en estimant ce que représentent les QALY perdus lors d'un accident par rapport à l'espérance de vie résiduelle (soit QALY/T).

Pathologie chronique sans rémission/guérison

Pour les pathologies chroniques (sans guérison ou rémission), en supposant que la parfaite santé est la référence de sorte que les QALY perdus sont donnés par = [1 – V(q)] x T, alors le ratio QALY/T est donné par 1 – V(q). Le coût intangible de morbidité d'une pathologie chronique non létale mais sans guérison / rémission est ainsi estimé par Kenkel (2006) à partir d'un pourcentage de la VVS égal à 1 – score d'utilité. La valeur s'élève jusqu'à 50 % ou 60 % de la VVS pour certains états de santé (maladie de Parkinson ou démence sévère par exemple).

Pour une pathologie potentiellement létale sans guérison et rémission, Alberini et Scasny (2018) retiennent, quant à eux, un pourcentage de la VVS égal à la probabilité de décéder de la maladie si celle-ci survient.

CHAPITRE 2

DÉVELOPPEMENT D'OUTILS D'ÉVALUATION CLÉS EN MAIN

1. Cadrage général

1.1. Choix des champs d'application

Le groupe de travail avait pour mandat de produire des outils clés en main d'évaluation socioéconomique *ex ante* des effets de santé à partir de méthodologies standardisées. L'existence de tels outils présente plusieurs avantages. Elle permet *a priori* :

– aux prestataires de réaliser plus facilement des évaluations robustes et au Secrétariat général pour l'investissement de comparer les études entre elles et de disposer d'un panel d'outils complété et harmonisé pour apprécier la rentabilité socioéconomique des investissements publics ;

– à l'État de responsabiliser davantage les porteurs de projets d'investissement à travers l'analyse d'un panel plus large d'incidences de leur projet et aux maîtres d'ouvrage de bénéficier d'un meilleur outil d'appréciation et de communication sur leurs projets pour argumenter l'utilisation des fonds publics ;

– aux décideurs de faire des choix plus éclairés de politiques publiques sur la base des résultats de l'évaluation socioéconomique qui pourrait, de fait, être davantage utilisée pour l'élaboration de politiques publiques au-delà des projets d'investissement public (et le cas échéant, prévoir des mesures d'accompagnement adéquates pour éviter, réduire ou compenser des coûts sanitaires).

Pour présenter des résultats opérationnels, quatre champs d'application ont été étudiés plus spécifiquement par le groupe de travail (dans le rapport, on parlera d'applications) en vue d'**illustrer la faisabilité de l'élaboration de tels outils clés en main et leur apport**, conformément au mandat du groupe de travail.

La faisabilité n'est jugée ici qu'au regard de la possibilité de prendre en compte des impacts sur la santé (positifs ou négatifs) dans une évaluation socioéconomique *ex ante* de projets d'investissement ou de politiques publiques et non pas au regard de la possibilité de mener une évaluation socioéconomique en particulier. Par exemple, il n'est pas ici porté d'attention à l'évaluation des coûts d'investissement, ou à l'évaluation des incidences autres que sanitaires, comme déjà rappelé en introduction.

Il importe aussi de souligner que les quatre applications retenues **n'ont pas la prétention d'être représentatives de l'ensemble des situations relevant de la santé-environnement auxquelles le calcul socioéconomique a vocation à s'appliquer** ; certaines ont d'ailleurs été évoquées en première partie de ce rapport (changement climatique, pollution de l'air intérieur, pollution de l'eau, etc., voir section 1.1. du Chapitre 1) sans pour autant être traitées avec une application. Un effet de sélection est nécessairement présent. Il est rappelé dans les limites de l'exercice pour éviter d'introduire un biais et il est pris en compte dans les propositions d'extension et travaux supplémentaires à mener à la fin de ce rapport (voir Chapitre 3).

Les applications ont été sélectionnées au moment de la constitution du groupe de travail (avril 2019[1]), pour plusieurs raisons, souvent cumulatives, parmi lesquelles :

- les effets sur la santé sont susceptibles d'être significatifs ;
- il existe des leviers de politique publique sur les déterminants de ces effets de santé ;
- il existe déjà un cadre d'évaluation socioéconomique de ces leviers, dans lequel les effets sur la santé ne sont pas encore pris en compte ;
- les connaissances disponibles sur les liens entre projets d'investissement / politiques publiques et déterminants de santé d'une part et entre déterminants de santé et effets de santé d'autre part laissent à penser que des résultats opérationnels peuvent être produits à moindre coût (voir les principes d'élaboration des boîtes à outils ci-dessous) ;
- des pistes d'amélioration, d'extension ou de transfert des réflexions et résultats pourraient être relativement facilement proposées puis poursuivies.

Les quatre applications retenues sont les suivantes :

- évaluation des dommages psychologiques évités par les Programmes d'actions de prévention des inondations (Papi) (application dénommée **« Inondations »** dans la suite du rapport) ;
- évaluation des bénéfices de santé des actions de rénovation énergétique des logements (ou **« Inefficacité énergétique des logements »**) ;

[1] Réunion entre le CGDD, France Stratégie et le SGPI en date du 2 avril 2019.

– évaluation du coût de santé attribuable au bruit de la phase chantier d'un projet d'investissement public (ou **« Bruit de chantier »**) ;

– évaluation des bénéfices de santé d'aménagements de l'espace public favorables à l'activité physique (ou **« Activité physique dans l'espace public »**).

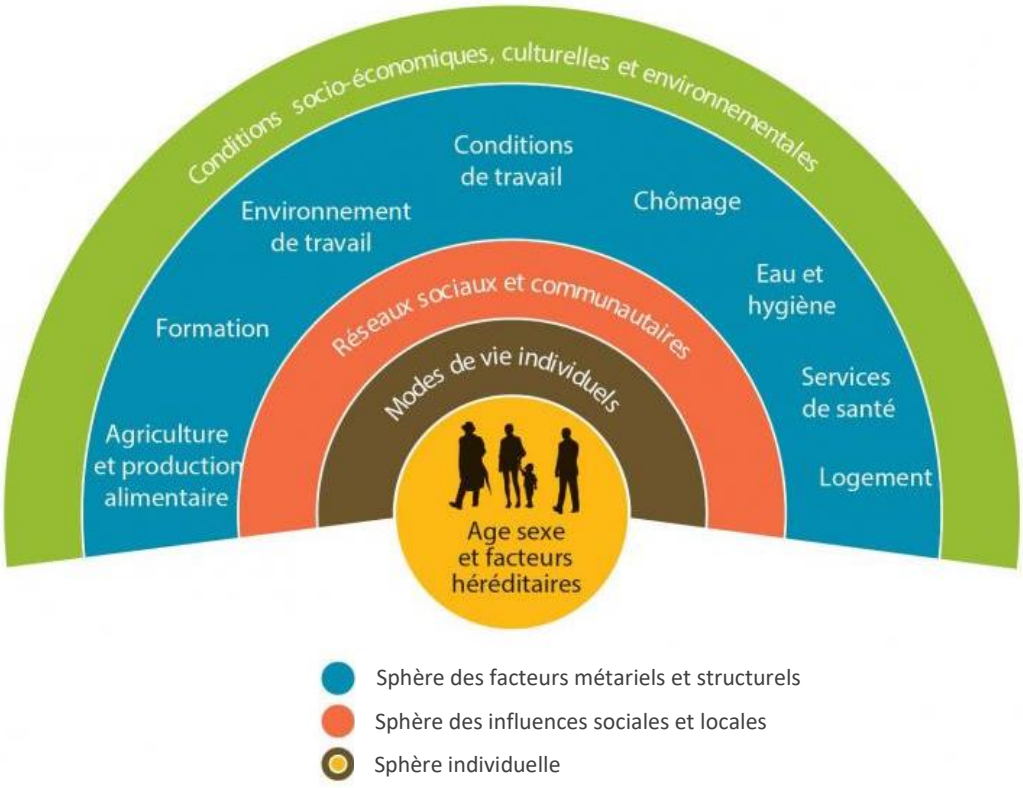
Elles relèvent de différentes catégories de déterminants de santé si l'on se réfère au modèle de Dahlgren et Whitehead (voir Figure 5) :

– les conditions environnementales, sur lesquelles l'individu n'a que très peu d'influence, pour l'application « Inondations » ;

– les conditions d'habitat pour les applications « Inefficacité énergétique des logements » et « Bruit de chantier » ;

– les modes de vie individuels pour l'application « Activité physique dans l'espace public ».

Figure 5 – Les déterminants de santé



Source : Presses de l'École des hautes études en santé publique, 2015. Agir sur les déterminants de la santé : les actions des Villes-Santé

Note : le choix de chaque application est davantage explicité dans les parties dédiées aux applications (voir section 2 à 5 *infra*).

1.2. Principes d'élaboration des outils

Pour construire des outils d'évaluation socioéconomique opérationnels pour chaque application, des **groupes thématiques** ont été constitués (voir Annexe 2). Ils rassemblent des experts aux profils variés et dont l'expertise porte sur :

– les projets d'investissement public ou les politiques publiques étudié(e)s (par exemple, la connaissance des Papi ou des politiques de rénovation énergétique) ;

– les liens entre le projet ou la politique étudié(e) et les déterminants de santé (par exemple, la connaissance de l'impact d'un chantier sur l'exposition au bruit) ;

– les liens entre les déterminants de santé identifiés et des effets sur la santé (par exemple, la connaissance des liens entre bruit et santé ou entre activité physique et santé).

Pour rappel, les outils élaborés doivent être **simples d'utilisation et partagés par les acteurs**. Ils sont destinés soit aux maîtres d'ouvrage (et aux bureaux d'étude qui les accompagnent) pour l'évaluation socioéconomique de leur projet, en réponse à l'obligation d'évaluation socioéconomique introduite par la loi de programmation des finances publiques du 31 décembre 2012, soit aux services de l'État pour évaluer une politique publique.

Aussi, les groupes thématiques se sont efforcés de produire des outils dans le **respect de plusieurs principes** communs définis par la présidence du groupe de travail :

- **rigueur scientifique.** La première étape de travail de chaque groupe thématique a consisté en une revue de la littérature. Un état des connaissances est ainsi proposé pour chaque application et les groupes thématiques se sont largement appuyés sur les enseignements qu'ils ont pu en tirer pour élaborer les outils ;

- **transparence des discussions et adhésion de l'ensemble des membres du groupe thématique.** Les démarches de construction des outils d'évaluation clés en main reposent nécessairement sur des hypothèses, compte tenu des incertitudes entourant les différentes étapes de construction des outils. Suivant une démarche de co-construction, tous les choix ont été discutés lors des réunions, et les discussions sont retranscrites en toute transparence dans le rapport pour que le processus de production des outils puisse lui aussi être contesté. Chaque fois, un consensus a été recherché, et les propositions alternatives sont reprises dans les pistes d'amélioration (voir le principe de démarche d'amélioration continue ci-dessous) ;

- **proportionnalité.** Les efforts consentis pour la construction des outils par le groupe de travail et à consentir lors de l'utilisation des outils par les évaluateurs ont été, dans la

mesure du possible, dimensionnés à la taille de l'enjeu évalué (envergure géographique, contexte politique, coût, etc.) ;

- **opérationnalité**. Le travail ne s'est pas limité à l'élaboration d'une méthode d'évaluation socioéconomique d'effets de santé de projets d'investissement public ou de politiques publiques. Pour faciliter l'application de la méthode et minimiser les risques d'erreur, les groupes thématiques ont proposé, lorsque c'était pertinent, des outils clés en main, accompagnés de notices explicatives précisant leur mode d'utilisation ;

- **facilité et gratuité de l'accès aux données**. Pour que l'utilisation des outils développés par le groupe de travail ne constitue pas une barrière à l'entrée pour certains porteurs de projet, bureaux d'études ou services de l'État, les outils ont été conçus de manière à pouvoir être utilisés à partir de données facilement accessibles et gratuites. Lorsque cela était pertinent, la possibilité pour le porteur de projet de valoriser les informations et / ou données à sa disposition a aussi été offerte ;

- **validité des résultats en France.** Lors des revues de la littérature, une attention particulière a été portée aux conditions de transfert de résultats obtenus à l'étranger au contexte français, afin d'assurer la pertinence des outils à l'échelle nationale ;

- **prise en compte de l'incertitude.** Les groupes thématiques ont, chaque fois que c'était pertinent, raisonné à l'aide d'intervalles ou proposé des analyses complémentaires ou de sensibilité ;

- inscription dans une **démarche d'amélioration continue.** Dès que possible, les groupes thématiques ont prévu la possibilité de réviser les valeurs introduites dans les outils. Les outils sont ainsi évolutifs pour prendre en compte la progression dans le domaine et assurer que les valeurs et paramètres restent en phase avec la réalité sociale (préférences, données épidémiologiques, coûts, etc.) et les avancées dans la connaissance. Des recommandations de travaux à mener ou de données à collecter ou à mobiliser pour faire évoluer ces connaissances sont également formulées en conclusion de chaque application.

De manière à faire progresser le calcul socioéconomique en santé-environnement, au-delà des quatre applications retenues ici, les groupes de travail dédiés aux applications (groupes thématiques) se sont appuyés sur un **groupe transversal** (voir Annexe 2) qui avait pour mandat de formuler des recommandations applicables quel que soit le domaine d'application (par exemple, l'estimation des coûts médicaux ou des coûts intangibles sur la base des choix décrits dans le Chapitre 1).

2. Inondations

2.1. État des connaissances des effets sur la santé des inondations et de leur évaluation monétaire

2.1.1. Enjeux autour des Programmes d'actions de prévention des inondations (Papi)

Les inondations : premier risque naturel en France

Submersions temporaires par l'eau de terres qui ne sont pas inondées en temps normal, les inondations représentent en France le **premier risque naturel** (plus ou moins influencé par l'activité humaine)**.** Elles menacent des vies, des habitations, des emplois, et tous les territoires sont concernés. Pour la seule France métropolitaine (le risque inondation est tout aussi présent dans les territoires d'outre-mer), d'après l'évaluation préliminaire des risques d'inondation réalisée par l'État en 2011 (DGPR, 2011) :

– 17,1 millions d'habitants (soit un Français sur quatre) et plus de 9 millions d'emplois (soit un sur trois) sont exposés au risque d'inondation par débordement de cours d'eau ;

– 1,4 million d'habitants et plus de 850 000 emplois sont exposés au risque de submersion marine.

L'origine de la submersion peut en effet être différente selon les caractéristiques du territoire concerné : débordement de cours d'eau ou de lac, remontée de nappes, ruissellement urbain ou agricole, submersion marine, rupture ou défaillance d'un barrage, etc. L'aléa peut ainsi être caractérisé par des variables différentes telles que la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement et / ou de montée des eaux, la durée de submersion, la salinité, la turbidité, etc. Les événements d'inondation sont aussi **très variables** du point de vue de leur extension (d'une commune jusqu'à plusieurs grands bassins hydrographiques) et de leur durée (de quelques heures à quelques mois). Les crues peuvent être rapides (en montagne ou dans les territoires méditerranéens en particulier) ou lentes (dans les plaines).

Parmi les **événements remarquables** des dernières années, on retient les inondations de février 2021 dans le Sud-Ouest, la tempête Alex d'octobre 2020 dans les Alpes-Maritimes, les crues d'octobre 2018 dans l'Aude, les inondations de mai-juin 2016 dans les régions Centre et Île-de-France, celles d'octobre 2015 dans les Alpes-Maritimes, ou encore la tempête Xynthia en février 2010.

Ces événements engendrent des dommages importants. Le **coût annuel moyen des dommages** causés par les inondations, assurés au titre du régime « Catastrophes naturelles », s'élève à 520 millions d'euros selon la Caisse centrale de réassurance (CCR). Il pourrait augmenter de 50 % d'ici 2050 du fait de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité des événements (contribution à hauteur de 35 %) et de l'élévation du niveau de la mer et de la concentration des populations dans les zones à risque (15 %) (CCR et Météo-France, 2018).

Les Papi : un outil de gestion du risque inondation sur les territoires

Arrêtée par les ministères chargés de l'environnement, de l'intérieur, de l'agriculture et du logement en octobre 2014, la **Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation** (SNGRI) poursuit trois objectifs : augmenter la sécurité des populations exposées, stabiliser à court terme et réduire à moyen terme le coût des dommages liés aux inondations, et raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

Les **Programmes d'actions de prévention des inondations** (Papi) constituent l'un des principaux outils opérationnels de mise en œuvre de la SNGRI au niveau des territoires. Ils mobilisent l'ensemble des axes de la gestion des risques d'inondation (voir Encadré 7) à travers une contractualisation entre l'État et les collectivités territoriales sur une durée de six ans en vue de garantir la sécurité des personnes et des biens, d'améliorer la résilience des territoires et de protéger l'environnement et le patrimoine culturel. Sur la période 2011-2020, 200 Papi complets ont été labellisés pour un montant total d'environ 2,34 milliards d'euros[1].

Encadré 7 – Les Programmes d'actions de prévention des inondations (Papi)

Portés par les collectivités territoriales, les Papi mobilisent l'ensemble des axes de la gestion des risques d'inondation, à savoir :

Axe 1 : l'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque (par exemple, l'organisation des retours d'expérience) ;

Axe 2 : la surveillance, la prévision des crues et des inondations (par exemple, les nouvelles stations d'hydrométrie) ;

Axe 3 : l'alerte et la gestion de crise (par exemple, les. plans communaux de sauvegarde) ;

[1] Ministère de la Transition écologique (2021), « Prévention des inondations », 30 juillet.

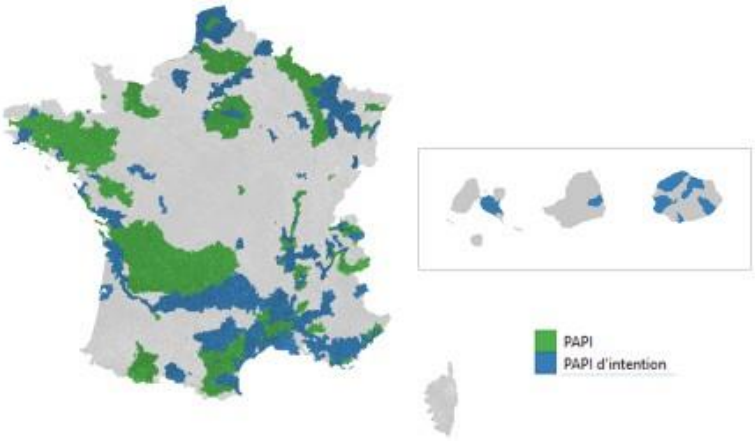
Axe 4 : la prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme (par exemple, la mise à jour des documents d'urbanisme) ;

Axe 5 : les actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens (par exemple, les travaux sur les habitations) ;

Axe 6 : la gestion des écoulements (par exemple, la rétention des eaux à l'amont) ;

Axe 7 : la gestion des ouvrages de protection hydrauliques (par exemple, les travaux relatifs aux systèmes d'endiguement).

Figure 6 – Papi labellisés



Note : la démarche d'élaboration d'un Papi comporte en général deux étapes : 1/ l'élaboration d'un Papi d'intention (réalisation d'un diagnostic complet du fonctionnement du bassin et de la nature des risque encourus, élaboration d'une stratégie d'action globale, et constitution d'un programme d'actions selon différents axes pré-identifiés) et 2/ l'élaboration d'un Papi complet (construction d'un programme d'actions, sur la base des investigations menées dans le cadre du Papi d'intention).

Source : site du MTE

2.1.2. Les effets sur la santé des inondations

Nature des effets sur la santé post-inondation

Bien que la mise en sécurité des personnes constitue l'un des objectifs clés de la politique nationale de prévention des inondations, les dommages sanitaires des inondations restent significatifs et leur prise en compte encore insuffisante. Les impacts sur la santé des inondations sont peu renseignés dans les retours d'expérience (REX) post-inondation et les principaux enseignements sont issus de rapports d'organismes internationaux ou de travaux scientifiques.

- **Mortalité**

Plusieurs types de décès peuvent être attribués à une inondation. Il peut s'agir (Jakubicka *et al*., 2010) :

– de **morts violentes** par noyade ou asphyxies (représentant environ deux tiers des décès liés aux inondations)[1], ou des suites d'une attaque cardiaque, d'une hypothermie, d'un trauma, d'un accident de voiture ou d'une électrocution ;

  Par exemple, en France, le bilan de la tempête Alex d'octobre 2020 est de dix morts, quinze personnes ont perdu la vie lors des inondations dans l'Aude, l'Hérault et le Tarn en octobre 2018, tandis que le bilan humain de la crue de la Seine au printemps 2016 est de quatre morts. Plus lointaines, la tempête Xynthia en février 2010 et les inondations du Var du printemps 2010 ont coûté la vie à respectivement 47 et 25 personnes.

– de **morts non violentes** causées essentiellement par une maladie cardiorespiratoire (hypertension, aggravation de l'asthme…), elle-même liée à l'inondation et à ses conséquences (par exemple des moisissures qui peuvent se développer dans les bâtiments ayant été inondés).

- **Morbidité physique**

Concernant la morbidité, on identifie parmi les **effets *directs*** d'une inondation (Jakubicka *et al*., 2010 ; Verger *et al.,* 2005) :

– des **hypothermies** (lorsque la température de l'eau est inférieure à 24 °C) ;

– des **blessures** de type contusions, coupures, blessures par perforation, etc. provoquées le plus souvent lorsque la personne cherche à fuir le danger, à porter secours à quelqu'un ou à mettre en sécurité des effets personnels ;

– des **maladies et infections transmissibles** telles que des irritations et infections de la peau, des oreilles, du nez et de la gorge, ou des symptômes respiratoires ;

– des **épidémies**, notamment des maladies d'origine hydrique (diarrhées microbiennes, hépatite A, etc.) ;

– et des **maladies chroniques** comme des troubles cardiaques, de l'hypertension artérielle, des maladies rénales, ou des maladies respiratoires chroniques (asthme aggravant notamment).

[1] Selon une étude recensant 13 inondations faisant 247 décès en Europe et aux États-Unis, dans Jonkman et Kelman, 2005.

Par ailleurs, des **effets physiques indirects et différés** existent également et sont liés :

– aux morsures d'animaux (l'inondation poussant les animaux à quitter leur habitat naturel ; Verger *et al.*, 2005) ;

– aux opérations de nettoyage après l'inondation : principalement des intoxications au monoxyde de carbone liées aux appareils utilisés pour pomper et déshumidifier (Menne *et al.,* 2013) et des blessures causées par l'instabilité des bâtiments ou par la présence de câbles électriques (Ahern *et al.,* 2005) ;

– au fait d'habiter dans un lieu insalubre. Une exposition excessive à des moisissures peut en effet affecter la santé des personnes les plus sensibles (allergies, irritations et inflammations, etc.).

On note également que les incidences sanitaires d'une inondation peuvent être **majorées** dès lors que le système de soins est fragilisé du fait de l'inondation (par exemple, les effets sur la santé causés par une interruption ou un retard dans des soins réguliers), soit en raison d'un surcroît du nombre de patients à la suite de l'inondation, soit parce que les infrastructures médicales sont elles-mêmes endommagées par l'inondation.

- **Morbidité psychologique**

Aux effets « physiques » s'ajoute l'**impact** significatif des inondations **sur la santé mentale** au sens large du terme, c'est-à-dire non pas seulement les troubles mentaux mais aussi le bien-être des individus, conformément à la définition du concept de santé de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Subir une inondation, c'est en effet risquer d'être blessé, de faire face à la perte d'un proche, d'être privé de certains services (électricité, chauffage, etc.), d'être évacué et confronté aux pillages, de connaître des dommages matériels et une perte de biens à valeur sentimentale, de devoir effectuer des démarches d'indemnisation, de devoir entreprendre des opérations de nettoyage et de remise en état, etc. À titre d'exemple, lors de l'inondation de la Seine en mai et juin 2016, plus de 20 000 foyers ont été privés d'électricité dans les départements les plus touchés, et plus de 15 000 personnes ont été évacuées. Tous ces événements sont susceptibles d'être à l'origine de stress.

Un état de stress survient « lorsqu'il y a un déséquilibre entre la perception qu'une personne a des contraintes que lui impose son environnement et la perception qu'elle a de ses propres ressources pour y faire face[1] ». Toute catastrophe naturelle est un facteur de stress dont les composantes sont « l'événement en lui-même, la rupture de la vie normale, l'inquiétude liée à l'éventualité du renouvellement de l'événement, l'ignorance

[1] Définition de l'Agence européenne pour la sécuité et la santé au travail.

quant aux possibilités d'un retour à la vie normale qui pèse sur les membres de la famille » (Colbeau-Justin *et al.,* 2003).

Les études françaises mesurant l'impact psychopathologique des catastrophes naturelles ont montré une **prévalence accrue des symptômes d'état de stress post-traumatique** (ESPT)[1] deux à cinq ans après ces événements (Verger *et al.*, 2005). Sur la base de quinze études à l'échelle internationale, les taux d'ESPT s'échelonnent de 6,8 % à 43,1 %, avec une moyenne à 20,75 %. Par ailleurs, les troubles de santé mentale sont rarement isolés (Verger *et al*., 2005 ; McMillen *et al.,* 2002). La littérature (entre autres Jakubicka *et al.,* 2010 et Tapsell, 2009) mentionne des réactions émotionnelles (sentiments de culpabilité ou d'impuissance, peur, colère, pensées suicidaires, etc.), des réactions cognitives (difficultés de concentration, changements d'humeur, etc.), des réactions physiques (fatigue, insomnies, perte d'appétit, etc.) et des changements dans les relations interpersonnelles (isolement, irritabilité, tensions dans les relations humaines, etc.). L'usage de produits psychoactifs (tabac, alcool, psychotropes) est également une réponse connue à une expérience traumatique (Six *et al.,* 2008).

Les déterminants des effets sur la santé des inondations

- **Mortalité**

La mortalité lors d'une inondation est tout d'abord déterminée par la capacité des personnes à résister à l'eau (« **vulnérabilité passive** »). Parmi les caractéristiques de l'aléa, la hauteur d'eau constitue par conséquent un facteur de risque essentiel des décès par noyade, et ce plus particulièrement lorsque la vitesse d'écoulement est élevée (Jonkman, 2007). Des caractéristiques de l'individu peuvent également être déterminantes. La capacité des personnes à résister à l'eau est en effet aussi directement liée à l'état de santé et à l'âge de la personne. Cela explique une surreprésentation des personnes âgées de 60 ans et plus parmi les victimes des inondations (Vinet *et al*., 2011). La capacité de protection est un deuxième élément déterminant. Elle est directement liée aux caractéristiques du logement, et renvoie à la capacité du bâti à protéger les personnes par la présence d'un étage refuge ou d'une évacuation de toit par exemple (Vinet *et al*., 2011).

Au-delà de la vulnérabilité qualifiée de « passive », la littérature met en évidence un facteur de **vulnérabilité dite « active »**, à savoir la prise de risque. Il est en effet admis que les décès causés lors d'une inondation sont en premier lieu associés à un comportement jugé risqué et au fait de se trouver dans un véhicule pour une raison autre que l'évacuation (Lowe *et al*., 2013). En plus de la surreprésentation des hommes parmi les secouristes,

[1] Syndrome se développant après l'exposition à un ou plusieurs événements traumatiques qui s'articule autour de quatre types de symptômes : reviviscences, évitement, altération négative des cognitions et de l'humeur et altération marquée de l'éveil et de la réactivité.

une exposition plus forte des hommes dans les décès liés à la mobilité et une prise de risque plus importante de ces derniers dans les périodes de crise expliquent la surreprésentation masculine parmi les victimes d'une inondation (d'après Vinet 2017, entre 60 % et 80 % selon les sources). La connaissance du territoire et des aléas auxquels il est soumis peut également être associée à un moindre respect des consignes de sécurité et donc à une prise de risque plus importante[1] (Ruin, 2007, cité dans Vinet *et al.,* 2011), impliquant que l'origine géographique des individus (résidents *versus* touristes notamment) n'est pas déterminante face au risque de mortalité. Ce résultat est alors contre-intuitif si l'on croyait les résidents moins vulnérables parce que davantage préparés.

- **Morbidité physique**

Ni le genre ni l'âge ne semblent être des variables déterminantes pour la morbidité attribuable à une inondation. Si les hommes font davantage appel au système de santé post-inondation, il n'est en effet pas démontré que les effets sur la santé sont plus importants chez les hommes que chez les femmes (Lowe *et al.,* 2013). De la même façon, les personnes âgées sont plus susceptibles de juger leur état de santé comme très mauvais à la suite d'une inondation selon Steinführer et Kuhlicke (2007) (cité dans Lowe *et al*., 2013), mais aucune différence significative d'âge n'a, par exemple, été observée entre les personnes blessées et l'ensemble de la population inondée lors de l'inondation de Nîmes en 1988 (Duclos *et al*., 1991, cité dans Lowe *et al.,* 2013).

En revanche, comme pour la mortalité, la capacité de protection du bâti (présence d'un étage refuge par exemple) est, de façon évidente, un élément déterminant pour la morbidité physique (blessures), tout comme l'est la hauteur d'eau ou la vitesse d'écoulement. De la même façon, la connaissance du risque – à travers le niveau de prise de risque qu'elle provoque – est également un déterminant des effets de type blessures.

Concernant plus précisément les maladies gastro-intestinales, Lowe *et al.* (2013) concluent, à partir de leur revue de littérature, qu'un mauvais état de santé initial, le fait d'être blessé lors de l'inondation (coupures, égratignures, etc.) et le raccordement au système public d'approvisionnement en eau apparaissent comme étant des facteurs de risque. L'effet de l'âge et du genre n'est pas établi. Pour les maladies respiratoires post-inondation, un faible revenu est un facteur de risque, tandis que l'âge et le sexe ne sont pas déterminants selon Jimenez *et al*. (2013) (cité dans Lowe *et al.,* 2013). L'effet du revenu est susceptible de capter l'effet de la capacité financière à faire face aux travaux de nettoyage et de remise en état nécessaires pour minimiser les traces d'humidité à l'origine des symptômes respiratoires.

[1] Dans certains cas, le besoin de modifier sa perception du risque pour mieux vivre – on parle d'illusions positives dans la théorie de l'adaptation cognitive – peut expliquer la sous-évaluation du risque chez les personnes vivant dans une région à risques (Silva, 1998 cité dans Colbeau-Justin *et al*., 2003).

- **Morbidité psychologique**

L'idée selon laquelle les femmes sont plus susceptibles d'être affectées psychologiquement à la suite d'une inondation semble faire consensus dans la littérature (Dai *et al.,* 2016, Mason *et al.,* 2010, Paranjothy *et al*., 2011, Verger *et al.,* 2003). À long terme, le différentiel hommes-femmes est cependant plus faible qu'à court terme, ce qui conduit à penser que les femmes se remettent plus vite (Defra, 2005 ; Bennet, 1970 cité dans Maltais *et al*., 2000).

Les troubles psychologiques sont par ailleurs plus importants pour les personnes à bas revenus (notamment Lamond *et al.,* 2015) et chez les inactifs (Paranjothy *et al.,* 2011). Le fait d'être locataire est également susceptible d'être un facteur de risque de troubles psychologiques (Tunstall *et al.,* 2006, cité dans Lowe *et al.,* 2013), notamment parce que les locataires sont dépendants des propriétaires pendant la phase de remise en état (Rufat *et al*., 2015). Enfin, être assuré contre les inondations ne permet pas d'éviter tout impact psychologique en raison des difficultés rencontrées dans les démarches avec les assureurs et de l'incertitude quant aux montants des indemnisations (Foudi *et al*., 2017). L'effet du niveau d'éducation ne fait quant à lui pas consensus selon la revue de littérature de Lowe *et al*. (2013).

De la même façon, l'effet de l'âge sur l'apparition de troubles psychologiques à la suite d'une inondation n'est pas clair. En effet, un âge plus élevé est synonyme d'une plus grande expérience et connaissance des moyens de faire face, ainsi que parfois d'un entourage plus nombreux, mais il s'accompagne aussi de multiples responsabilités et de pressions indépendamment de la survenue de l'inondation. Si l'expérience et le support dont peut bénéficier une personne plus âgée jouent en faveur d'une moindre vulnérabilité psychologique, le poids des responsabilités joue en sens inverse, et l'effet de l'âge reste donc ambigu (Tapsell, 2009). Par ailleurs, l'âge et l'état de santé peuvent être corrélés ; et Mason *et al.* (2010) montrent qu'un état de santé dégradé est associé à un risque plus élevé d'impact psychologique. Par ailleurs et en lien avec le rôle des responsabilités dans l'apparition de troubles psychologiques, la structure du ménage influence la vulnérabilité psychologique. Alors qu'être parent augmente la réponse psychologique à un traumatisme, les enfants favorisent dans le même temps la résilience en facilitant la reprise des liens sociaux (Rufat, 2017). Enfin, se savoir dans une zone inondable est associé à une moindre dégradation de la santé mentale (Foudi *et al*., 2017).

Lowe *et al.* (2013) concluent par ailleurs, à l'issue de leur revue de littérature, que des antécédents psychologiques sont un facteur de risque de développer des troubles psychologiques à la suite d'une inondation. Les travaux de Moinzadeh (1999) (cités dans Colbeau-Justin *et al.,* 2003) ont en effet montré que la « re-traumatisation » a un effet fragilisant qui rend plus vulnérables les personnes victimes d'un traumatisme supplémentaire.

Enfin, les caractéristiques en tant que telles de l'inondation apparaissent comme étant des facteurs de risque uniquement indirects pour la morbidité psychologique, exception faite de la hauteur d'eau pour laquelle une relation croissante avec différents troubles mentaux peut être observée (Lowe *et al.,* 2013 ; Fernandez *et al.,* 2015 ; Waite *et al.,* 2017). Les troubles psychologiques sont en effet davantage reliés à des événements causés par l'inondation (par exemple les dommages matériels ou l'évacuation) plutôt qu'aux caractéristiques de l'inondation en tant que telles.

Méthode de quantification des effets sur la santé des inondations

La construction de fonctions exposition-risque, utiles pour quantifier *ex ante* des effets de santé, **rencontre plusieurs difficultés dans le domaine des inondations** :

- côté variables expliquées :

– **peu d'informations sont fournies dans les REX post-inondation au-delà des décès, et il n'existe pas, à notre connaissance, de chiffrage de l'ensemble des décès occasionnés par les inondations à une échelle nationale**. La base de données internationale EM-DAT constitue l'outil le plus complet à notre connaissance[1]. Elle recense les décès liés aux catastrophes, dont les inondations. L'utilisation de cette base présente toutefois des limites dans la mesure où les chiffres restent sous-estimés puisqu'un événement n'est renseigné dans la base de données que s'il remplit au moins l'un des critères suivants : au moins 10 décès, au moins 100 personnes affectées, déclaration d'état d'urgence ou appel à l'aide internationale ;

– **les effets sanitaires de long terme des inondations peuvent parfois être difficilement identifiables.** À la suite d'une catastrophe, les personnes qui se savent ou se sentent exposées quittent en effet souvent spontanément le secteur dans lequel elles ont subi l'inondation. Ces mouvements de population dépendent du niveau et de la durée d'exposition, de la façon avec laquelle les personnes perçoivent les risques et des conséquences socioéconomiques de la catastrophe. Ils rendent complexe le recours à l'approche géographique et rendent difficile la « traçabilité » de la population (Verger *et al.,* 2005) et par conséquent la réalisation d'enquêtes de cohorte pour lesquelles la population ayant subi l'inondation doit être identifiée ;

- côté variables explicatives, la diversité des mesures de l'exposition à une inondation rend difficile la collecte de données homogènes. En effet, l'exposition peut être appréciée à l'aide d'un ensemble de variables traduisant la vitesse à laquelle l'eau est montée, la hauteur d'eau, la durée de submersion, la surface inondée, ou encore l'ampleur de

[1] D'autres bases peuvent être consultées : Mendeley Data pour la région méditerranéenne entre 1980 et 2015 ; The Flood Observatory depuis 2020, à l'échelle internationale.

conséquences de l'inondation (montant des dommages matériels, pertes humaines, etc.) ou tout simplement la localisation ou non de l'habitation en zone inondée ;

- côté variables de contrôle, en plus de variables sociodémographiques (âge, sexe…), les comportements à prendre en compte sont multiples (ceux des personnes sinistrées, mais aussi ceux des personnes qui interviennent pour porter secours, qu'il s'agisse ou non de professionnels) et peuvent être qualifiés de diverses manières.

Seuls des **indices de vulnérabilité**[1] ont ainsi, à l'heure actuelle et à notre connaissance, été construits. Ils permettent de mieux cibler les catégories de personnes auprès desquelles il est le plus urgent d'intervenir face au risque d'inondation. Ces indices (par exemple le *Social Flood Vulnerability Index* du Flood Hazard Research Centre au Royaume-Uni, *Social Vulnerability Index* de Fekete (2009) en Allemagne, Indice de vulnérabilité intrinsèque extrême (noté indice V.I.E) de Creach (2015) en France) offrent une mesure de l'intensité du lien entre inondation d'une part et état de santé à l'échelle individuelle ou collective d'autre part. Toutefois, la vulnérabilité n'ayant pas d'unité de mesure, ces indices ne permettent pas d'exprimer *ex ante* l'impact sur la santé d'une inondation en nombre de cas (nombre de décès, nombre de blessures, de maladies respiratoires, etc.).

2.1.3. L'évaluation monétaire des effets de santé des inondations

Le coût des impacts sur la santé des inondations

En France, seul Delavière (2009) a cherché à évaluer, en euros, le coût de l'impact psychologique d'une inondation. L'auteur chiffre **l'impact financier pour l'Assurance maladie des conséquences psychologiques faisant suite aux inondations du Gard de 2002 à hauteur d'environ 230 000 euros**. À l'aide de données de la Cellule interrégionale d'épidémiologie récoltées sur trois semaines suivant l'inondation du Gard du 8 au 10 septembre 2002 et sur deux périodes de référence de trois semaines en juin 2002 et septembre 2003, un risque relatif est estimé pour la délivrance d'un nouveau traitement psychotrope (anxiolytiques et / ou hypnotiques, accompagnés le cas échéant d'antidépresseurs en première intention) et pour la délivrance d'un nouveau traitement par antidépresseurs en deuxième intention (faisant suite à une délivrance d'anxiolytiques et / ou d'hypnotiques) :

[1] La vulnérabilité s'exprime en termes de capacité limitée à anticiper, gérer, résister et se remettre des impacts d'un risque naturel. Une personne est jugée vulnérable dans un contexte particulier (Tunstall *et al.*, 2007, cité dans Tapsell, 2009), impliquant ainsi que les déterminants de la vulnérabilité sont multiples, et peuvent être propres à la personne, mais aussi à son environnement (son logement, sa communauté, le risque subi…). Leur unité est donc variable. En agrégeant plusieurs critères dont l'unité de mesure diffère, la création d'un indice permet de mesurer la façon avec laquelle différentes personnes sont concernées par plusieurs critères. À l'aide d'une note globale attribuée à chaque personne, il est ainsi possible d'effectuer des comparaisons interpersonnelles.

> « Rapportée aux données de population du Gard du recensement 1999 de l'Insee, l'augmentation de l'incidence des prescriptions se traduit par une augmentation de 953 personnes consommatrices de psychotropes au-delà de ce que l'on observe habituellement. Parmi elles, 141 personnes ont consommé en plus de ce traitement des antidépresseurs. »

Les coûts ont ensuite été estimés à partir des prix et modalités de remboursement de l'époque pour les produits les plus prescrits, à hauteur de 167 euros pour une personne traitée uniquement par anxiolytiques et / ou hypnotiques et à hauteur de 526 euros pour un traitement (supplémentaire) par antidépresseurs.

Les bénéfices de santé des projets de gestion des inondations

Des travaux au Royaume-Uni, présentant les résultats de quatre analyses coûts-bénéfices de projets de prévention des inondations, montrent que les dommages intangibles (pertes de bien-être) pèsent peu relativement aux dommages matériels, mais que l'amélioration du ratio bénéfices / coûts attribuable à la prise en compte des bénéfices intangibles est d'autant plus grande que la mesure de prévention est efficace et que prendre en compte ces bénéfices intangibles peut conduire à choisir une politique plus protectrice que lorsque ces bénéfices ne sont pas considérés (Defra, 2005). Ces bénéfices sont évalués à partir d'un consentement à payer (CAP).

Dans leur revue des évaluations contingentes et expériences de choix menées dans le contexte d'une inondation, Champonnois et Chanel (2016) identifient :

- trois études proposant de valoriser uniquement, en théorie, les effets intangibles (voir le haut du Tableau 4 ci-dessous). Dans la pratique, les valeurs obtenues semblent couvrir un périmètre plus large que les seuls effets intangibles post-inondation, malgré les précautions prises dans les questionnaires :
  - dans Defra (2005) par exemple, « éviter le stress décrit » ne constitue la raison principale d'un CAP positif que pour 39 % des personnes interrogées ; la deuxième raison la plus souvent évoquée étant « éviter les dommages mobiliers et immobiliers » (pour 25 % des personnes interrogées). Une certaine difficulté à donner une valeur à quelque chose d'intangible comme du stress, soulevée également dans Joseph *et al.* (2015), peut expliquer ce résultat ;
  - dans Joseph *et al*. (2015) et Owusu *et al*. (2015), ce sont des mesures de protection individuelles contre les inondations qui sont évaluées. Dans ce contexte, les répondants sont susceptibles de valoriser également le fait de se savoir exposé au risque d'inondation (par exemple, inquiétude quant au fait de devoir être relogé en cas d'inondation) ;

- trois études proposant à la fois un scénario « assurance » de valorisation (seulement) des effets tangibles et un scénario « travaux de protection » de valorisation des effets totaux tangibles et intangibles (voir le bas du Tableau 4). La différence de CAP obtenus entre scénarios ne peut cependant pas être interprétée comme étant la valeur des effets intangibles, compte tenu des spécificités des scénarios qui influencent le CAP : d'une part, l'assurance est un bien privé alors que les travaux de protection sont des biens publics et, d'autre part, la certitude du résultat d'une assurance n'est pas la même que pour des travaux[1].

Tableau 4 – Revue des évaluations contingentes dans le domaine des inondations

Auteur	Pays	N	Format enquête	Bénéficiaires	Effets	Moy. ann. CAP (€)
Defra (2005)	Angleterre	1510	PC	Particuliers	Intangible	236-314
Hung (2005)	Taïwan	405	SB	Particuliers	Tangible	108-145
Abbas *et al.* (2004)	Pakistan	250	DB	Particuliers	Tangible	7.3
Jospeh *et al.* (2015)	Angleterre	243	OE	Particuliers	Intangible	850
Owusu *et al.* (2015)	Écosse	246	OE	Particuliers	Intangible	1037
Shabman *et al.* (1998)	États-Unis	74	PC	Collectivités	Les deux	47-140
Novotny *et al.* (2001)	États-Unis	1000	SB	Collectivités	Les deux	97
Grelot (2004)	France	213	SB	Collectivités	Les deux	46-58
Zhai *et al.* (2006)	Japon	428	PC	Collectivités	Les deux	26-41
Glenk et Fischer (2010)	Écosse	1033	PC	Collectivités	Les deux	67
Deronzier et Terrra (2006)	France	500	DB/OE	Particuliers/ collectivités	Les deux	41.1/40.8
Chanel *et al.* (2013)	France	599	PC	Particuliers/ collectivités	Les deux	107/103
Ghanbarpour *et al.* (2014)	Iran	83	OE	Particuliers/ collectivités	Les deux	36/45

Format de l'enquête : DB : double-bounded dichotomous choice (« choix dichotomique doublement délimité ») ; OE : opend-ended (« à durée indéterminée ») ; PC : payment card (« carte de paiement ») ; SB: single-bounded dichotomous choice (« choix dichotomique à limite unique ») ; N : Sample size (« taille de l'échantillon »).

Source : Champonnois et Chanel (2016)

[1] Les travaux de protection permettent, avec une certaine probabilité de « réussite », d'éviter les dommages, tandis que l'assurance permet, de façon certaine, d'être compensé pour les dommages qui seront quoiqu'il en soit subis.

2.2. Élaboration d'une méthode pour intégrer les dommages psychologiques à l'évaluation socioéconomique des Papi

2.2.1. Opportunités

En France, pour bénéficier des subventions de l'État (au titre du fonds de prévention des risques naturels majeurs, appelé Fonds Barnier), les Papi dont les mesures structurelles (axes 6 et 7, voir Encadré 7 plus haut) ont un coût qui **dépasse 2 millions d'euros hors taxes doivent faire l'objet d'une évaluation socioéconomique**. Réalisée par les porteurs de projet, l'évaluation est jointe au dossier examiné par la Commission mixte inondation qui décide de la labellisation du Papi.

Afin d'être en mesure de comparer les projets à l'échelle du territoire national sur une base méthodologique commune et objective, le ministère de la Transition écologique a développé une **méthode d'évaluation socioéconomique de référence, qui consiste en une analyse coûts-bénéfices au-delà de 2 millions d'euros et en une analyse multicritère (dite « AMC inondation ») au-delà de 5 millions d'euros** (voir CGDD, 2018 et 2019).

L'AMC inondation est appliquée dans des **délais contraints** et **mobilise des données nombreuses et variées** : en plus des variables relatives au projet évalué (coût, dimensionnement, calendrier, etc.), des données relatives à l'aléa (modélisations hydrauliques) et d'autres relatives aux enjeux présents sur le territoire doivent être collectées. Si, dans la méthode actuelle, les **indicateurs de dommages monétaires** ne portent « que » sur les logements, les activités économiques, les établissements publics et les activités agricoles, des **indicateurs non monétaires** complètent la portée de l'analyse en renseignant l'incidence du projet sur d'autres composantes du territoire pour lesquelles l'état actuel des connaissances ne permet pas soit de quantifier l'impact du projet sur l'enjeu (santé des populations, environnement, etc.) soit d'attribuer une valeur monétaire à cet impact (emploi, patrimoine, etc.) (voir les indicateurs P et S du Tableau 5).

Dans cette méthode, la dimension humaine n'est prise en compte qu'à travers les indicateurs non monétaires P1 à P4 (par exemple, P1 = Nombre de personnes habitant en zone inondable). Ces indicateurs permettent de traduire combien de personnes sont exposées aux inondations avant et après projet, et non pas la façon dont la santé des personnes est affectée par l'inondation.

Parmi l'ensemble des effets potentiels sur la santé que peut provoquer une inondation, les effets psychologiques sont pressentis comme étant les plus importants. Les travaux scientifiques menés ces dernières années montrent en effet qu'une part non négligeable de la population concernée souffre de troubles psychologiques à la suite d'une inondation, y compris à moyen et long terme. Dans la même veine, Fewtrell et Kay (2008) montrent à partir d'études de cas réalisées en Angleterre que, du fait de leur durée et de leur impact sur

d'autres impacts sanitaires chroniques, les impacts psychologiques (dépression, anxiété, trouble de stress post-traumatique) représentent plus de 80 % des années de vie corrigées par l'incapacité (*Disability Adjusted Life Years*) perdues attribuables aux inondations (le reste étant attribuable à la mortalité, aux blessures et aux autres symptômes physiques).

Tableau 5 – Indicateurs de l'analyse mono-scénario de l'AMC des Papi

Objectifs	Axes de la DI	N°	Indicateurs élémentaires
Générer des bénéfices	Santé humaine	P1	Nombre de personnes habitant en ZI et part communale
		P2	Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en ZI par commune
		P3	Capacité d'accueil des établissements sensibles
		P4	Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise situés hors et en ZI
		S1	Alimentation en eau potable : nombre de personnes desservies par des captages situés en ZI
		S2	Capacités d'hébergement communales hors ZI en cas de nécessité d'évacuation
	Économie	M1	Dommages aux logements
		M2	Dommages aux entreprises
		M3	Dommages aux activités agricoles
		M4	Dommages aux établissements publics
		M5	Dommages indirects aux réseaux routiers
		P5	Trafic journalier des réseaux de transport en ZI
		P6	Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées
		P7	Nombre d'emplois en ZI
		S3	Nombre de postes énergie et télécommunication en ZI
	Environnement	P8	Stations de traitement des eaux usées en ZI : charge journalière entrante en moyenne annuelle
		P9	Déchets : capacités de traitement et de stockage en ZI
		P10	Nombre de sites dangereux en ZI
		S4	Espaces naturels protégés : superficie d'espaces protégés en ZI
	Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et surface de sites remarquables en ZI
		S5	Nombre annuel de visiteurs dans les musées en ZI
À moindre coût		M6	Coûts d'investissement
		M7	Coûts annuels différés
		M8	Coûts environnementaux

Note : P = indicateur principal ; S = indicateur secondaire ; M = indicateur monétaire ; ZI = zone inondable.

Source : CGDD, 2019

C'est ce constat qui a conduit le CGDD et le Cerema – membres du groupe de travail chargé du développement[1] de la méthode nationale AMC inondation – à entreprendre des travaux exploratoires visant à intégrer les dommages psychologiques dans la méthode nationale d'évaluation socioéconomique des Papi. La démarche initiée au sein d'un groupe de travail « Dommages psychologiques des inondations » piloté par le CGDD et le Cerema dès 2018 a été reprise et finalisée par ce groupe Inondations.

2.2.2. Démarche d'élaboration de la méthode

Périmètre retenu

Les **effets psychologiques** étudiés ici sont ceux **subis post-inondation**, et non pas le stress par exemple qui pourrait être ressenti en permanence par des populations se sachant résider dans une zone fortement exposée au risque d'inondation.

Parmi ces effets psychologiques post-inondation, seul l'ESPT a été retenu considérant :

- qu'il existe une littérature abondante (y compris sur d'autres risques que les inondations) permettant d'affirmer que **l'ESPT est la plus importante des psychopathologies causées par des catastrophes naturelles** ou anthropiques ;
- que les cas de dépression et d'anxiété sont trop divers (en termes de sévérité et de durée) pour être quantifiés et monétarisés de façon robuste.

Seuls les habitants sont par ailleurs considérés puisqu'il a été décidé de ne pas traiter les effets psychologiques liés aux emplois situés dans la zone inondable dans la mesure où aucune méta-analyse ne semble avoir traité de cette population particulière d'une part et que les données disponibles (REX) ne permettent pas d'estimer le nombre et le type d'emplois concernés d'autre part.

Quantification ex ante *des états de stress post-traumatique*

Le **principe de proportionnalité** et la **facilité d'accès aux données** sont deux principes ayant particulièrement guidé les choix méthodologiques pour cette étape de quantification *ex ante* des ESPT. Le groupe Inondations a décidé de fonder la démarche sur des

[1] La méthode nationale d'évaluation socioéconomique des Papi s'enrichit au fur et à mesure de l'avancée des travaux du groupe de travail chargé de son élaboration. Les travaux en cours poursuivent plusieurs objectifs : a) l'amélioration des fonctions de dommages, par exemple en croisant les données qui en résultent avec des données observées post-sinistre ; b) l'introduction de nouveaux enjeux dans les indicateurs de dommages monétaires évités (dommages sanitaires, dommages directs aux voiries, etc.) ; c) l'analyse critique et l'adaptation des outils et des méthodes pour d'autres phénomènes (crues torrentielles, submersions marines, etc.) en considérant leurs spécificités ; et d) le développement de méthodes et d'outils pour l'évaluation d'autres axes des Papi (évaluation des mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti…).

indicateurs déjà exigés par l'AMC inondation afin de garantir l'accessibilité des données et une appropriation facile de la méthode par les porteurs de projet et bureaux d'étude.

La revue de littérature a montré que les études scientifiques qui traitaient spécifiquement des effets psychologiques causés par les inondations ne permettaient pas de concrétiser la proposition initiale du groupe de travail « Dommages psychologiques des inondations » qui consistait à produire en deux temps des fonctions de dommages[1] psychologiques en élaborant des « fonctions de prédiction des facteurs de stress » et des « fonctions de prédiction des impacts psychologiques » (voir Encadré 8).

Encadré 8 – Démarche initialement proposée pour construire des fonctions de dommages psychologiques

Pour rappel, dans le cas d'une inondation, les effets psychologiques sont indirects car liés par exemple à l'évacuation et au fait de devoir habiter hors de son domicile, aux démarches administratives d'indemnisation, aux opérations de nettoyage et travaux de remise en état, au manque de reconnaissance du préjudice subi, à l'isolement et au changement de rapport au travail dans le cas d'une incapacité de travailler du fait d'une maladie ou d'une blessure, ou dans le cas d'un chômage technique lorsque l'entreprise est touchée par la catastrophe, etc.

Pour construire des « fonctions de dommages psychologiques », il a été envisagé d'élaborer différentes fonctions permettant (voir Figure 7) :

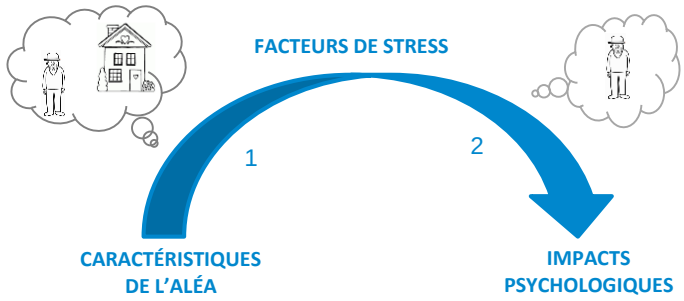
– à partir des caractéristiques de l'aléa (type de crue, cinétique, hauteur et vitesse des écoulements, etc.) et d'une typologie « logement-individu[2] », de déterminer les facteurs de stress auxquels les habitants pouvaient être exposés (blessures, évacuation, relogement, menace pour sa vie, perte d'un proche, etc.) : les « fonctions de prédiction des facteurs de stress » ;

[1] Dans l'AMC inondation, l'évaluation des dommages monétaires repose sur l'utilisation de « fonctions de dommages ». Elles établissent une relation quantifiée entre les paramètres d'aléas (le plus souvent, hauteur d'eau et durée de submersion) et le montant du dommage exprimé en euros. Ce dernier est estimé à l'aide d'un modèle qui tient compte des caractéristiques de l'enjeu exposé et de recommandations d'experts d'assurance suite à un sinistre (en matière par exemple de nettoyage, de réparation ou de remplacement pour le bâti ou de perte de valeur ajoutée pour les parcelles cultivées) (CGDD, 2019).

[2] Des types de « logement-individu » pourraient être « un individu âgé vivant dans une maison sans étage », « un individu âgé vivant dans une maison avec étage », « un individu jeune vivant dans une maison sans étage » ou encore « un individu jeune vivant dans une maison avec étage », etc.

– à partir des facteurs de stress, de déterminer les impacts psychologiques attendus (dépression, anxiété, ESPT) : les « fonctions de prédiction des impacts psychologiques ».

Figure 7 – Étapes de quantification des impacts psychologiques dans la méthode envisagée initialement par le GT Dommages psychologiques



Note : le personnage reflète la prise en compte des caractéristiques des individus, tandis que la maison reflète la prise en compte des caractéristiques du logement.

Source : GT Dommages psychologiques des inondations, janvier 2018

Cependant, les mécanismes ne sont pas additifs et la probabilité de subir, par exemple, un ESPT lorsqu'on est évacué et que l'on connaît des dommages matériels n'est pas égale à la probabilité de subir un ESPT lorsqu'on est uniquement évacué, augmentée de la probabilité de subir un ESPT lorsqu'on connaît uniquement des dommages matériels. Par ailleurs, les REX réalisés à la suite des inondations marquantes, pourtant nombreux, n'abordent pas la question des impacts psychologiques, et ne contiennent que très rarement des informations qui auraient pu être utiles à la caractérisation des facteurs de stress (nombre de relogements, d'évacuations, etc.). Les experts sollicités n'ont pas, non plus, été en mesure de fournir les ordres de grandeur qui auraient pu permettre de bâtir le premier type de fonctions introduit ci-dessus.

Une approche alternative consiste à **estimer *ex ante*, pour une inondation donnée, le nombre de personnes touchées par un trouble psychologique**, sans tenir compte des « facteurs de stress ». C'est cette méthode qui a été retenue par le groupe de travail « Dommages psychologiques des inondations » qui a, tout de même, cherché à proposer une méthode permettant de traduire, par les chiffres, le principe largement accepté selon lequel **les individus fortement exposés à l'inondation ont plus de risque de subir des effets psychologiques**.

Le groupe a fait le choix de retenir les taux d'incidence[1] d'ESPT issus de la **méta-analyse de Chen et Liu (2015).** Cette méta-analyse a été conduite en 2015, sur la base de 14 articles représentant un total de 40 600 personnes sinistrées par des inondations ayant eu lieu entre 1980 et 2013, en Europe, en Amérique, en Asie[2] et en Océanie. Les taux d'incidence sont différenciés en fonction de l'intensité de l'exposition[3] (voir Tableau 6).

Tableau 6 – Taux d'incidence d'ESPT issus de la méta-analyse de Chen et Liu (2015)

Méta-analyse de l'incidence du syndrome de stress post-traumatique (PTSD) après une inondation au cours de la période 1980-2013							
Groupe		Numéro de l'étude	Total des échantillons	Moyen, %	Minimum, %	Maximum, %	Incidence (95 % CI), %
Intensité du traumatisme	Sévère	9	14 521	16.90	4.58	46.64	20.06 (12.55-28.79)
	Modéré	3	9 646	12.91	11.76	13.77	12.82 (12.16-13.50)
	Mineur	4	15 718	4.54	2.56	6.84	4.41 (2.24-7.25)
Total		**14**	**40 600**	**16.37**	**0.63**	**46.64**	**15.74 (11.25-20.82)**

Source : Chen et Liu (2015)

En application du principe de proportionnalité, le groupe a décidé de définir les trois niveaux d'intensité retenus par Chen et Liu (2015) à partir de deux informations géo-localisées, qu'il est donc possible de croiser, déjà exigées par la méthode nationale AMC inondation, à savoir :

– le type de logement (plain-pied ou non), sachant que l'indicateur P1 de l'AMC inondation est le « Nombre de personnes habitant en ZI » et l'indicateur P2 est la « Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en ZI » (voir

[1] La littérature nous apprend que la plupart des études qui parlent d'incidence des effets psychologiques suite aux catastrophes n'ont en réalité pas les moyens de s'assurer que les malades identifiés ne l'étaient pas déjà avant l'inondation (Neria *et al*., 2008) : les chiffres récoltés sont donc la plupart du temps des taux de prévalence. Comme cela est fait dans le cadre de nombreux articles scientifiques, nous faisons un choix de simplification en n'utilisant que le terme d'« incidence », en sachant toutefois que certains des chiffres que nous tirons de la littérature sont en réalité des taux de prévalence.

[2] Lors d'une réunion du GT Dommages psychologiques, il a été souligné que « malgré une culture du risque plus marquée dans les pays d'Asie, pouvant expliquer des taux de prévalence plus faible d'effets psychologiques post-catastrophe naturelle dans ces pays, il est intéressant de ne pas écarter les études des pays asiatiques compte tenu de la plus grande fiabilité de leurs résultats reposant sur de plus grands échantillons permettant notamment de réduire le biais de sélection » (CR de la réunion de décembre 2018).

[3] Dans ce tableau issu de l'étude de Chen et Liu (2015), l'auteur distingue trois groupes en fonction du « *trauma intensity* » : la lecture du corps de l'article permet de comprendre qu'il s'agit en réalité d'une distinction faite sur la base de l'intensité de l'inondation (« *intensity of flood* »). L'auteur ne précise toutefois pas ce qui lui permet de définir ces trois groupes.

Tableau 5 plus haut) et que ces indicateurs font déjà l'objet de représentations cartographiques obligatoires (voir les fiches indicateurs fournies dans les annexes techniques du guide AMC inondation ; CGDD, 2018) ;

– la hauteur d'eau à l'intérieur du logement, sachant qu'il est déjà demandé[1], pour l'évaluation des dommages au logement, de renseigner la hauteur de premier plancher (qui explique la différence de hauteur d'eau à l'intérieur et à l'extérieur).

Précisément, il est proposé d'appliquer un pourcentage d'ESPT égal à :

– 4,41 % pour les habitants d'un logement à l'étage ou avec étage (P1-P2), soit la plus faible intensité d'exposition considérée ici ;

– 12,82 % pour les habitants d'un logement de plain-pied (P2) et une hauteur d'eau à l'intérieur du logement inférieure à 1 m, soit le niveau modéré d'intensité considéré ici. La hauteur d'un mètre est retenue en cohérence avec la distinction faite entre aléa modéré et aléa fort dans les plans de prévention des risques inondation. Elle reflète le seuil à partir duquel les personnes éprouvent des difficultés à se déplacer dans l'eau ;

– 20,06 % pour les habitants d'un logement de plain-pied (P2) et une hauteur d'eau à l'intérieur du logement supérieure à 1 m, soit le niveau le plus élevé d'intensité considéré ici.

Estimation du coût d'un état de stress post-traumatique

Pour rappel, le groupe transversal a cherché à estimer des coûts unitaires de manière cohérente pour les quatre thématiques du groupe de travail et à identifier des bases de données solides pour avoir des valeurs cohérentes. Les valeurs sont exprimées ici en €$_{2016}$ (et non pas en €$_{2018}$ comme pour les autres applications) de manière à être cohérent avec les autres types de dommages évalués dans le cadre d'une AMC inondation (dommages aux logements, aux entreprises, etc.).

Le **coût marchand (coûts médicaux + indemnités journalières)** de l'ESPT de 851 euros est ici estimé à partir :

– du coût annuel d'un traitement par anxiolytiques de 792 €$_{2016}$ issu de la cartographie 2018 des dépenses de santé et pathologies de l'Assurance maladie[2] (ce coût intègre les indemnités journalières) ;

[1] En pratique toutefois, il semble que certains porteurs de Papi se contentent de considérer la hauteur d'eau modélisée (pour l'extérieur), en partant du principe que les premiers planchers des bâtiments de plain-pied sont situés au niveau du terrain naturel.

[2] Voir Assurance maladie (2021), « Dépenses remboursées affectées à chaque pathologie en 2018 », octobre. Des fiches par pathologie sont également consultables sur le site de l'Assurance maladie.

– de la durée moyenne d'un ESPT post-catastrophe naturelle. Dans la mesure où l'ESPT n'est pas traité de manière isolée dans les études GBD de l'OMS mais est intégré à un ensemble nommé « *anxiety disorders*[1] », il a été fait le choix de retenir une durée, non pas calculée à partir des données GBD, mais issue d'une étude de l'OMS sur les ESPT selon laquelle la durée moyenne d'un ESPT post-catastrophe naturelle est égale à 12,9 mois (Kessler *et al*., 2017).

Tableau 7 – Coûts marchands et non marchands (€$_{2016}$) de l'ESPT calculés par le groupe transversal

	Coûts médicaux (+ indemnités journalières) (€$_{2016}$) (*)	**Coûts intangibles de mortalité** (€$_{2016}$)	**Coûts intangibles de morbidité** (€$_{2016}$)
ESPT	851 €	0	36 056 €

(*) Le soin est laissé à l'évaluateur d'appliquer le coût d'opportunité des fonds publics sur les coûts médicaux (et indemnités journalières) s'il établit un bilan par acteur et chiffre l'impact sur les finances publiques.

Source : groupe transversal

Les **coûts intangibles** de 36 056 euros sont évalués en valorisant, à hauteur de 129 000 €$_{2016}$ (soit la valeur tutélaire d'une année de vie, Quinet, 2013 ; ou à hauteur de 129 000/2 = 64 500 €$_{2016}$ en analyse de sensibilité selon les recommandations d'Herrera-Auraujo *et al.,* 2020, voir section 3.2. du chapitre 1), les années de vie perdues par incapacité (DALY, voir Encadré 2) ; elles-mêmes calculées en multipliant la durée de l'ESPT (12,9 mois) par un coefficient reflétant la perte de qualité de vie attribuée à l'ESPT égal à 0,26 (moyenne sur trois niveaux de sévérité d'ESPT). Ce dernier est issu d'une étude néerlandaise (Stouthard *et al.*, 1997), plutôt que calculé à partir des données GBD 2018 (comme pour les effets sur la santé des autres thématiques traitées par le groupe de travail) pour la même raison que l'estimation de la durée d'un ESPT (voir *supra*).

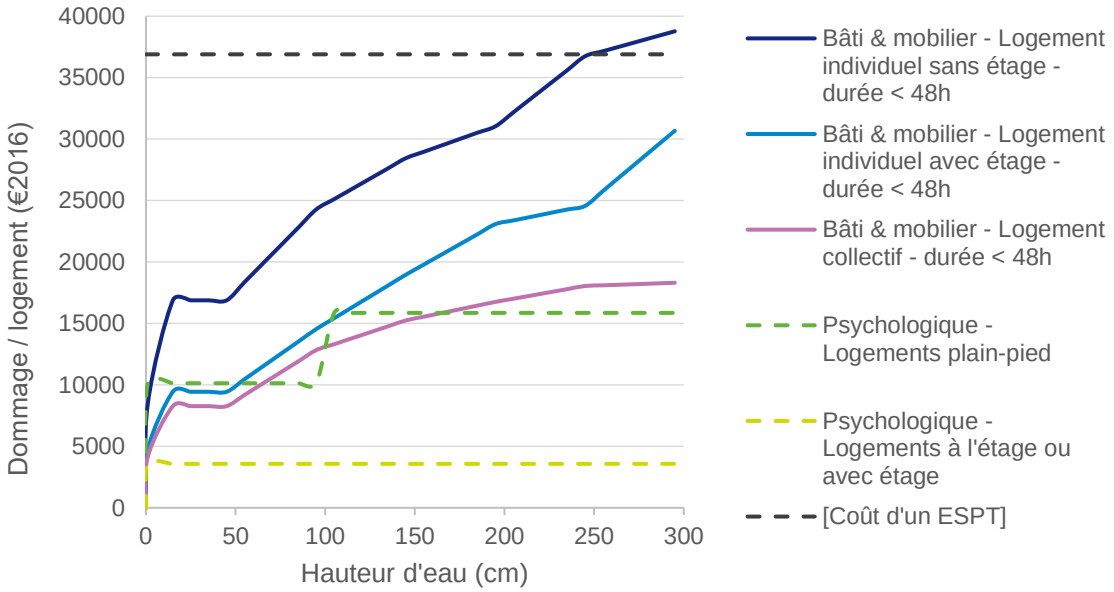
Au total, le coût moyen pour la société d'un ESPT s'élève à 36 907 €$_{2016}$ (et à 18 879 €$_{2016}$ en analyse de sensibilité). Il excède dans la majorité des cas (excepté pour les logements individuels sans étage exposés à une hauteur d'eau supérieure à 2m40) le montant des dommages moyens causés au bâti et au mobilier par logement (voir Figure 8 ci-dessous).

En tenant compte de la probabilité de survenue d'un ESPT post-inondation, le **montant de dommage psychologique moyen par logement** représente encore environ la moitié des dommages moyens aux logements pour les logements individuels de plain-pied

[1] La catégorie « *anxiety disorders* » recouvre : trouble panique, agoraphobie, phobie spécifique, phobie sociale, trouble obsessionnel-compulsif, trouble de stress post-traumatique, trouble de stress aigu, trouble d'anxiété généralisée, trouble d'anxiété de séparation et trouble d'anxiété non autrement spécifié (« *panic disorder*, *agoraphobia*, *specific phobia*, *social phobia*, *obsessive-compulsive disorder*, *post-traumatic stress disorder*, *acute stress disorder*, *generalised anxiety disorder*, *separation anxiety disorder and anxiety disorder not otherwise specified* »).

(courbes bleu foncé et vert foncé sur la Figure 8. Pour les logements individuels avec étage ou les logements collectifs (courbes vert clair, rose et bleu clair sur la figure), le dommage psychologique moyen représente entre 1/3 et 1/6 des dommages moyens aux logements, selon la hauteur d'eau considérée.

Figure 8 – Comparaison des dommages moyens psychologiques (ESPT) et au bâti et mobilier par logement



Note : les montants de dommages au logement sont obtenus en appliquant les fonctions nationales de dommages aux logements par entité de bien valables pour des inondations de plaine, et une durée de submersion inférieure à 48 h (CGDD, 2018). Les composantes « bâti » et « mobilier » sont additionnées pour chaque hauteur d'eau. Pour la comparaison, le dommage psychologique par logement est obtenu en retenant un nombre d'habitants moyen par logement de 2,2, soit la taille moyenne d'un ménage en France en 2017 selon l'Insee, et en appliquant les valeurs par habitant du Tableau 8 ci-dessous.

Source : groupe Inondations

2.2.3. Démarche du porteur de projet

Pour intégrer les dommages psychologiques à l'AMC inondation, la démarche à suivre par le porteur de projet ou le bureau d'études est identique à celle préconisée pour les autres enjeux faisant l'objet d'une évaluation de dommages monétaires (logements, activités économiques, etc.) et fera l'objet d'une « fiche indicateur » à annexer au guide méthodologique AMC inondation (CGDD, 2018) sur le même modèle que pour les autres dommages monétaires. Elle suit plusieurs étapes :

- **Étape 1 – Évaluation du dommage psychologique annuel moyen (DMA) avec et sans projet**

Le dommage annuel moyen (DMA) est donné par :

$$DMA = \int_{f=0}^{1} D(f)df \qquad (14)$$

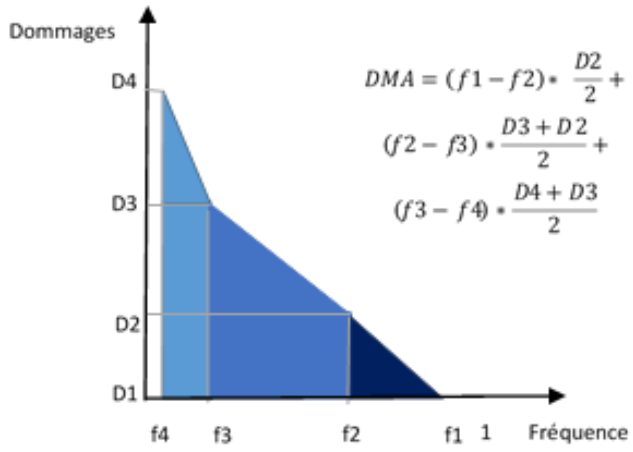
avec :

– f la fréquence de l'événement. Pour refléter la palette d'événements d'intensité différente pouvant se produire chaque année sur un territoire, quatre scénarios d'inondation[1] doivent *a minima* être retenus, comme recommandé dans la méthode nationale ;

– $D(f)$ le dommage associé à l'événement de fréquence f.

Cette formule correspond au calcul de l'aire sous la courbe $D(f)$ (Figure 9).

Figure 9 – Représentation et calcul du dommage moyen annuel



Source : Richert, formation AMC-ACB Inondation 2019

Pour calculer $D(f)$, il suffit d'appliquer les valeurs monétaires suivantes à P1(f)-P2(f), $P2_{H<1\,m}(f)$ et $P2_{H>1\,m}(f)$:

[1] Il s'agit du scénario d'aléa de premiers dommages (événement le plus intense – selon la hauteur d'eau par exemple – ne provoquant pas de dommages), du scénario de dimensionnement du projet (scénario d'inondation le plus intense pour lequel l'ouvrage est conçu pour protéger totalement la zone ciblée), d'un scénario d'aléa pour lequel l'ouvrage a un impact hydraulique limité et d'un scénario d'aléa extrême de période de retour d'au moins 1 000 ans (CGDD, 2019).

Tableau 8 – Montant du dommage psychologique moyen par habitant selon le type de logement et la hauteur d'eau

	Dommage psychologique moyen par habitant (€$_{2016}$)	
Hauteur d'eau (à l'intérieur du logement)	Habitants de logements à l'étage ou avec étage (P1-P2)	Habitants de logements plain-pied (P2)
< 1 m	1 628 €	4 731 €
> 1 m		7 404 €

Note : les valeurs sont obtenues en multipliant le pourcentage d'ESPT (4,41 %, 12,82 % ou 20,06 %) par la valeur de l'ESPT (36 907 €$_{2016}$).

Source : groupe Inondations

Cette étape ne présente aucune difficulté particulière puisqu'il suffit de :

– cartographier P1 et P2 pour les quatre scénarios d'inondation[1] ;

– pour chaque scénario, croiser la cartographie de P2 avec la carte des hauteurs d'eau (tenant compte de la hauteur de premier plancher) pour calculer $P2_{H<1\,m}$ et $P2_{H>1\,m}$.

Note : Il convient de rappeler que, par construction et comme pour les autres fonctions de dommages nationales, cette méthode d'évaluation des dommages psychologiques ne permet pas de prédire les dommages à l'échelle d'un seul habitant ; les dommages ne sont représentatifs que sur un échantillon de population de taille suffisante.

- **Étape 2 – Calcul du dommage psychologique évité moyen annuel (DEMA)**

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) (soit, le bénéfice annuel moyen du projet) est donné par :

$$DEMA = DMA_{ref} - DMA_{projet} \qquad (15)$$

Cette étape ne présente aucune difficulté. DMA_{ref} et DMA_{projet} sont calculés à l'étape précédente.

- **Étape 3 – Additionner le DEMA psychologique aux DEMA calculés pour les autres enjeux**

Le DEMA psychologique est alors ajouté au DEMA total (calculé sur les logements, activités économiques, établissements publics et activités agricoles), soit l'un des

[1] Actuellement, P2 peut n'être renseigné, en tant qu'indicateur élémentaire, que pour le scénario de dimensionnement tandis que P1 est déjà renseigné pour les quatre scénarios (pour le calcul du nombre moyen annuel d'habitants protégés, « NEMA habitants »).

indicateurs d'efficacité du projet retenu dans l'analyse synthétique de l'AMC (voir Tableau 9). Avec un DEMA total plus élevé, la valeur actuelle nette (VAN) et le ratio bénéfices / coûts, qui permettent d'apprécier la rentabilité socioéconomique du projet, sont automatiquement revus à la hausse (voir *B* pour « Bénéfices » dans les formules de la VAN et du ratio B/C du Tableau 9), sans que leur interprétation soit modifiée.

Tableau 9 – Indicateurs de l'analyse synthétique des ACB et AMC des Papi

Objectifs	Indicateurs synthétiques	Notations / formules	ACB/AMC
Efficacité	Nombre moyen annuel d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	AMC
	% d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants / NMA habitants Sref	AMC
	Nombre moyen annuel d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	AMC
	% d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois / NMA emplois Sref	AMC
	Dommages moyens annuels évités par le projet	DEMA	ACB/AMC
	% de dommages évités par le projet	DEMA / DMA Sref	ACB/AMC
Coûts-efficacité	Coût équivalent moyen annuel par habitant protégé	Cmoy / NEMA habitants	AMC
	Coût équivalent moyen annuel par emploi protégé	Cmoy / NEMA emplois	AMC
Efficience	Valeur actualisée nette	$VAN = -C_o + \sum_{i=1}^{T} \frac{(B_i - C_i)}{(1+a)^i}$	ACB/AMC
	Ratio bénéfices / coûts	$B/C = \frac{\sum_{i=0}^{T} \frac{B_i}{(1+a)^i}}{\sum_{i=0}^{T} \frac{C_i}{(1+a)^i}}$	ACB/AMC

Source : CGDD (2019)

2.2.4. Pistes d'amélioration

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de l'approfondissement de la méthode nationale d'évaluation socioéconomique des Papi valable pour les inondations de plaine. Cela étant :

– **cette méthode devra faire l'objet d'un test sur un cas réel** par le groupe de travail chargé du développement de la méthode AMC inondation, dans le cadre de sa démarche de « sites expérimentaux ». En fonction des résultats du test, en matière d'opérationnalité de la méthode et d'impact sur les résultats de l'AMC, le ministère

chargé de la prévention des risques pourra décider de conférer un caractère obligatoire à la méthode proposée ici ;

– **les réflexions pourraient être différentes s'il fallait considérer des phénomènes pouvant amener à la destruction totale des habitations, et pour lesquels on peut supposer que l'effet psychologique est plus important (crues torrentielles par exemple).** Plus précisément, les intensités (auxquelles sont associés des taux d'ESPT différents) sont définies ici pour des inondations fluviales (voir le seuil de hauteur d'eau fixé à 1 mètre) et pourraient être appréciées autrement pour d'autres aléas.

Plus largement, le groupe Inondations souligne la nécessité de **systématiser un suivi des populations post-inondation pour mieux apprécier la probabilité de subir un impact psychologique** – ESPT mais aussi anxiété ou dépression chez les habitants ou encore les employés des zones sinistrées – et être ainsi en mesure de différencier cette probabilité selon d'autres variables (que la hauteur d'eau et le type d'habitat) pertinentes au regard des effets psychologiques et sur lesquelles un impact du Papi devra également pouvoir être estimé (besoin d'évacuation, durée du relogement, etc.). La mention des effets psychologiques dans le guide publié par le CGEDD et le Cerema en 2019 sur la collecte des données issues des REX inondation[1] constitue d'ores et déjà une avancée en ce sens.

Au-delà des effets psychologiques, **des efforts mériteraient par ailleurs d'être engagés pour être en mesure de quantifier *ex ante* le nombre de décès causés par une inondation** compte tenu de la valeur élevée accordée par la société à l'évitement d'un décès (3 millions d'euros, Quinet 2013). Conscients de l'impact des inondations sur les personnes, les membres de la Commission Quinet indiquaient déjà en 2013 (p. 244-245) :

> « Le nombre de morts et de blessés évités grâce à la mise en œuvre du projet devrait être intégré dans l'évaluation socioéconomique. Cela nécessitera de faire appel à la valeur monétaire du mort et du blessé et aux données relatives au nombre de morts et de blessés par scénario d'inondation. Si le premier point ne pose pas de problème (on se référera aux travaux de la présente commission sur la valeur de la vie humaine), en revanche, le deuxième présente une difficulté méthodologique : il est difficile d'associer un nombre de morts à un événement. »

Ces difficultés de quantification *ex ante* du nombre de décès s'expliquent par la nature des déterminants des vulnérabilités passive et active de décès cités plus haut (voir section 2.1.2.) et notamment les comportements, qu'il s'agirait de mieux anticiper.

[1] Extrait du guide CGEDD et Cerema (2019) : « Dans la mesure où il n'apparaît pas possible de recenser ces traumatismes au lendemain de la crise (dans la mesure où ils peuvent n'apparaître qu'à moyen ou long terme), il est important que les démarches « APRÈS inondation » soient l'occasion de récolter ces informations qui permettront par la suite d'estimer les impacts psychologiques causés par la catastrophe. »

3. Inefficacité énergétique des logements

3.1. État des connaissances des effets sur la santé de l'inefficacité énergétique des logements et de leur évaluation monétaire

3.1.1. Enjeux de l'inefficacité énergétique des logements

L'efficacité énergétique des logements : une des priorités du gouvernement

La mauvaise qualité thermique d'un logement est caractérisée par, d'une part, des déficiences (mauvaise étanchéité, fissures, absence d'isolation, etc.) de la couverture ou du sol, des murs ou des menuiseries du bâtiment, responsables d'une mauvaise isolation thermique, et, d'autre part, par un système de chauffage (chaudière au fioul ou au gaz, convecteur électrique, etc.) absent, inadapté ou détérioré par le temps.

En France, l'efficacité énergétique d'un logement peut être appréciée à l'aide du diagnostic de performance énergétique (DPE) qui prend en compte trois usages de l'énergie (chauffage, eau chaude sanitaire (ECS), climatisation)[1]. En Angleterre et à titre d'illustration, il existe deux indicateurs de consommation énergétique :

– le système « *EPC* (*Energy Performance Certificate*) *rating* », équivalent anglais du DPE français qui comptabilise cinq usages de l'énergie dans les logements ;

– le « *Standard Assessment Procedure* » (SAP), qui prend en compte les consommations d'énergie selon l'occupation, le comportement des ménages et les espaces chauffés. Il prend la forme d'une échelle de 0 à 100 (0 correspond à un logement très inefficace énergétiquement et 100 correspond à un logement très efficace énergétiquement).

Responsable de 45 % de la consommation énergétique et de 27 % des émissions de CO_2 (dont les émissions correspondantes du secteur électrique et des réseaux de chaleur) selon les données du Citepa, le secteur du bâtiment représente une **priorité dans le Plan Climat de 2017 qui fixe des objectifs ambitieux pour lutter contre le réchauffement climatique : réduire de 15 % la consommation énergétique des bâtiments à l'horizon 2023 par rapport à 2010 et rénover 500 000 logements par an, dont 100 000 logements sociaux.**

Plus récemment, **la loi énergie-climat**, adoptée le 8 décembre 2019, **a fixé l'objectif de rénover les 7,4 millions de passoires énergétiques que compte le parc immobilier**

[1] Dans la nouvelle version du DPE, entrée en vigueur au 1er juillet 2021, cinq usages sont pris en compte (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage, auxiliaires). Toutefois, il faudra attendre plusieurs années avant qu'un grand nombre de logements soient évalués à l'aune de ce nouvel outil.

français[1] **d'ici dix ans** (à noter qu'en septembre 2020, le nombre de passoires énergétiques en 2018 est ré-estimé à 4,8 millions (Merly-Alpa *et al*., 2020)). Cette obligation est reprise et précisée par le projet de loi portant application des propositions de la Convention citoyenne pour le climat de 2020.

Note : Les rénovations énergétiques consistent à améliorer l'isolation et / ou à changer le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire et / ou la ventilation et la régulation et le pilotage des équipements.

La loi énergie-climat renforce également la prise en compte de la performance énergétique dans la définition de la décence d'un logement. Ainsi, **le décret n° 2002-120 du 30 janvier 2002 relatif aux caractéristiques du logement décent a récemment été modifié**[2] **pour être complété par une condition portant sur l'efficacité énergétique** : à compter du 1er janvier 2023, la consommation ne doit pas dépasser[3] 450 kWh m²/an en énergie finale (voir Glossaire) et pour les cinq usages (chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, ventilation et air conditionné). Le **projet de loi climat et résilience** prévoit d'adosser les prochains seuils d'indécence aux étiquettes DPE et d'interdire la mise en location, à horizon 2028, de l'intégralité des passoires énergétiques (étiquettes F et G), et dès 2025 de tous les logements G. Lors du passage du texte à l'Assemblée nationale début avril 2021, il a été décidé qu'un seuil supplémentaire sera ajouté avec l'étiquette E en 2034.

Au-delà de l'inefficacité énergétique : la précarité énergétique

L'**efficacité énergétique** est une **notion physique**. Elle désigne le rapport entre le service énergétique consommé (pour l'atteinte d'une température adaptée dans le logement, l'éclairage, la cuisson, la réfrigération d'aliments, l'alimentation d'appareils électriques) et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

[1] Voir l'exposé des motifs dans la loi du 08/12/19 : « En France, sur 36,3 millions de logements, plus de 7,4 millions sont considérés comme des passoires énergétiques, c'est-à-dire que leur consommation énergétique les place dans les catégories F (consommation d'au moins 331 kWh d'énergie primaire par m²/an) ou G (consommation d'au moins 450 kWh d'énergie primaire par m²/an) des diagnostics de performance énergétique des logements. Cela représente environ 12 millions de Français, soit une personne sur cinq. »

[2] Ce décret définit et caractérise les normes auxquelles doivent répondre les logements mis en location. Ainsi, le bien doit satisfaire des conditions relatives au gros œuvre (protection contre les eaux), aux dispositifs de retenue des personnes (garde-corps, etc.), aux matériaux de construction (non-nocivité), aux réseaux électriques, à la ventilation, la lumière, etc. Ce décret définit aussi les éléments d'équipement et de confort d'un logement : chauffage, alimentation en eau potable, évacuation des eaux ménagères, cuisine, etc. Voir le décret 2021-19 du 11 janvier 2021.

[3] Les analyses présentées ultérieurement dans ce rapport montreront que ce seuil est pertinent par rapport aux problématiques de santé.

Les ménages occupant des logements inefficaces énergétiquement consomment plus d'énergie pour compenser les températures basses et éviter un excès d'humidité. Autrement dit, la consommation d'énergie nécessaire à la satisfaction de leurs besoins est supérieure. Or, les ménages modestes sont susceptibles de ne pas pouvoir subvenir à ces besoins énergétiques. C'est pourquoi la notion de **précarité énergétique** fait, quant à elle, le lien entre les **ressources** du ménage et ses conditions d'habitat (efficacité énergétique). Selon la loi du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement « est en situation de précarité énergétique toute personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions de l'habitat ». **La méthode de quantification des ménages en situation de précarité énergétique tient ainsi généralement compte du revenu des ménages** (voir Encadré 9).

Encadré 9 – Ménages en situation de précarité énergétique selon l'ONPE

L'Observatoire national de la précarité énergétique (ONPE) utilise au moins deux définitions pour les ménages en situation de précarité énergétique (ONPE, 2020) :

– ménages modestes dont le taux d'effort énergétique (rapport entre les dépenses énergétiques du ménage et le revenu disponible par unité de consommation) dépasse un certain seuil. Il s'agit de ceux qui consacrent plus de 8 % de leur revenu aux dépenses d'énergie dans un logement et dont le revenu par unité de consommation appartient aux trois premiers déciles. En France métropolitaine, ils représentent 3,5 millions de ménages, soit 11,9 % des ménages en 2019 ;

– ménages qui déclarent souffrir du froid. Au cours de l'hiver (2019-2020), 14 % des ménages ont souffert d'une sensation de froid chez eux selon l'ONPE. Pour 41 % d'entre eux, la sensation d'inconfort provient d'une mauvaise isolation de leur logement, pour 24 % d'une installation de chauffage insuffisante et pour 21 % d'une panne de chauffage[1].

[1] Résultats de la 14e édition du baromètre Énergie-Info (octobre 2020) du médiateur national de l'énergie (échantillon de 1 998 foyers français interrogés par voie électronique).

3.1.2. Les effets sur la santé de l'inefficacité énergétique

Les risques dans les logements à l'origine d'effets sur la santé et l'impact des rénovations sur ces risques

En Angleterre et au Pays de Galles, la **méthode officielle *Housing Health and Safety Rating System*** (HHSRS) **répertorie 29 risques pour la santé associés aux conditions de logement** (voir Encadré 10). Parmi ces risques, on trouve : la mauvaise qualité de l'air, l'exposition à des températures intérieures basses ou au contraire trop élevées, le risque électrique, les incendies, les intoxications alimentaires, l'intrusion d'inconnus dans le logement, les risques de chute, etc. Ces risques sont dus, par exemple, à des déficiences du logement relatives aux éléments structuraux (murs, couvertures), mal conçus ou détériorés avec le temps, ou à des éléments d'équipement ou de confort, absents ou détériorés, tels que les équipements de cuisine ou les systèmes de chauffage, les alarmes incendie, etc.

Encadré 10 – Exemples de méthode nationale pour étudier la conformité des logements

Actuellement, la méthode *Housing Health and Safety Rating System* (HHSRS, 2003), développée en Angleterre depuis 1996, est le seul système qui évalue les conditions de logement en fonction du risque pour la santé et la sécurité de ses occupants. En 1996, le gouvernement britannique a chargé l'université de Warwick d'élaborer une nouvelle approche, centrée sur la santé, pour évaluer les conditions de logement (Ormandy, 2009). Cette méthode, unique, qui permet de calculer un indicateur de risque à partir des caractéristiques du logement, est utilisée par le Building Research Establishment (BRE) pour les enquêtes nationales sur les logements annuelles. Précisément, lors du contrôle des logements, les inspecteurs :

– identifient les risques auxquels les occupants sont confrontés parmi 29 risques répertoriés ;

– pour chaque risque, appliquent un taux d'occurrence d'événements médicaux (les taux ont été estimés lors du développement du HHSRS initié et piloté par l'équipe du professeur David Ormandy de l'université de Warwick avec le BRE et la London School of Hygiene and Tropical Medicine (LSHTM) qui ont permis le développement de cette méthode) pour apprécier la probabilité d'occurrence d'événements de santé dans les douze prochains mois ;

– déterminent ainsi un score reflétant l'exposition aux risques des occupants du logement.

Après dix ans de développement, le HHSRS a été incorporé dans la législation en tant que méthode d'évaluation des risques sanitaires liés aux conditions de logement en Angleterre et au Pays de Galles.

En France, l'Agence nationale de l'habitat (Anah) a développé une grille d'évaluation pour identifier les logements susceptibles d'être déclarés « en insalubrité », c'est-à-dire les logements qui représentent un risque pour la santé ou la sécurité pour leurs occupants (Anah, 2010). Il s'agit d'un guide méthodologique élaboré à partir des observations et remarques d'experts de terrain. Contrairement à l'enquête anglaise, cette évaluation se concentre essentiellement sur le bâtiment et ses déficiences susceptibles de présenter un risque pour la santé (problème de chauffage, murs détériorés, etc.) sans que ce risque soit pour autant estimé. Selon la gravité des déficiences, il peut être décidé par le préfet de démolir l'habitation ou bien de remédier à la situation en réalisant des travaux. Récemment, le Haut Conseil de la santé publique a développé un outil de caractérisation d'un habitat du point de vue de la santé et du bien-être : le Domiscore[1] (HCSP, 2020). À l'aide de 46 variables regroupées en 16 thématiques (air intérieur, bruit, nuisibles, eaux, électricité, conditions thermiques, etc.), l'outil permet de repérer, d'une part, des situations dangereuses ou indignes qui appellent des inspections et, d'autre part, certaines vulnérabilités des occupants qui nécessitent de prendre des mesures appropriées d'accompagnement social. Il a été testé sur 28 logements par des experts et non-experts de l'habitat. Les retours d'expérience de la part des utilisateurs seront utiles pour déterminer si l'outil est suffisamment fiable et efficace pour protéger les résidents et lutter contre l'habitat indigne.

De nombreuses études, au niveau international, ont utilisé des données de consommation d'énergie pour identifier les logements à risque et certaines y ont associé un indicateur de revenu de leurs occupants. Selon les pays et les auteurs, différents indicateurs de consommation d'énergie sont utilisés pour définir les logements à risque :

- **En Angleterre** :

– selon le système « *EPC rating* » introduit plus haut, les personnes susceptibles de développer des pathologies sont celles habitant des logements d'étiquette F et G (Marmot *et al.*, 2011) ;

[1] La grille Domiscore est disponible ici. À noter que Ezratty et Ormandy (2020) ont mis en perspective le Domiscore avec le HHSRS.

– les logements jugés inefficaces et susceptibles d'entraîner un risque pour la santé sont ceux dont le SAP, introduit plus haut également, est inférieur à 38 (Ezratty *et al.*, 2017[1]).

- **En France** :

– l'initiative Rénovons ! retient les logements F et G et dont les occupants ont un revenu appartenant aux trois premiers déciles, soit 2,6 millions de ménages (Dubreuil, 2017) ;

– le service des études médicales d'EDF (SEM), en collaboration avec la R & D d'EDF (TREE), l'université de Warwick et le bureau d'étude Cemka[2], a adapté la méthodologie anglaise fondée sur le système HHSRS à la France. La méthode permettant de qualifier les logements non performants thermiquement, exposant les occupants à un risque pour leur santé lié à des températures intérieures basses (ceux dont le SAP est inférieur à 38), s'est traduite dans le cas français par un critère portant sur l'énergie finale théorique consommée par mètre carré : tout logement dont la consommation énergétique théorique est supérieure à 477 kWhEF 5 usages/m² par an est considéré comme inefficace énergétiquement. À partir des données de l'enquête Phébus (2013)[3], cette approche a permis d'identifier 3,5 millions de logements considérés comme inefficaces au plan thermique en France métropolitaine (Ezratty *et al*., 2017).

Les conditions associées à la mauvaise qualité thermique de ces logements peuvent être responsables de températures trop basses ou au contraire trop élevées, de problèmes d'humidité et de moisissures dans les pièces à vivre.

Note : L'inefficacité énergétique peut aussi renvoyer à un problème de logements trop chauds en été[4] et ce sont les mêmes populations qui sont plus vulnérables au froid et à la chaleur. Bien qu'ayant identifié l'importance du sujet, dans un contexte de changement climatique avec des vagues de chaleur plus fréquentes et intenses qu'auparavant, le groupe Inefficacité énergétique a choisi d'écarter cet aspect pour se focaliser sur les effets du froid.

[1] Ezratty *et al.* (2017) citent deux autres rapports : Department for Business, Energy and Industrial Strategy (2013), *Standard Assessment Procedure*, Londres, janvier ; et Department for Communities and Local Government (2006), *A Decent Home: Definition and Guidance*, Londres, juin.

[2] L'étude EDF a été menée par Véronique Ezratty (EDF, SEM), Marie-Hélène Laurent et Fabienne Boutière (Département TREE, EDF R & D), David Ormandy (université de Warwick, RU), Anne Duburcq (Cemka). Ont également contribué à cette étude : Emmanuelle Boudot (EDF, Direction Stratégie Groupe), Pierre-André Cabanes (chef de service du SEM), Francis Fagnani (directeur de Cemka) et Bernard Stafford (Département d'économie, université de York, RU).

[3] Enquête *Performance de l'habitat, équipements, besoins et usages de l'énergie*.

[4] Par exemple, en France, lors de la canicule de 2003, un risque de mortalité plus élevé a été observé pour les personnes habitant dans des logements mal isolés et sous les toits.

Les **rénovations énergétiques constituent des leviers d'action** face à ces risques[1]. Il est démontré qu'elles **permettent d'améliorer le confort thermique et d'augmenter la température intérieure en saison froide**. Par exemple :

– d'après un monitoring de la température et des consommations énergétiques, les rénovations ont entraîné une hausse de 0,84 °C à l'intérieur des maisons et une baisse de consommation de 37 % selon une étude galloise de 2018. À noter que ces effets sont quasi nuls si les travaux ont porté sur les portes et fenêtres ou le changement de chaudière, alors qu'ils sont plus importants s'il s'agissait de renforcer l'isolation ou de raccorder le logement au réseau de gaz principal (Poortinga *et al*., 2018) ;

– post-rénovation, les ménages ont une meilleure appréciation de leur chauffage (la note passe de 4,2 avant rénovation à 8,4 après rénovation sur une échelle de 1 à 10), déclarent une diminution de leur consommation d'énergie (de 305 kWh/m²/an avant rénovation à 192 kWh/m²/an après rénovation), observent une diminution des problèmes de température (après rénovation, 10 % déclarent avoir des problèmes de température alors qu'avant rénovation, ils étaient 75 %) et une baisse des dépenses énergétiques (89 % des cas), selon une enquête réalisée sur un échantillon restreint en France (CREAI-ORS Languedoc-Roussillon et GEFOSAT, 2016).

Les déterminants des effets sur la santé de l'inefficacité énergétique

Les personnes exposées à la précarité énergétique (dont 70 % déclarent avoir froid en hiver, 85 % disent avoir des dépenses de chauffage trop importantes) **sont davantage susceptibles de développer des problèmes de santé** chroniques respiratoires, ostéo-articulaires, neurologiques et de dépression que ceux qui ne sont pas en précarité énergétique (indépendamment du tabagisme et de l'âge), selon une enquête de terrain réalisée dans le Douaisis et dans l'Hérault (Ledésert, 2013), qui affirme plus généralement que « la précarité énergétique, par elle-même, indépendamment d'autres facteurs comme la pauvreté, a un effet néfaste sur la santé ». Ces pathologies sont liées aux températures basses, aux moisissures, mais aussi à des **choix contraints** en raison de revenus insuffisants : pour se chauffer correctement, ces ménages peuvent être contraints de renoncer à une alimentation favorable à la santé ou à des soins et de subir un isolement social.

Par ailleurs, **les personnes qui occupent leur habitation une grande partie de la journée** (soit les personnes âgées, les enfants en bas âge, les indépendants exerçant à domicile, etc.) **sont d'autant plus vulnérables** qu'elles sont exposées aux risques de températures intérieures basses et de moisissures pendant une longue durée.

[1] On note toutefois qu'une rénovation thermique qui tiendrait insuffisamment compte du rôle important de la ventilation (pour les problématiques de qualité d'air intérieur et de moisissures) peut conduire à des effets contreproductifs (déjà observés dans des bâtiments « haute qualité environnementale » – HQE).

Les effets sur la santé de l'inefficacité énergétique et les bénéfices de santé des rénovations énergétiques

Note : Il est complexe d'isoler les facteurs de risque qui ont causé les pathologies et **la plupart des articles qui étudient les impacts sanitaires de l'inefficacité énergétique se concentrent sur les pathologies associées aux températures froides** (en laissant de côté la question de l'humidité excessive et des moisissures), **ce que le groupe Inefficacité énergétique a choisi de faire également.**

- **Mortalité**

Au sein des logements inefficaces énergétiquement, les effets sur la santé liés aux températures trop basses peuvent aller jusqu'au décès. 30 % de la surmortalité hivernale[1] serait due à l'inefficacité énergétique des logements selon une revue de la littérature couvrant onze pays européens réalisée par Janet Rudge (2011), soit environ **10 350 décès chaque année causés en France par l'inefficacité énergétique des logements**, en considérant une surmortalité moyenne de 34 500 décès par an sur la période 2015-2018 d'après les chiffres de l'Insee. Ce chiffre de 30 % est du même ordre de grandeur que celui de 21 % mis en évidence par Marmot *et al.* (2011) à partir des estimations de taux de mortalité en Angleterre et au Pays de Galle réalisées par Wilkinson pour la période 1986-1996.

La rénovation thermique des logements permettrait, selon une enquête réalisée en Nouvelle-Zélande (Chapman *et al*., 2017 et Howden-Chapman *et al.,* 2005)[2], de réduire le risque de mortalité de 33 % pour des personnes de plus de 65 ans et atteintes d'une maladie cardiorespiratoire.

- **Morbidité physique**

Dans les logements inefficaces thermiquement (SAP < 38), il a été estimé que **la probabilité de survenue (« *likelihood* », exprimé en ratio) d'un événement de santé dans les douze mois est de 1/18** (soit un événement de santé attendu dans les douze mois pour dix-huit logements inefficaces au plan thermique) (HHSRS, 2000)**.** Les risques d'infarctus du myocarde ayant conduit au décès, d'infarctus du myocarde sans décès, d'infection sévère de l'appareil respiratoire et de pneumonie pouvant être traitée en médecine de ville sont représentatifs des quatre niveaux de sévérité de pathologies attribuables à l'exposition à des températures intérieures basses considérés pour le calcul de cette probabilité. Elle a été estimée, dans le cadre des travaux initiés et pilotés par l'université de Warwick à la demande du gouvernement anglais pour développer la méthode HHSRS (voir Encadré 10 plus haut), à

[1] Différence entre le nombre de morts en hiver et la moyenne du nombre de morts durant les mois adjacents.

[2] À noter que le parc de logements en Nouvelle-Zélande est particulièrement énergivore.

l'aide un croisement de bases de données nationales relatives au logement[1] et aux événements de santé[2], sur la période 1997-1999. Il s'agit des travaux les plus poussés sur le sujet : le croisement de ces bases de données (il est impossible en France par exemple de croiser une adresse avec un événement de santé) permet effectivement de s'assurer que les effets de santé sont bien imputables à l'inefficacité énergétique et non pas à d'autres facteurs, alors que l'on sait qu'il s'agit de maladies multifactorielles (tabac, alimentation, etc.).

Néanmoins, d'autres résultats peuvent être mentionnés.

En France, **les personnes qui déclarent avoir froid dans leur logement ont une probabilité de 37 % plus élevée de s'auto-évaluer comme ayant une mauvaise santé par rapport aux autres ménages. Ces personnes ont aussi une probabilité 16 % plus élevée que les autres ménages de développer une maladie de longue durée** (Lacroix et Jusot, 2014).

Il semblerait que **le seuil de 18 °C permette de minimiser les risques pour la santé** d'une personne sédentaire et portant des vêtements adaptés à la saison selon la revue de littérature du Public Health England (Wookey *et al.*, 2014[3]). Un seuil de 16 °C est aussi évoqué dans la revue, en dessous duquel les risques de pression artérielle excessive sont accrus. En 2018, l'OMS tend à confirmer la relation entre températures intérieures et **pression artérielle** établie par le Public Health England en complétant la revue de littérature de résultats issus d'études plus récentes et menées ailleurs qu'au Royaume-Uni (Chine, Japon) (OMS, 2018).

Concernant les **maladies respiratoires**, 9,84 % des bronchites simples chroniques ou aiguës et des broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et 18,19 % des cas d'asthme seraient attribuables[4] à la précarité énergétique selon les calculs du collectif Rénovons ! (Dubreuil, 2017) à partir de l'étude de B. Ledésert (2013). Une baisse des problèmes respiratoires dans les logements dont la température est d'au moins 18,2 °C est mise en évidence dans une étude de cohorte chinoise (Mu *et al*., 2017), et un système

[1] « Les données sur les caractéristiques du logement ont été recueillies par des inspecteurs au cours de visites techniques durant trois années consécutives d'enquêtes nationales portant sur près de 40 000 logements » (Ezratty *et al.*, 2018).

[2] Il s'agit de données de santé descriptives des résidents enregistrées dans une base de données spécifique, et répertoriées à partir de plusieurs bases de données du National Health Service (NHS) incluant les registres d'admissions à l'hôpital et aux urgences et les consultations (Ezratty *et al*., 2018).

[3] À partir d'études transversales, d'essais randomisés contrôlés, d'études de cohorte, ou d'études réalisées en laboratoire, auprès de populations différentes (adultes en bonne santé, personnes âgées, malades chroniques, enfants), la revue de littérature du Public Health England (Wookey *et al.*, 2014) étudie les impacts des températures intérieures sur la santé (pression artérielle, IMC, marqueurs biochimiques et hématologiques, température corporelle, etc.) en fonction d'un seuil minimal de 18 °C (seuil recommandé dans le Cold Weather Plan, 2011) en hiver.

[4] Voir section 2.1. du Chapitre 1 pour la définition de la fraction attribuable.

de chauffage adéquat permettrait de réduire les symptômes d'asthme chez les enfants ainsi que les absences scolaires des enfants souffrant d'asthme et de problèmes respiratoires récurrents (Marmot *et al*., 2011).

Enfin, 4 % à 6 % des cas de grippe, rhume, angine et diarrhée seraient aussi attribuables à la précarité énergétique (Dubreuil, 2017).

- **Morbidité psychologique**

La précarité énergétique est aussi associée à des **troubles de santé mentale** :

– les personnes en précarité énergétique ont une probabilité 31 % plus élevée d'obtenir un score inférieur à 44 à la composante « santé mentale » du SF 36[1] que les autres ménages en France (Lacroix et Jusot, 2014) ;

– 3,86 % des dépressions sont attribuables à la précarité énergétique (Dubreuil, 2017), notamment en raison de difficultés financières plus importantes (ce sont elles qui expliquent le passage de l'inefficacité énergétique à la précarité énergétique, voir *supra*) qui peuvent être source de stress (Braubach *et al.*, 2011) ;

– 28 % des adolescents vivant dans des logements inefficaces présentent des troubles mentaux multiples contre 4 % des adolescents vivant dans des logements convenablement chauffés (Barnes *et al.,* 2008). Ces résultats peuvent s'expliquer, en partie, par le fait que les adolescents des ménages précaires énergétiquement ne peuvent pas satisfaire leur besoin d'intimité car ils subissent une plus grande promiscuité dans un logement où moins de pièces sont chauffées par souci d'économie.

Des travaux d'isolation permettraient une réduction de 44 % du risque de présenter des maladies mentales, telles que l'anxiété et la dépression, selon Chapman *et al.* (2017).

3.1.3. L'évaluation monétaire des effets de santé associés à l'inefficacité énergétique des logements

Le coût des impacts sur la santé de l'inefficacité énergétique

Il existe peu d'études en France qui évaluent monétairement les coûts de santé liés à l'inefficacité énergétique. Cette lacune provient des difficultés rencontrées dans la première étape de quantification des impacts sur la santé. **Les études offrant une évaluation des**

[1] Le Short Form 36 (SF36) est un questionnaire auto-administré qui évalue la santé physique et mentale d'un individu à travers huit dimensions dont la santé mentale générale. Pour chaque échelle, on obtient un score variant de 0 à 100 (100 indiquant une meilleure qualité de vie). Le seuil de 44 correspond au premier quartile des résultats au SF36 de l'échantillon interrogé dans Lacroix et Jusot (2014).

coûts de santé liés à l'inefficacité énergétique ont souvent utilisé les résultats des travaux anglais d'élaboration de la méthode HHSRS, qu'elles ont adaptée.

De cette manière, **l'étude Eurofound** a estimé l'impact sur la santé du mal-logement pour chaque pays européen (Ahrendt *et al.*, 2016). Plus précisément, l'étude a déterminé la part de logements concernés par neuf défaillances différentes du logement (dont les températures froides résultant de problèmes de chauffage, moisissures, humidité…) à partir des données de l'enquête européenne sur la qualité de vie (EQLS 2011) et des travaux de Housing Europe (2015). Il en résulte notamment un pourcentage de ménages susceptibles d'être touchés par le risque « températures intérieures basses » par pays (9,1 % pour la France, soit 2,5 millions de logements). Pour estimer un coût lié à la santé associé à ces défaillances, le modèle d'Eurofound s'est fondé sur les données anglaises du English Housing Survey (EHS), via l'utilisation de la méthode HHSRS, et a appliqué des facteurs de correction pour affiner les données et remédier au manque d'information sur les logements dans les autres pays membres. Il en résulte un coût moyen de santé – tous risques associés au mal-logement confondus – pour chaque pays européen (à savoir 726 euros par logement pour la France). À partir de ces deux éléments issus de sources différentes, il est alors possible d'estimer un coût de santé associé aux températures intérieures basses. Il s'élève à 1,85 milliard d'euros par an, dont **84,7 millions de coûts directs (prestations de soins)**, soit 33 euros par logement concerné. Ce coût doit cependant être utilisé avec prudence puisqu'il est calculé à partir d'un coût moyen évalué sur un ensemble de risques associés au mal-logement et non pas à partir d'un coût spécifique au risque de températures intérieures basses.

De même, **le service des études médicales d'EDF, avec la R & D d'EDF, l'université de Warwick et Cemka,** (Ezratty *et al*., 2017 et 2018) **a transposé les travaux anglais** fondés sur le système HHSRS au cas français. Comme expliqué précédemment, tout logement ayant une consommation finale théorique supérieure à 477 kWhEF 5 usages/m²/an est jugé inefficace énergétiquement et est donc susceptible d'entraîner un événement délétère pour la santé dans les douze mois suivants avec une probabilité de 1/18. Le service des études médicales d'EDF a également :

– proposé de différencier la probabilité de survenue d'un effet délétère sur la santé en fonction des revenus, estimant qu'elle est plus forte pour les ménages à bas revenus, et moins forte pour ceux à revenus plus élevés (les différentes probabilités figurent dans le Tableau 15 plus bas) ;

– adapté au cas français la répartition entre les quatre classes de sévérité de pathologies attribuables aux températures intérieures basses définies dans les travaux anglais, pour tenir compte de l'importante diminution de la mortalité par infarctus du myocarde observée en France depuis vingt ans (voir Tableau 10 ci-dessous).

Le service des études médicales d'EDF a aussi estimé les coûts médicaux des différentes pathologies attribuables à des températures intérieures basses pour la France à l'aide des

données de l'Assurance maladie. Ces coûts, strictement marchands, sont ensuite pondérés par le poids des différentes maladies attribuables à une température intérieure basse, pour donner le coût moyen (et donc théorique) d'une pathologie attribuable au froid, soit 3 318 euros (voir Tableau 10).

Tableau 10 – Estimation des coûts médicaux directs en France liés au risque d'exposition à des températures intérieures basses

Classe de sévérité du préjudice	Effet sanitaire (représentatif)	Coûts moyens par pathologie (€)	Répartition selon la sévérité (%)	Coût pour le système de santé (€)
I (extrême)	Infarctus du myocarde ayant conduit au décès dans les 12 mois	9 863*	3	296
II (sévère)	Infarctus du myocarde sans décès dans les 12 mois *	13 850*	17	2 354
III (sérieux)	Infection bronchite sévère (hospitalisation)	2 138**	30	641
IV (modéré)	Pneumonie traitée en ville	53***	50	26
Coût moyen « théorique » d'un effet				3 318

* Durant ou après l'hospitalisation.

** Coût estimé à partir du PSMI des années 2007 à 2011, en comparant le coût de prise en charge sur l'année précédant le syndrome coronaire aigu au coût sur l'année suivant l'hospitalisation pour les patients ayant survécu. Coût moyen d'une hospitalisation pour ce motif : 5 876 € (y compris si décès lors du séjour) ; coût de l'année suivant à la sortie de l'hôpital : 7 974 €. Pour les patients décédés dans l'année, hypothèse d'un coût de prise en charge l'année suivante divisé par 2 (soit 3 987 €). Coût pour la classe I de 5 876 € + 3 987 € ; pour la classe II de 5 876 € + 7 874 €. Analyse réalisée dans une perspective sociétale réduite aux coûts médicaux directs.

*** Analyse du PMSI 2013 prenant en compte deux groupes homogènes de malades (GMH) (« pneumonie et pleurésie, niveau de sévérité 1 » (GHM04M051) et « bronchite et asthme, niveau de sévérité 1 » (GHM 04M031)). Pondération de 50 % pour chaque GHM et valorisation avec l'étude nationale de coûts à méthodologie commune 2013 (ENCC).

**** Estimé sur la base de deux visites chez le médecin généraliste et une prescription d'antibiotiques (estimation de « *occasional mild pneumonia* » considéré dans le modèle anglais : pneumonie légère chez des patients < 65 ans et sans comorbidité).

Source : Ezratty et al*. (2018)*

Sur cette base, les coûts de santé liés à l'inefficacité énergétique (températures intérieures basses uniquement) sont estimés par le service des études médicales d'EDF à 639 millions d'euros par an[1] pour 3,5 millions de ménages, soit 182 €/an par ménage concerné.

[1] Une analyse de sensibilité sur le critère permettant d'identifier les logements inefficaces (SAP ≤ 38) montre que le coût est compris entre 524 millions d'euros (SAP ≤ 32) et 709 millions d'euros (SAP ≤ 43) (Ezratty *et al.*, 2018).

Enfin, **le collectif d'initiative Rénovons !** (Dubreuil, 2017) **estime à 758 millions d'euros les coûts de santé pour 2,6 millions de ménages en situation de précarité énergétique** (soit 292 €/an par ménage concerné), à partir de la fraction attribuable à la précarité énergétique de chacune des pathologies et des coûts annuels pour le système de soin (estimés à partir de plusieurs sources[1]). Il s'agit donc du coût marchand supporté par la Sécurité sociale et la Couverture maladie universelle complémentaire et les coûts non marchands ne sont pas pris en compte. À noter toutefois que contrairement à l'étude du service des études médicales d'EDF, cette étude intègre la morbidité psychologique (dépression) et ne se focalise pas uniquement sur la morbidité physique.

À notre connaissance, **aucune étude n'a cherché explicitement à chiffrer le coût des décès prématurés liés à l'inefficacité énergétique.** Néanmoins, en France, les coûts de mortalité sont estimés à l'aide de la valeur tutélaire d'une vie statistique de 3 millions d'euros (Quinet, 2013). Avec un nombre de décès causés annuellement par l'inconfort thermique (températures intérieures basses) compris entre 2 200 (estimation du groupe à partir de l'étude du service des études médicales d'EDF, voir note ci-dessus) et 10 350 (à partir de l'estimation de J. Rudge (2011), voir section 3.1.2. *supra*) en France, **le coût de mortalité est compris entre 6,6 et 31 milliards d'euros par an.**

Les bénéfices de santé des rénovations énergétiques

Actuellement, **deux études françaises ont estimé les bénéfices de santé de la rénovation énergétique des logements et en particulier des passoires énergétiques en procédant de manière indirecte**. On retrouve les deux études citées plus haut qui chiffraient le coût de santé de l'inefficacité énergétique. Précisément :

– **le collectif d'initiative Rénovons !** évalue les effets d'un plan de rénovation énergétique sur la précarité énergétique, par comparaison d'un scénario « tendanciel » (en conservant le rythme actuel de rénovation) et d'un scénario « cible » (éradication des passoires énergétiques à horizon 2025). **Rénover les 7,4 millions de passoires énergétiques** (définies comme les logements des étiquettes F et G, sans prise en compte du revenu des ménages) **permettrait d'économiser des coûts de santé de 758 millions d'euros grâce à l'amélioration de l'état de santé des 2,6 millions de ménages modestes y vivant**. L'étude ne considère pas les économies de dépenses de santé liées à l'amélioration de l'état de santé des autres ménages vivant dans ces passoires énergétiques qui ne sont pas estimées ici (Dubreuil, 2017) ;

[1] Le coût moyen par cas est soit issu de Rafenberg (2015) (pour les bronchites et l'asthme), soit estimé sur la base d'hypothèses conservatrices fondées sur le coût moyen d'une consultation chez un médecin et d'une ordonnance de médicaments (pour rhume, angines, etc.).

– l'étude réalisée par le **service des études médicales d'EDF** en collaboration avec la R & D d'EDF, l'université de Warwick et Cemka (Ezratty *et al.*, 2018), inspirée pour rappel des travaux anglais, **aboutit à un gain similaire, de 634 millions d'euros par an[1] pour 3,5 millions de ménages** (dont la consommation théorique dépasse 477 kWhEF 5 usages/m² par an), soit un gain de 181 euros par logement. L'étude pointe que les gains de santé seraient plus élevés pour les ménages très modestes, qui sont conduits à restreindre leur consommation de chauffage au détriment de la température intérieure. Pour ces ménages, les gains de santé apportés par une rénovation justifieraient à eux seuls (sans compter la réduction de la facture énergétique ou encore les baisses d'émissions de CO_2) la réalisation des investissements : chaque euro investi dans la rénovation générerait un bénéfice de 1,65 euro (économie de dépenses de santé) pour les logements inefficaces occupés par des ménages sous le seuil de pauvreté.

Par ailleurs, une étude du cabinet Citizing évalue les gains de santé et de confort de la rénovation énergétique des logements de manière directe. Selon cette étude, parue en 2020, rénover l'ensemble des passoires énergétiques (4,8 millions de logements F et G en 2020) permettrait entre 2020 et 2030 : a) d'éviter 800 millions d'euros de coûts de santé pour la sécurité sociale (obtenus en retenant 10 % du gain de santé estimé par Ezratty *et al*. (2018)[2]) et b) un gain de bien-être évalué à hauteur de 12,4 milliards d'euros. Ce gain de bien-être est évalué en considérant que si les ménages choisissent de se chauffer plus post-rénovation (effet rebond), c'est qu'ils valorisent le confort *a minima* autant que les gains de pouvoir d'achat auxquels ils renoncent en se chauffant plus.

3.2. Élaboration d'une méthode pour évaluer les bénéfices de santé des rénovations énergétiques des logements

3.2.1. Opportunités

Actuellement, **il n'existe pas de référence officielle pour évaluer les impacts sanitaires de l'inefficacité énergétique des logements**. Ainsi, lors d'évaluations socioéconomiques de projets d'investissement de rénovation ou de politiques publiques encourageant de tels projets de rénovation, les incidences sanitaires sont généralement

[1] À noter que l'écart de 5 millions d'euros avec les 639 millions d'euros de coût de santé de l'inefficacité énergétique cité plus haut s'explique par le fait que la probabilité de survenue d'un événement de santé post-rénovation n'est pas considérée comme nulle après rénovation. Elle s'élève à 1/2 250 (Ezratty *et al*., 2018).

[2] Les auteurs de l'étude adoptent une démarche conservatrice, en l'absence d'informations suffisantes sur la méthode employée par Ezratty *et al*. (2018), notamment pour l'adaptation de la méthode des travaux anglais au DPE français. Dans le cadre de ce groupe de travail, ces informations nous ont été communiquées directement par le docteur Ezratty, membre du groupe Inefficacité énergétique.

ignorées, et seules les incidences environnementales (CO_2), énergétiques et sociales (factures des ménages) sont considérées.

Parmi les rares cas de prise en compte de l'enjeu sanitaire, l'évaluation socioéconomique du projet de réhabilitation de 1 500 logements dans le cadre de l'Opération de requalification des copropriétés dégradées d'intérêt général (Orcod-IN) dans le Bas-Clichy réalisée par le bureau d'études Citizing peut être citée (voir Encadré 11). Il s'agit d'une tentative exploratoire de prise en compte des effets sur la santé dans les évaluations qui, d'une part, montre qu'il est possible de valoriser certaines informations propres à chaque projet et, d'autre part, met en exergue la nécessité de proposer une méthodologie d'évaluation opérationnelle et robuste scientifiquement pour l'évaluation des impacts sur la santé des projets d'investissement.

Encadré 11 – Évaluation des bénéfices de santé de l'Orcod-IN de Clichy-sous-Bois

Pour son évaluation de la rentabilité socioéconomique du projet d'Orcod-IN de Clichy-sous-Bois, le bureau d'études Citizing (De Brux *et al.*, 2019) s'est focalisé sur deux thématiques de santé : la santé mentale et la tuberculose. Grâce à une antenne locale des services sociaux, Citizing a eu connaissance de l'existence de cas de tuberculose parmi les résidents des logements dans le périmètre du projet, alors que l'apparition de nouveaux cas de tuberculose est devenue rare de nos jours en France[1]. Pour la monétarisation, Citizing s'est appuyé sur l'étude de Diel *et al.* (2014) qui utilise les coûts directs du traitement (médicaments, examens de laboratoire, hospitalisations et consultations externes) et les coûts indirects (la perte de productivité qui résulte des jours passés en arrêt maladie) associés à la tuberculose dans les pays de l'Union européenne. Concernant la santé mentale, Citizing a utilisé des résultats mis en avant par Chapman *et al.* (2017) qui estiment que la rénovation entraîne la réduction de 44 % du risque de présenter des maladies mentales. Les coûts de traitement de ces pathologies ont été exhibés à partir d'une méthode (Fujiwara et Dolan, 2014) qui identifie l'impact des maladies mentales sur le niveau de satisfaction d'un individu par l'estimation d'une « valeur de compensation[2] ». Il a été supposé, de façon très optimiste[3], que les gains apportés par la rénovation perdurent cinquante années. Finalement, les gains

[1] Moins de 10 cas pour 100 000 habitants en France depuis le début des années 2000, malgré des disparités persistantes entre territoires et groupes de population (Guthmann *et al*., 2020).

[2] La valeur de compensation correspond à la somme qu'il faudrait donner à un individu atteint de la maladie afin que son niveau de satisfaction soit égal à celui qu'il obtiendrait en l'absence de la maladie.

[3] La durée de la rénovation est comprise entre quinze et trente ans par exemple pour le bouquet de travaux retenu dans Ezratty *et al*. (2018).

sanitaires ont été estimés à 26 millions d'euros. Citizing indique que ces gains de santé pourraient être sous-estimés du fait de la restriction à deux effets sur la santé (tuberculose et maladies mentales). À l'inverse, ils pourraient être surestimés en raison de l'existence d'un risque de double-compte avec les gains de confort qui sont estimés par ailleurs. Ces résultats doivent par conséquent être interprétés plutôt comme un ordre de grandeur d'autant qu'ils sont estimés en mobilisant des résultats obtenus dans des contextes différents (gains des rénovations sur un parc de logements énergivores en Nouvelle-Zélande par exemple).

Par ailleurs, les équipes du Commissariat général au développement durable (CGDD) utilisent un modèle de simulation des décisions de rénovation des logements qui permet d'analyser l'effet des politiques publiques (aides, taxes, etc.) sur le nombre et l'amplitude des gestes de rénovation. L'intégration des co-bénéfices de santé à ce modèle vient utilement compléter l'évaluation des impacts des rénovations qui est faite à partir de ce modèle[1]. Les travaux présentés dans la section suivante répondent à cet objectif.

3.2.2. Démarche d'élaboration de la méthode

La méthode proposée par le groupe Inefficacité énergétique pour évaluer les bénéfices de santé de la rénovation énergétique des logements doit permettre d'identifier les logements dont la rénovation entraînera des bénéfices potentiels sur la santé des occupants, de quantifier ces bénéfices et de les monétariser. Pour permettre une **utilisation facile de la méthode** par des bureaux d'études devant analyser l'impact socioéconomique d'un projet de rénovation ou par des évaluateurs de politiques publiques, le groupe Inefficacité énergétique a tenu compte du fait qu'ils n'ont pas nécessairement un niveau d'information très fin, ni les moyens d'acquérir l'information pertinente au regard des enjeux de santé. Par exemple, ils ne sont pas en mesure de réaliser une enquête pour estimer l'état de santé des populations concernées par un futur projet de rénovation.

Ciblage des logements

Pour identifier les logements susceptibles de connaître des bénéfices de santé grâce à une rénovation énergétique, il est nécessaire de **choisir un indicateur de la performance énergétique du logement qui soit en même temps une bonne variable de**

[1] À ce sujet, voir la première utilisation qui en a été faite : Domergue S., Chabrol F. et Giraudet L.-G. (2021), « Projet de loi climat et résilience : évaluation de l'obligation de rénovation des logements indécents du parc locatif privé », Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », juin.

substitution (proxy) pour évaluer l'effet sur la santé. Plusieurs indicateurs ont été identifiés à partir de la revue de la littérature relatée dans la section 2 *supra* :

– le diagnostic de performance énergétique (DPE) qui prend en compte la consommation théorique (c'est-à-dire reflétant la performance énergétique du logement pour un usage conventionnel) d'énergie primaire (voir Glossaire) pour trois usages ;

– la température relevée dans le logement ;

– la mesure subjective de la sensation de froid dans le logement en s'appuyant sur les déclarations des ménages quant au ressenti du froid dans leur logement ;

– la mesure subjective du confort qui s'appuie aussi sur les déclarations des ménages qui attribuent une note à leur sensation de confort dans leur logement.

Un indicateur de type taux d'effort énergétique a aussi été initialement envisagé par le groupe Inefficacité énergétique, mais a finalement été écarté, comme expliqué dans l'Encadré 12.

Les indicateurs considérés par le goupe de travail listés ci-dessus ont été évalués par les experts selon différents critères :

– l'existence, la disponibilité, l'accessibilité des données : ce critère permet d'apprécier la disponibilité *ex ante* d'une information sur un logement donné pour un évaluateur ;

– la fiabilité des indicateurs : ce critère permet d'identifier si l'indicateur reflète ou non la réalité du logement ;

– la reproductibilité de la donnée au cours du temps : ce critère permet d'évaluer les possibilités et la pertinence de comparer l'indicateur dans le temps ;

– le caractère universel de l'indicateur : ce critère permet d'évaluer si des liens peuvent être établis entre plusieurs études utilisant l'indicateur (notamment entre une étude établissant le lien avec l'action de rénovation énergétique et une étude établissant le lien avec la santé) ;

– la possibilité de mesurer *ex ante* l'impact de la rénovation sur l'indicateur.

Aucun indicateur ne satisfait pleinement l'ensemble des critères de qualité. **Le groupe Inefficacité énergétique a donc fait le choix de retenir *a minima* l'étiquette DPE**, considérant qu'elle est le seul indicateur disponible susceptible d'être utilisé par les évaluateurs.

Encadré 12 – Autre indicateur envisagé pour identifier les logements dont les occupants seraient susceptibles de souffrir de problèmes de santé

La revue de littérature, confortée par le retour d'expérience des membres du groupe, établit que les problèmes de santé sont susceptibles d'apparaître dans les logements de mauvaise qualité thermique et dont les occupants ont des revenus modestes. Pour identifier les logements dont la rénovation entraînera des bénéfices de santé potentiels, il semblait donc à première vue pertinent d'utiliser un critère du type taux d'effort énergétique qui est un des indicateurs utilisés par l'ONPE pour qualifier la précarité énergétique (voir Encadré 9 plus haut). Ce dernier met en rapport les dépenses énergétiques du ménage et le revenu disponible par unité de consommation. Plus précisément, le critère idéal serait le taux d'effort énergétique théorique qui prendrait en compte non pas la consommation réelle mais la consommation théorique permettant de chauffer correctement le logement. En effet, des difficultés financières peuvent conduire un ménage à réduire ses dépenses de chauffage de façon à réduire son taux d'effort énergétique effectif. Ce type de critère nécessite cependant des informations que l'évaluateur n'a *a priori* pas : la facture énergétique (ou même la facture théorique) ainsi que les revenus du ménage. En outre, la revue de littérature n'a pas permis d'identifier des travaux quantifiant précisément le lien entre taux d'effort énergétique et santé[1]. Ce critère a donc été écarté.

Si le DPE est un indicateur qui souffre d'un manque de fiabilité (comme les autres indicateurs) largement souligné, il répond néanmoins à un protocole d'élaboration, certes imparfait, mais défini au niveau national et qui vient d'être amélioré. Des travaux de fiabilisation du DPE ont en effet été réalisés et la définition du DPE a été refondue (voir section 3.2.4. *infra*), afin de le rendre opposable (en 2021, comme prévu par la loi Elan relative à l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique). Surtout, c'est le seul indicateur renseigné de manière massive. Inscrit dans la réglementation, il est connu et utilisé par les professionnels de la rénovation. Les bailleurs disposent du DPE et peuvent en ouvrir l'accès au cabinet d'étude chargé de l'évaluation d'un projet de rénovation. Le porteur de projet a aussi une idée de l'étiquette qui sera obtenue après rénovation. *In fine*, le DPE apparaît donc comme le seul indicateur susceptible de pouvoir être utilisé pour l'évaluation *ex ante* d'un projet, et il semble difficile à ce stade d'utiliser les autres indicateurs, car cela nécessiterait d'en faire la mesure sur le terrain (mesure

[1] De tels travaux ne permettraient pas directement d'affiner la boîte à outils car le problème d'accès à l'information, pour un projet de rénovation de logements, demeure. Néanmoins, ils seraient utiles pour l'évaluation de mesures politiques qui cibleraient les ménages vérifiant ce critère.

de la température, enquête), avant rénovation, démarche coûteuse qui n'est pas nécessairement compatible avec les délais de l'évaluation, et de faire des hypothèses pour la mesure après rénovation.

En conséquence, **l'outil mis à disposition des porteurs de projet doit donc *a minima* prendre comme information d'entrée l'étiquette DPE, même s'il n'est pas exclu que l'évaluateur puisse valoriser d'autres informations disponibles.**

Précisément, si l'évaluateur dispose d'informations concernant la consommation énergétique des logements en passe d'être rénovés, **il peut la mettre en regard du seuil de consommation théorique utilisé dans les travaux du service des études médicales d'EDF réalisés avec la R & D d'EDF, l'université de Warwick et Cemka.** Il devra néanmoins tenir compte du fait que consommation réelle et consommation théorique ne sont pas nécessairement similaires, en particulier dans le cas d'un ménage en situation de précarité, pour lequel la consommation réelle peut se révéler plus faible que la consommation théorique. Pour rappel, conformément à ces travaux, eux-mêmes inspirés des travaux anglais qui semblent pertinents en termes de rigueur scientifique, tout logement ayant une consommation théorique en énergie finale qui est supérieure à 477 kWhEF 5 usages/m²/an est jugé inefficace énergétiquement et susceptible d'entraîner une pathologie dont la probabilité est significative et quantifiée (1/18 en moyenne). Ce seuil est exprimé pour cinq usages énergétiques afin de correspondre au cadre d'analyse anglais où cinq usages sont considérés. Or, les travaux conduits par EDF se sont appuyés sur les données de l'enquête Phébus. Il a donc été nécessaire d'exprimer ce seuil pour les usages utilisés par le DPE français (trois usages au lieu de cinq). Les services d'EDF ont alors traduit ce seuil en consommation finale pour les trois usages, en enlevant les deux usages qui ne font pas partie du DPE français (ventilation et éclairage) et en diminuant les consommations résiduelles (chauffage, ECS et climatisation) de 20 % pour que les résultats de consommation en énergie finale du moteur de calcul DPE donnent en moyenne les mêmes que ceux de l'enquête Phébus pour ces trois usages. **On obtient un seuil de 378 kWhEF 3 usages/m²/an.**

Lorsque les consommations énergétiques ne sont pas accessibles directement, le groupe Inefficacité énergétique propose d'appliquer la **part moyenne nationale de logements dont la consommation énergétique dépasse 378 kWhEF 3 usages/m²/an**, **par étiquette DPE** (voir Tableau 11). Par exemple, si le projet de rénovation concerne 100 logements ayant une étiquette G, l'évaluateur pourra considérer que 34 logements sont concernés par le risque santé lié à l'inefficacité énergétique.

Tableau 11 – Estimation des parts moyennes de logements, parmi ceux disposant d'un DPE (ancienne définition), dont la consommation théorique énergétique dépasse 378 kWhEF 3 usages/m²/an, par étiquette DPE

Part des logements vérifiant le critère consommation > 378 kWh EF 3 usages/m²/an	A	B	C	D	E	F	G
Toutes énergies	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	22 %	34 %

Source : calculs MTE/SDES à partir de la base DPE (ancienne définition) de l'Ademe. Cette base permet l'intégration de la consommation en énergie finale pour chaque logement diagnostiqué

Note : il y aurait en France en 2018 environ 3,1 millions de logements en étiquette F et 1,7 million en étiquette G (Merly-Alpa et al., 2020). En multipliant ces chiffres par les parts du tableau précédent, il est possible d'estimer qu'il y aurait en France environ 1,3 million de logements (soit 4,6 % des logements) vérifiant le critère d'inefficacité énergétique et pour lesquels un risque santé significatif existe pour les occupants. Ce chiffre est nettement inférieur au chiffre précédemment cité en termes de logements non performants sur le plan thermique. Le service des études médicales d'EDF évaluait en effet à 3,5 millions le nombre de logements au-delà du seuil de 477 kWhEF 5 usages/m²/an. Cela s'explique par la réactualisation faite par le service des statistiques du ministère de la Transition écologique (SDES) du nombre de logements présents dans chaque étiquette. Il y a en effet 4,8 millions de logements d'étiquette F ou G, alors que la dernière estimation mentionnée plus haut dans le rapport en relevait 7,4 millions. Cette dernière estimation, utilisée par le service des études médicales d'EDF, était tirée de l'enquête Phébus[1] réalisée en 2013 auprès de 2 399 ménages ayant participé au volet DPE de l'enquête. La nouvelle estimation du SDES se base sur un extrait de 500 000 logements de la base DPE. Cette nouvelle estimation semble donc plus robuste, bien qu'un biais persiste puisque les logements disposant d'un DPE ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble des logements en France.

Par ailleurs, dans la mesure où il est fort probable que l'évaluateur connaisse le type de chauffage utilisé – équiréparti entre l'électricité, le gaz, le fioul et le bois en France, contraitement au parc anglais où 80 % des logements sont chauffés au gaz naturel –, le groupe Inefficacité énergétique a envisagé de différencier les parts de logements dont la consommation théorique dépasse 378 kWhEF 3 usages/m²/an par étiquette DPE pour chaque type d'énergie utilisée pour le chauffage, ou encore de modifier ce seuil de consommation selon l'énergie utilisée, mais a finalement fait le choix d'utiliser des valeurs toutes énergies confondues (voir Encadré 13).

[1] Enquête *Performance de l'habitat, équipements, besoins et usages de l'énergie*.

Encadré 13 – Tentative d'estimation spécifique pour chaque type d'énergie de chauffage

Différencier les parts de logements consommant plus de 378 kWhEF 3 usages/m²/an par étiquette DPE selon l'énergie de chauffage

D'une part, le groupe a envisagé de différencier les parts de logements dépassant le seuil de consommation théorique retenu par étiquette DPE selon l'énergie de chauffage.

Tableau 12 – Estimation des parts moyennes de logements, parmi ceux disposant d'un DPE (ancienne définition), dont la consommation énergétique théorique dépasse 378 kWhEF 3 usages/m²/an, par étiquette DPE, selon le type d'énergie principale de chauffage

Part des logements vérifiant le critère consommation > 378 kWh EF 3 usages/m²/an	A	B	C	D	E	F	G
Électricité	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	2 %
Bois	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 %	50 %
Gaz	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	56 %	97 %
Autres énergies	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	43 %	98 %

Source : calculs MTE/SDES à partir de la base DPE (ancienne définition) de l'Ademe. Cette base permet l'intégration de la consommation en énergie finale pour chaque logement diagnostiqué. Pour construire la variable d'énergie principale de chauffage pour chaque logement, la base complémentaire TD002 de l'observatoire DPE de l'Ademe est mobilisée

Dans les statistiques différenciées selon chaque type d'énergie de chauffage (voir Tableau 12), il apparaît que très peu de logements chauffés à l'électricité – voire aucun – dépassent le seuil de 378 kWhEF 3 usages/m²/an. L'utilisation par l'évaluateur de la valeur spécifique à l'électricité reviendrait donc à considérer qu'en France la précarité énergétique et les problèmes de santé associés ne concernent pas les ménages utilisant l'électricité pour le chauffage. Cette interprétation est contredite par les statistiques nationales relatives à la précarité énergétique ainsi que par l'expérience des membres du groupe qui sont au contact du terrain.

Ce point en particulier a donné lieu à des discussions au sein du groupe. Les chiffres du tableau ne sont pas contestés : les logements chauffés à l'électricité sont pénalisés dans l'attribution des étiquettes DPE par le fait que le DPE est établi sur la base d'une consommation évaluée en énergie primaire. Or, pour l'électricité le taux de conversion d'énergie finale à énergie primaire est de 2,58, alors qu'il est de 1 (ou proche de 1) pour les autres énergies. Comme expliqué par Merly-Alpa *et al*. (2020) :

« Le chauffage électrique est donc surreprésenté parmi les passoires en énergie primaire, en raison des pertes de transformation associées à la production d'électricité (coefficient de 2,58) mais très sous-représenté en énergie finale. Deux facteurs peuvent contribuer à ce dernier résultat. D'une part, le rendement des

chaudières utilisant des combustibles tels que le gaz, le fioul ou le bois est généralement inférieur à celui des systèmes de chauffage électriques. D'autre part, les énergies de chauffage autres que l'électricité sont généralement privilégiées dans les logements où les besoins de chauffage sont les plus importants (en raison par exemple de leur localisation dans une zone particulièrement froide ou d'une mauvaise isolation). On peut penser que le coût élevé du kilowattheure électrique comparativement aux autres énergies dissuade en effet l'installation de systèmes de chauffage électriques dans de tels logements. »

Le même document souligne qu'effectivement, en France, les logements chauffés à l'électricité ont une consommation en énergie finale en moyenne légèrement inférieure aux autres logements et estime ainsi que le nombre de logements fortement consommateurs en énergie finale chauffés à l'électricité est de 5 % alors qu'ils sont de 54 % en énergie primaire.

Néanmoins, la précarité énergétique ne dépend pas tant de l'énergie finale consommée[1] que de la facture énergétique. Or, il existe des écarts importants entre les prix des différentes énergies, plutôt au détriment de l'électricité. En particulier, on observe un rapport de l'ordre de un à deux entre le prix du gaz et celui de l'électricité. Les analyses de l'ONPE effectuées à partir de l'indicateur du taux d'effort énergétique (TEE) montrent ainsi la répartition des sources de chauffage parmi les ménages en situation de précarité énergétique (voir Tableau 13).

Tableau 13 – Répartition des ménages selon l'energie de chauffage

Énergie de chauffage	TEE3D	3D	Moyenne population
Électricité	19 %	26 %	29 %
Fioul	32 %	8 %	14 %
Gaz	29 %	42%	36 %

Source : analyse de l'ONPE (avec TEE3D = taux d'effort énergétique > 8 % et revenu dans les 3 premiers déciles, et 3D = revenu dans 3 premiers déciles)

Par ailleurs, l'indicateur froid de l'ONPE indique que 23 % des ménages qui déclarent avoir froid sont chauffés à l'électricité. Ces chiffres indiquent donc que, si l'électricité paraît moins représentée dans les énergies de chauffage des ménages précaires, elle y est tout de même très présente.

Différencier le seuil de consommation d'énergie selon l'énergie de chauffage

D'autre part, le groupe Inefficacité énergétique a envisagé de considérer un seuil de consommation d'énergie théorique différent selon l'énergie de chauffage.

[1] Un habitant d'un logement chauffé au fioul a un risque d'être précaire 2,2 fois plus élevé qu'un habitant d'un logement chauffé à l'électricité. Un habitant d'un logement chauffé au gaz voit, quant à lui, son risque multiplié par 1,58, toujours par rapport à un logement chauffé à l'électricité (Ambrosio *et al.*, 2015).

En effet, dans le contexte anglais, la situation est homogène avec 80 % des logements chauffés au gaz naturel et moins de 10 % à l'électricité, entraînant une forte corrélation entre consommation en énergie finale et facture énergétique. À l'inverse, en France, cette corrélation est moins facilement avancée car l'énergie de chauffage est davantage équirépartie entre l'électricité, le gaz, le fioul et le bois. C'est pourquoi l'utilisation d'un seuil en énergie finale identique pour tous types d'énergie pourrait donc ne pas être adaptée, montrant les limites de l'application au cas français de la méthode anglaise. Il a donc été envisagé de différencier le seuil selon l'énergie de chauffage, en prenant le seuil dérivé de l'étude anglaise (378 kWhEF 3 usages/m²/an) pour le gaz mais un seuil plus bas pour l'électricité, fixé de sorte que la facture énergétique soit similaire pour les deux énergies. À titre d'illustration, le seuil de 200 kWh EF 3 usages est retenu dans le Tableau 14 ci-dessous. Il apparaît que le choix de seuils adaptés pourrait modifier sensiblement les parts estimées précédemment pour chaque type d'énergie.

Tableau 14 – Estimation des parts moyennes de logements, parmi ceux disposant d'un DPE (ancienne définition), dont la consommation énergétique théorique dépasse 200 kWhEF 3 usages/m²/an, par étiquette DPE pour les logements dont l'énergie principale de chauffage est l'électricité

Part des logements vérifiant le critère consommation > 200 kWh EF 3 usages/m²/an	A	B	C	D	E	F	G
Électricité	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	66 %

Source : calculs MTE/SDES à partir de la base DPE (ancienne définition) de l'Ademe. Cette base permet l'intégration de la consommation en énergie finale pour chaque logement diagnostiqué. Pour construire la variable d'énergie principale de chauffage pour chaque logement, la base complémentaire TD002 de l'observatoire DPE de l'Ademe est mobilisée

Toutefois, il a été finalement considéré que différencier le seuil de consommation d'énergie conduisait à s'écarter trop sensiblement du cadre d'analyse anglais et qu'il ne serait alors plus possible d'utiliser rigoureusement les résultats qui y sont associés. Qui plus est, cela impliquerait d'introduire des éléments de prix fluctuant dans le temps, rendant ainsi les seuils de consommation d'énergie eux-mêmes variables dans le temps.

Quantification ex ante *des impacts de santé*

Après le ciblage des logements, la deuxième étape consiste à déterminer la probabilité de survenue d'un événement de santé dans ces logements. Pour respecter le principe de **rigueur scientifique**, le groupe Inefficacité énergétique s'est appuyé largement sur la revue des connaissances dressée dans la première partie, qui a permis de constater la quantité limitée des travaux scientifiques sur le sujet, en particulier concernant la France.

Pour rappel, **en matière de morbidité associée aux températures intérieures basses**[1], les travaux anglais ayant conduit à l'élaboration du système HHSRS fournissent une estimation de la probabilité d'occurrence d'événements de santé chez les occupants des logements en fonction de la consommation en énergie finale de ces derniers. La probabilité d'occurrence, dans les douze mois (donc chaque année), d'un cas de maladie liée à l'inefficacité thermique, pour un logement vérifiant le critère établi à l'étape précédente (consommation théorique en énergie finale supérieure à 378 kWhEF 3 usages/m²/an), est de 1/18e. Elle est, par construction, spécifique au système de santé anglais dont les modalités de prise en charge influencent directement le nombre de cas déclarés et aux conditions climatiques du pays qui interfèrent sur la température intérieure et donc sur la consommation d'énergie liée au chauffage.

> Note : Lorsqu'une pathologie survient du fait de l'inefficacité énergétique du logement, le service des études médicales d'EDF estime qu'il s'agit dans 3 % des cas d'un infarctus du myocarde conduisant au décès dans les douze mois. Ainsi, sachant qu'il y a en France 1,3 million de logements inefficaces thermiquement (voir *supra*), que pour ces logements la probabilité d'occurrence d'une pathologie liée à l'inefficacité énergétique est de 1/18 et que dans 3 % des cas il s'agit d'un infarctus du myocarde suivi du décès, le nombre de morts associés à l'inefficacité énergétique (températures intérieures basses) des logements est, avec cette méthode, de l'ordre de 2 200 chaque année (1,3 million * 1/18 * 3 %). Il s'agit d'une estimation conservatrice au regard de l'estimation de J. Rudge (2011) de plus de 10 000 décès par an (voir section 3.1.2. *supra*).

La méthode anglaise n'intègre pas le revenu des habitants dans les variables explicatives, alors qu'il s'agit d'une variable particulièrement intéressante au regard de la définition de la précarité énergétique, et d'une variable susceptible d'être disponible *ex ante* (contrairement à d'autres variables explicatives telles que l'âge ou encore l'état de santé initial, ou des comportements déterminants tels que la consommation de tabac). La démarche adoptée par le service des études médicales d'EDF (Ezratty *et al*., 2018), qui a adapté les travaux anglais au cas de la France, propose néanmoins de différencier la probabilité de survenue d'effets délétères sur la santé selon le revenu. Il s'agit d'une démarche exploratoire dans laquelle les probabilités ont été définies à partir de la valeur moyenne de 1/18 et en considérant qu'au sein des logements inefficaces sur le plan thermique, la majorité des effets sanitaires délétères survenaient chez ceux occupés par des ménages ayant un revenu par unité de consommation compris dans les déciles 1, 2 ou 3 (ménages modestes) (voir Tableau 15).

Cette différenciation selon plusieurs catégories de revenu semble pertinente et est acceptée par l'ensemble des membres du groupe Inefficacité énergétique qui souligne

[1] Pour rappel, la plupart des articles sur les effets sanitaires de l'inefficacité énergétique se focalisent sur les effets associés aux températures froides, dans la mesure où il est plus facile de quantifier une différence de température que la présence de moisissures et d'humidité. Nous faisons le même choix.

néanmoins que des travaux académiques pourraient utilement la conforter et l'affiner. **Le groupe recommande ainsi :**

– **à l'évaluateur ne disposant pas d'information sur le revenu des ménages occupant les logements qui vont être rénovés, de retenir la probabilité moyenne d'1/18 ;**

– **à l'évaluateur disposant de l'information sur le revenu (par exemple, s'il s'agit de logements sociaux inefficaces au plan thermique), d'appliquer une probabilité plus adaptée parmi le jeu de valeurs proposé** (voir Tableau 15 ci-dessus). Pour faciliter la démarche de l'évaluateur, le groupe Inefficacité énergétique rappelle que les niveaux du seuil de pauvreté et de décile 3 sont respectivement de 12 756 €/an et 21 670 €/an pour l'année 2018[1].

Tableau 15 – Probabilité de survenue, dans les douze mois, d'une maladie causée par l'inefficacité énergétique du logement, selon le revenu du ménage occupant

<table>
<tr><th colspan="2">Revenu des ménages</th><th colspan="3">Probabilité de survenue d'un événement de santé</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Déciles 1 à 3</td><td>En dessous du seuil de pauvreté</td><td>1/4</td><td rowspan="2">1/7</td><td rowspan="3">1/18</td></tr>
<tr><td>Au-dessus du seuil de pauvreté</td><td>1/20</td></tr>
<tr><td colspan="2">Déciles 4 à 10</td><td colspan="2">1/320</td></tr>
</table>

Source : adapté d'Ezratty et al. *(2018) par A. Duburcq (CEMKA, co-auteur d'Ezratty* et al.*, 2018) pour le groupe Inefficacité énergétique*

Cette différenciation selon plusieurs catégories de revenu semble pertinente et est acceptée par l'ensemble des membres du groupe Inefficacité énergétique qui souligne néanmoins que des travaux académiques pourraient utilement la conforter et l'affiner. **Le groupe recommande ainsi :**

– **à l'évaluateur ne disposant pas d'information sur le revenu des ménages occupant les logements qui vont être rénovés, de retenir la probabilité moyenne d'1/18 ;**

– **à l'évaluateur disposant de l'information sur le revenu (par exemple, s'il s'agit de logements sociaux inefficaces au plan thermique), d'appliquer une probabilité plus adaptée parmi le jeu de valeurs proposé** (voir Tableau 15 ci-dessus). Pour faciliter la démarche de l'évaluateur, le groupe Inefficacité énergétique rappelle que les

[1] L'enquête Revenus fiscaux et sociaux (ERFS) de l'Insee fournit annuellement des données sur le revenu, le niveau de vie et la pauvreté en France pour l'année N-2. Les dernières données disponibles, publiées en 2020, renseignent : a) les indicateurs de pauvreté, dont le seuil de pauvreté fixé par convention à 60 % du revenu médian, soit 1 063 euros par mois en 2018 (Delmas F. et Guillaneuf J. (2020), « En 2018, les inégalités de niveau de vie augmentent », Insee Résultats, Figure 3) ; b) la distribution du revenu disponible selon le type de ménage, du 1er au 9e décile. Les ménages appartenant aux trois premiers déciles ont un revenu disponible inférieur à 21 670 euros en 2018 (voir Tableau 1 « Distribution du revenu disponible des ménages » de l'ERFS).

niveaux du seuil de pauvreté et de décile 3 sont respectivement de 12 756 €/an et 21 670 €/an pour l'année 2018[1].

Estimation du coût moyen d'un effet de santé attribuable aux températures intérieures basses

Pour estimer le coût moyen d'un effet de santé attribuable aux températures intérieures basses, le groupe Inefficacité énergétique retient la répartition des pathologies liées à l'inefficacité énergétique des logements estimée par le service des études médicales d'EDF et dérivée des travaux anglais (voir Tableau 10 plus haut), mais le groupe transversal a :

– mis à jour les coûts médicaux par pathologie par rapport à ceux estimés par le services des études médicales d'EDF et ajouté à ces coûts marchands les indemnités journalières ;

– également estimé des coûts non marchands (coûts intangibles reflétant la perte de bien-être).

Pour rappel, le groupe transversal a cherché à :

– adopter une approche par l'incidence et donc à considérer, au prix de quelques hypothèses, l'ensemble des coûts générés, y compris ceux qui surviendront dans les années futures (plutôt que de considérer uniquement les coûts liés à l'événement ponctuel) ;

– estimer des coûts unitaires de manière aussi cohérente que possible entre les quatre groupes thématiques du groupe de travail.

À l'aide de la cartographie des pathologies et des dépenses de l'Assurance maladie (2018)[2] et des données de l'étude GBD 2018 pour la France[3], le groupe retient les coûts suivants :

[1] L'enquête Revenus fiscaux et sociaux (ERFS) de l'Insee fournit annuellement des données sur le revenu, le niveau de vie et la pauvreté en France pour l'année N-2. Les dernières données disponibles, publiées en 2020, renseignent : a) les indicateurs de pauvreté, dont le seuil de pauvreté fixé par convention à 60 % du revenu médian, soit 1 063 euros par mois en 2018 (Delmas F. et Guillaneuf J. (2020), « En 2018, les inégalités de niveau de vie augmentent », Insee Résultats, Figure 3) ; b) la distribution du revenu disponible selon le type de ménage, du 1er au 9e décile. Les ménages appartenant aux trois premiers déciles ont un revenu disponible inférieur à 21 670 euros en 2018 (voir Tableau 1 « Distribution du revenu disponible des ménages » de l'ERFS).

[2] Voir Assurance maladie (2021), « Dépenses remboursées affectées à chaque pathologie en 2018 », octobre. Des fiches par pathologie sont également consultables sur le site de l'Assurance maladie.

[3] https://cevr.tuftsmedicalcenter.org/databases/cea-registry

Tableau 16 – Coûts marchands et non marchands (€$_{2018}$) par pathologie calculés par le groupe transversal

	Coûts intangibles de mortalité (€$_{2018}$)	*Coûts intangibles de mortalité – cas d'une population particulièrement jeune ou âgée (€$_{2018}$)*	**Coûts intangibles de morbidité** (€$_{2018}$)	**Coûts médicaux** (+ indemnités journalières) (€$_{2018}$)
Syndrome coronaire aigu ayant conduit au décès	3 428 000	*1 203 366*	3 561	9 980
Syndrome coronaire aigu n'ayant pas conduit au décès	0	*0*	29 550	20 938
Infection sévère de l'appareil respiratoire	0	*0*	64 320	11 356
Pneumonie traitée en ville	0	*0*	162	19

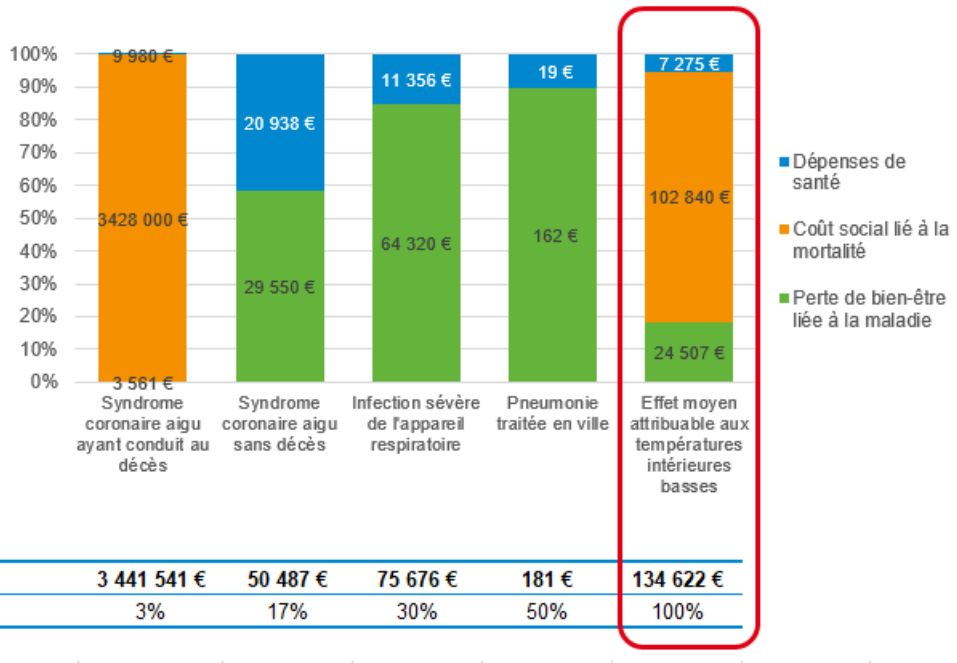
Notes : Le lecteur est renvoyé au Chapitre 1 (section 3) pour une explication plus détaillée de la méthode d'estimation des coûts et à l'annexe de l'outil (fichier Excel) pour le détail des paramètres d'entrée ayant servi à l'estimation de ces coûts (coefficient d'incapacité, durée de la pathologie, années de vie perdues par mortalité, dépenses médicales annuelles, etc.). À noter que :

– l'asthme et la BPCO ont été retenues comme pathologies représentatives de l'infection sévère de l'appareil respiratoire ;
– pour le coût intangible de mortalité, et dans le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée, l'approche par les années de vie perdues par décès peut être retenue (à la place de l'approche par les décès) conformément aux recommandations des guides de calcul socioéconomique (voir section 3.1. du Chapitre 1). Les valeurs sont indiquées en gris dans le tableau ;
– le coût intangible de morbidité peut être divisé par deux en analyse de sensibilité (conformément à Herrera-Araujo *et al.*, 2020, voir point « La valorisation monétaire des DALY » de la section 3.2. du Chapitre 1) ;
– le soin est laissé à l'évaluateur d'appliquer le coût d'opportunité des fonds publics aux (seuls) coûts médicaux lorsqu'il établit son bilan par acteur et chiffre l'impact sur les finances publiques.

Source : groupe transversal, à partir des données GBD (2018) et de la cartographie de l'Assurance maladie (2018) et groupe Inefficacité énergétique pour le poids relatif de chaque pathologie

Ces coûts marchands et non marchands permettent d'estimer un coût moyen attribuable aux températures intérieures basses de **134 622 euros** (voir Figure 10).

Figure 10 – Répartition des coûts (€$_{2018}$) par pathologie et du coût moyen d'un effet sur la santé causé par des températures intérieures basses



Coût total par cas	**3 441 541 €**	**50 487 €**	**75 676 €**	**181 €**	**134 622 €**
Probabilité d'occurence	3%	17%	30%	50%	100%

Source : groupe transversal (coûts par pathologie) et groupe Inefficacité énergétique (poids relatif de chaque pathologie)

Résultats par logement : coût de l'inefficacité énergétique et bénéfice de la rénovation

En moyenne, un coût d'environ 7 500 €$_{2018}$ (=134 622 €/18) **par an peut ainsi être attribué à chaque logement considéré comme inefficace énergétiquement** (voir Figure 11) (respectivement : 400 euros, 1 400 euros et 5 700 euros pour les coûts de santé, la perte de bien-être et le coût social de mortalité).

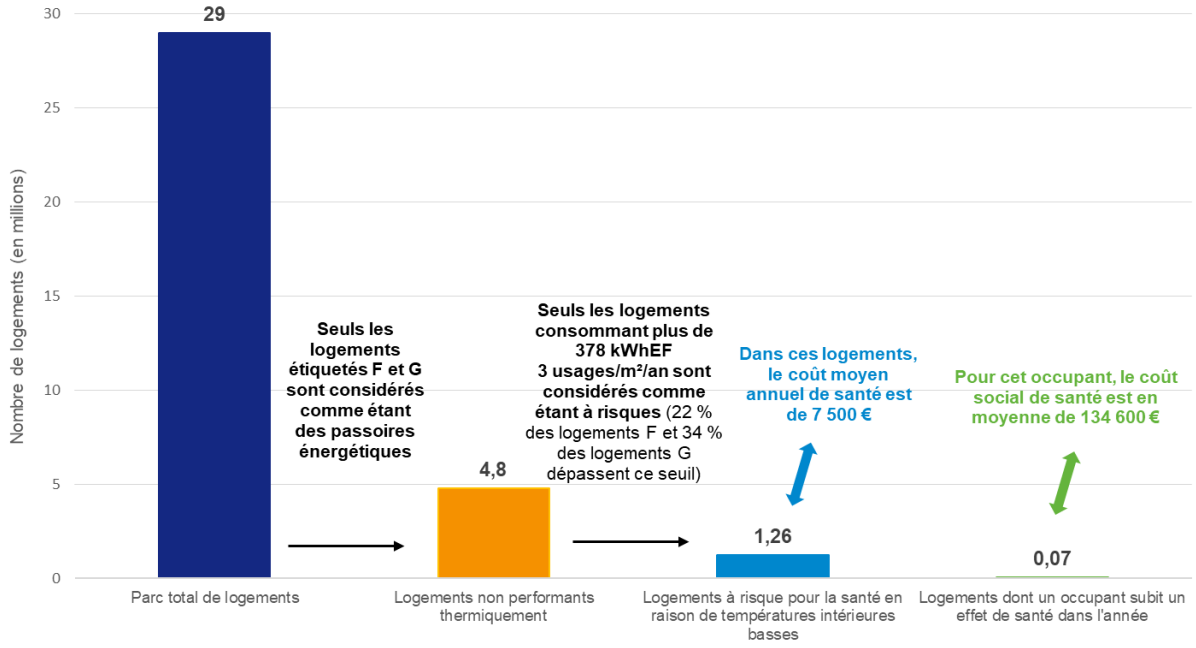
Ce coût moyen par logement est différencié selon le revenu du ménage occupant le logement (voir Tableau 17).

Tableau 17 – Coût moyen de santé (€$_{2018}$) d'un logement inefficace selon le revenu du ménage occupant

Revenu des ménages		Coût moyen de santé par logement		
Déciles 1 à 3	En dessous du seuil de pauvreté	33 656 €$_{2018}$	19 231 €$_{2018}$	7 479 €$_{2018}$
	Au-dessus du seuil de pauvreté	6 731 €$_{2018}$		
Déciles 4 à 10		421 €$_{2018}$		

Source : groupe transversal et groupe Inefficacité énergétique

Figure 11 – Sélection des logements auxquels s'applique le coût moyen par logement



Source : groupe Inefficacité énergétique

Ce coût n'est pas systématiquement évité dans le cas d'une rénovation. Précisément, les bénéfices de santé de la rénovation dépendent *a priori* de la qualité de la rénovation. En effet, une rénovation légère peut se révéler insuffisante pour faire sortir totalement un ménage de la précarité énergétique.

Initialement, il a été proposé d'évaluer l'effet de la rénovation sur la probabilité d'occurrence d'une maladie non pas en prenant pour référence un niveau absolu de consommation atteint, mais la baisse relative, en pourcentage, de la consommation énergétique obtenue après rénovation (voir Encadré 14). La majorité des membres du groupe Inefficacité énergétique a cependant préféré, par souci de simplicité et pour encourager les rénovations ambitieuses, raisonner à partir de niveaux absolus à atteindre. **Le groupe propose donc de différencier le bénéfice de santé de la rénovation en fonction du niveau de consommation énergétique théorique atteint** en s'inspirant des hypothèses faites par le service des études médicales d'EDF qui a considéré que les rénovations énergétiques sont efficaces, c'est-à-dire qu'elles permettent d'éliminer quasiment en totalité les coûts de santé liés à l'exposition au froid, lorsqu'elles permettent d'atteindre un niveau de consommation énergétique théorique de 225 kWhEF 3 usages/m²/an. On peut noter que si l'étiquette C est atteinte, alors ce seuil est respecté. À l'inverse, lorsque la rénovation ne permet pas d'abaisser la consommation en dessous de 378 kWhEF 3 usages/m²/an, elle est au contraire considérée comme sans effet bénéfique sur le risque pour la santé. Entre deux, lorsque la consommation théorique

après rénovation s'élève à environ 300 kWhEF 3 usages/m²/an, on considère qu'il reste un risque pour la santé résiduel de 20 %.

Autrement dit, pour évaluer le bénéfice d'une rénovation, les coefficients suivants doivent être appliqués au coût de l'inefficacité énergétique par logement du Tableau 17 selon la consommation énergétique atteinte post-rénovation.

Tableau 18 – Bénéfice de santé de la rénovation en fonction de son ambition

Consommation énergétique théorique après rénovation	< 225 kWhEF 3 usages/m²/an (rénovation « ambitieuse »)	300 kWhEF 3 usages/m²/an (rénovation « partielle »)	> 378 kWhEF 3 usages/m²/an (pas de rénovation ou très faible)
Coefficient multiplicatif (à appliquer au coût par logement de l'inefficacité énergétique)	100 % (la probabilité tombe à 0 [a])	80 % [b]	0 %

[a] La probabilité exacte, fournie par le service des études médicales d'EDF, pour ce niveau de consommation, est de 1/2 250. Elle est ici considérée comme nulle.

[b] La probabilité d'occurrence d'un effet de santé n'est pas linéaire avec la consommation : elle augmente beaucoup plus vite que celle-ci. La valeur de 20 % pour une consommation de 300 kWh reflète ce phénomène (voir Encadré 14). Elle est indicative.

Source : groupe Inefficacité énergétique

Face à de tels bénéfices pour une rénovation, les raisons pour lesquelles les ménages ne rénovent pas (suffisamment) leur logement méritent ici d'être rappelées : 40 % des ménages ne sont pas propriétaires, certains d'entre eux sont eux-mêmes précaires et ne disposent pas de moyens financiers suffisants pour engager les travaux ou encore ils ne perçoivent pas ces gains de santé (parce qu'ils n'ont pas conscience des risques de tomber malade ou de mourir, et, pour une partie du gain, parce que les soins de santé ne sont pas supportés individuellement mais sont remboursés par la Sécurité sociale). Cela étant dit, il est important que les décideurs publics réalisent que la lutte contre la précarité énergétique est une question de santé publique, qui ne relève pas uniquement de la sphère privée.

Encadré 14 – Appréciation de l'effet d'une rénovation à partir d'une baisse relative de la consommation d'énergie théorique

La proposition d'apprécier l'effet de la rénovation à partir d'une baisse relative de la consommation d'énergie s'appuyait sur le constat que la probabilité d'occurrence d'une maladie n'est pas linéaire avec la consommation : elle augmente beaucoup plus vite que celle-ci. Ainsi, d'après les chiffres fournis par EDF, pour une consommation théorique de 225 kWhEF 3 usages/m²/an, la probabilité est de 1/2250 ; pour une consommation supérieure à 378 kWhEF 3 usages/m²/an (supposons de 450 kWh en moyenne), elle est de 1/18. Pour un doublement de la consommation, la probabilité est ainsi multipliée par 125. En supposant une évolution en puissance, cela correspondrait à une évolution à la puissance 7. Cette estimation est évidemment très fruste et a un objectif illustratif[1]. La rénovation de logements extrêmement énergétivores (par exemple, ayant une consommation de 650 kWh 3 usages/m^2/an) conduisant à un niveau après rénovation encore élevé (par exemple 420 kWh/m^2/an) peut donc produire des gains santé très significatifs (probablement très supérieurs à ceux procurés par un passage de 400 à 200).

Un exemple concret : l'estimation des bénéfices attendus de la rénovation des passoires énergétiques

La France s'est fixé pour objectif la rénovation de l'ensemble des passoires énergétiques d'ici 2028. L'ensemble des 1,3 million de logements très énergivores dans lesquels des risques santé existent seront donc significativement rénovés. Les co-bénéfices de santé apportés par ce programme de rénovation représenteraient chaque année : une économie de 525 millions d'euros en coût de santé pour la sécurité sociale, un gain en bien-être de 1,7 milliard d'euros du fait d'une meilleure santé des occupants de ces logements, ainsi qu'un coût social de mortalité évité de 7,4 milliards d'euros (2 200 décès évités).

3.2.3. Démarche du porteur de projet

Pour faciliter l'application de la méthode d'évaluation des bénéfices de santé des rénovations énergétiques des logements et minimiser les risques d'erreur, le groupe

[1] Le groupe Inefficacité énergétique n'avait pas à sa disposition d'information suffisante permettant de spécifier rigoureusement la relation probabilité / consommation.

Inefficacité énergétique a élaboré un outil clés en main sous la forme d'un fichier Excel composé de sept onglets[1].

- **Un onglet « À lire en premier »** rappelle les objectifs de l'outil et le cadre dans lequel il peut être utilisé. Il décrit également la composition du fichier et le contenu des onglets suivants.
- Les **quatre onglets suivants sont destinés au porteur de projet**. Ce dernier sélectionne l'onglet qui correspond aux données en sa possession :
  - l'onglet « A. Calcul (conso et revenus) » si les consommations théoriques d'énergie et les revenus des ménages occupant les logements à rénover sont connus ;
  - l'onglet « B. Calcul (conso) » si les consommations théoriques d'énergie des logements à rénover sont connues mais pas les revenus des ménages occupants ;
  - l'onglet « C. Calcul (revenus) » si les consommations théoriques d'énergie des logements à rénover ne sont pas connues (dans ce cas, on suppose qu'il a *a minima* accès aux étiquettes DPE des logements) tandis que les revenus des ménages occupants sont connus ;
  - l'onglet « D. Calcul (-) » si ni les consommations théoriques d'énergie (dans ce cas, on suppose que le porteur de projet a *a minima* accès aux étiquettes DPE des logements) ni les revenus des ménages occupant les logements à rénover ne sont connus.

Dans l'un ou l'autre de ces onglets, seules les cases de couleur jaune doivent être remplies par le porteur de projet. Les autres cases se renseignent automatiquement à l'aide de formules pré-rentrées par le groupe Inefficacité énergétique. Tous les résultats intermédiaires (nombre de ménages subissant un effet sur la santé avant rénovation par exemple) sont rendus visibles.

- **Les deux derniers onglets ne doivent, *a priori*, pas être modifiés par le porteur de projet :**

– **l'onglet « Paramètres et valeurs »** synthétise les paramètres et valeurs utilisés dans les quatre fiches de calculs destinées au porteur de projet ;

– **l'onglet « Annexe »** permet d'analyser la sensibilité des résultats à certains paramètres ayant servi à l'estimation des coûts de morbidité (par ex. valeur tutélaire d'une année de vie, taux d'actualisation).

En conséquence, la démarche que devra suivre un porteur de projet pour évaluer les bénéfices de santé de la rénovation énergétique des logements est la suivante :

[1] Ce fichier Excel est disponible sur le site de France Stratégie.

– identifier les données en sa possession pour quantifier les logements concernés (étiquette DPE uniquement ou consommation d'énergie des logements) et celles utiles pour quantifier les impacts sur la santé (revenu des ménages occupants ou non), afin de déterminer quel onglet de l'outil utiliser ;

– renseigner les données correspondantes dans l'onglet adapté (nombre de logements consommant plus de 378 kWh EF 3 usages/m²/an tous revenus confondus dans l'onglet B, ou nombre de logements étiquettés F par catégorie de revenus *et* nombre de logements étiquettés G par catégorie de revenus dans l'onglet C) ;

– déterminer le niveau d'ambition de la rénovation, afin de savoir quel résultat fourni par l'outil retenir.

Dans le cadre d'une évaluation socioéconomique, le bénéfice de santé (nombre de cas évités) calculé avec l'outil devra être comptabilisé chaque année, de manière constante, sur toute la durée de vie de la rénovation (entre quinze et trente ans par exemple pour le bouquet de travaux retenu dans Ezratty *et al*., 2018), et sous **l'hypothèse que l'évolution future des prix de l'énergie ne fera pas basculer à nouveau le ménage en situation de précarité énergétique**. À noter que cette hypothèse est d'autant plus discutable que la rénovation est peu ambitieuse.

3.2.4. Pistes d'amélioration

L'outil mis ici à disposition reste perfectible. Il a été construit avec le souci de ne pas surestimer l'évaluation des bénéfices sanitaires (par exemple, les effets sur la santé mentale et les coûts indirects – pertes d'apprentissage – ne sont pas considérés), notamment par d'éventuels doubles-comptes – les effets des moisissures étant probablement déjà pris partiellement en compte, ils n'ont pas été ajoutés en mobilisant d'autres travaux.

Son existence constitue une avancée considérable en faveur de la prise en compte des enjeux sanitaires dans l'évaluation des politiques environnementales. Pour autant, **le groupe Inefficacité énergétique identifie plusieurs pistes futures d'amélioration de la démarche**, notamment :

- L'**exploitation de meilleures connaissances des consommations des logements**. Sur cet axe, il est à noter que :
  – la base DPE (ancienne définition) ouverte récemment au public par l'Ademe est en cours d'exploitation. Des analyses complémentaires pourraient permettre d'affiner les informations disponibles quant aux parts de logements vérifiant le critère de consommation énergétique. En particulier, des parts moyennes de logements pourraient être estimées en faisant une distinction entre logements disposant d'un

chauffage collectif *versus* ceux disposant d'un chauffage individuel. De même, une distinction pourrait être faite entre les appartements et les maisons individuelles ;

– une nouvelle définition du DPE vient d'entrer en vigueur. Celle-ci prend désormais en compte deux critères pour lesquels une étiquette est attribuée : un critère en énergie primaire (pour cinq usages, soit deux de plus qu'auparavant) et un critère en émissions de CO_2. L'étiquette attribuée au logement est la moins bonne des deux.

  Si la nouvelle définition du DPE ne modifie pas le nombre de logements consommant plus de 378 kWhEF 3 usages /m²/an (environ 1,3 million), elle peut en revanche modifier la répartition de ces logements entre étiquettes, initialement tous classés en étiquettes F et G. Il s'avère que :

  - des logements chauffés à l'électricité « sortent » de F et G, mais quasiment aucun logement chauffé à l'électricité dans les étiquettes F et G (ancienne définition) ne dépasse le seuil de consommation de 378 kWhEF 3 usages/m²/an (voir Tableau 14) ;
  - des logements chauffés au gaz ou au fioul entrent dans les classes F et G.

Cela étant, tous les logements « cibles » restent dans F et G[1], comme cela a été confirmé par une première simulation effectuée par le service statistique du Ministère qui indique que les logements dépassant le seuil de consommation de 378 kWhEF 3 usages sont tous situés, selon le « nouveau DPE », dans les classes F et G (voir Tableau 19).

Tableau 19 – Estimation des parts moyennes de logements, parmi ceux disposant d'un DPE (ancienne définition), dont la consommation théorique énergétique dépasse 378 kWhEF 3 usages/m²/an, par étiquette DPE (nouvelle définition)

Part des logements vérifiant le critère consommation > 378 kWh EF 3 usages/m²/an	A	B	C	D	E	F	G
Toutes énergies	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	13 %	46 %

Source : calculs MTE/SDES à partir de la base DPE (ancienne définition) de l'Ademe. Cette base permet l'intégration de la consommation en énergie finale pour chaque logement diagnostiqué

– le déploiement des compteurs tels que Linky (électricité) et Gazpar (gaz) constitue également une opportunité pour une meilleure connaissance des consommations ;

– l'enjeu de l'accès public aux données de consommation, qui est un enjeu général, apparaît ici comme particulièrement essentiel.

[1] Le nouveau DPE ne permettra pas de réinterroger le choix de se focaliser sur ces étiquettes, alors qu'il est admis qu'il existe aussi des ménages précaires dans des logements D ou E.

- L'intérêt qu'aurait une **analyse spécifique à la France (à son système de santé, à ses conditions climatiques, etc.) du lien entre efficacité énergétique du logement et santé** qui tiendrait compte notamment de l'hétérogénéité des types d'énergie de chauffage et du revenu des ménages.

4. Bruit de chantier

4.1. État des connaissances des effets sur la santé du bruit et de leur évaluation monétaire

4.1.1. Enjeux autour du bruit

Selon la présidente du Conseil national du bruit, Laurianne Rossi, « le premier confinement, au cours duquel le silence s'était imposé, nous a fait prendre conscience de notre environnement sonore, plus difficile ensuite à supporter » et « le bruit est bien un enjeu de santé publique ». Elle appelle ainsi à réduire à la source le bruit causé par l'activité humaine (transports, voisinage, industries, etc.)[1].

Selon l'Afnor, **le bruit est défini comme « tout phénomène acoustique produisant une sensation généralement considérée comme désagréable ou gênante »**. Il est **caractérisé par :**

- **une intensité**, exprimée en décibels (dB, de 0 à 120. Il s'agit d'une échelle logarithmique, ce qui implique que les décibels ne s'additionnent pas de manière arithmétique. Par exemple, diminuer le bruit de trois décibels revient à diminuer l'intensité par deux) ;
- **une fréquence**, exprimée en hertz (une fréquence élevée correspond à un son aigu). À noter que l'oreille interne a un système de filtration naturelle qui aboutit à ce que les fréquences hautes et basses soient moins bien perçues que les fréquences moyennes. De ce fait, une pondération A est généralement utilisée pour mieux rendre compte des niveaux de bruit perçus par l'oreille humaine (**dB(A)**) ;
- **une durée d'apparition.** Plusieurs types d'indicateurs (voir Encadré 15) existent pour caractériser un bruit dont le niveau varie dans le temps.

[1] Revue de presse suite à la publication de l'étude de l'Ademe sur le coût social des nuisances sonores en France (Ademe, 2021).

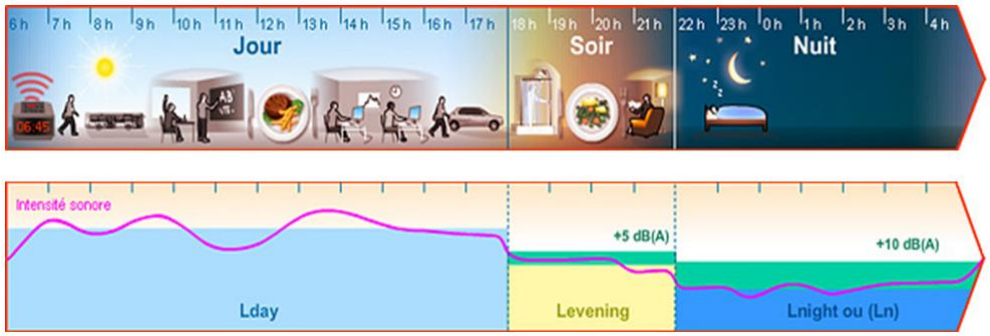
Encadré 15 – Indicateurs énergétiques, événementiels et hybrides

Les principaux indicateurs énergétiques utilisés pour évaluer le niveau de bruit sont :

- le LAeq,T : indicateur, utilisé dans la réglementation, du niveau sonore continu équivalent, pour une durée T, exprimé en dB(A). C'est un niveau moyenné sur trois périodes différentes : 6 h-18 h (L_{day}, Ld), 18 h-22 h ($L_{evening}$, Le) et 22 h-6 h (L_{night}, Ln) ;

- le Lden (*Level day evening night*) : indicateur du niveau de bruit global pendant une journée complète (24 heures) qui tient compte de la sensibilité plus importante au bruit en périodes de soirée et de nuit (voir Figure 12).

Figure 12 – Construction de l'indicateur Lden



Source : Dép.Seine-et-Marne (2020), Défis et axes majeurs de protection de l'environnement*, novembre*

Les indicateurs événementiels permettent de refléter les pics de bruit (contrairement aux indicateurs énergétiques). Il s'agit :

– du LA_{max} : niveau sonore maximal de l'événement ;

– de l'émergence (différence entre le niveau sonore en présence d'un bruit particulier et le niveau de bruit de fond) ;

– du nombre d'événements qui dépassent un certain niveau sonore.

Il existe également des indicateurs hybrides[1], combinant la mesure énergétique à la mesure événementielle. Un indicateur européen – l'indice harmonica – a été

[1] Compte tenu des limites de l'indicateur LAeq, qui ne tient pas compte de la perception des riverains, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) travaille actuellement sur la définition d'un indicateur qui prendrait la forme d'une note globale sur cinq, et intégrerait l'énergie (LAeq), la variabilité du son (déjà prise en compte dans l'indice Harmonica), le nombre de dépassements de seuil (en considérant un seuil glissant en LAeq, qui évolue au fur et à mesure du temps), l'impulsivité du bruit (à condition de disposer de pas de mesure faibles, capables de capturer par exemple le bruit d'un klaxon). À l'heure actuelle, cet indicateur n'a été testé que sur deux chantiers routiers, à niveau de bruit modéré.

conçu pour agréger le niveau sonore, le bruit de fond et les pics de bruit, les écarts aux valeurs seuils sur les périodes diurne et nocturne.

Si le bruit des transports (routier, ferroviaire et aérien) est le mieux documenté (notamment à l'aide des cartes stratégiques du bruit), il ne constitue pas l'unique source de bruit. Le milieu du travail (milieux professionnel, scolaire ou hospitalier) peut aussi être source de nuisances sonores importantes du fait des engins, machines et équipements utilisés, des interactions entre collègues, élèves, personnels et / ou des déplacements. Et les populations sont aussi exposées à domicile puisque les voisins (bruits d'impacts, de TV / musique, de jardinage, de bricolage ou d'animaux domestiques), certaines activités (bars, restaurants, terrasses et activités récréatives) et les chantiers autour du domicile peuvent être source de pollution sonore.

En France, les nuisances sonores sont prises en compte de manière à la fois préventive et curative, principalement par le biais de divers plans d'action et de prévention à différentes échelles : plan de prévention du bruit dans l'environnement en application d'une directive européenne, plan national d'actions contre le bruit (2003), plan bruit (mis en place par l'Ademe entre 2009 et 2013), intégration dans les plans locaux d'urbanisme, etc. Des observatoires du bruit se développent également (Lyon, Paris, Nice, Grenoble, Saint-Étienne, Aix-en-Provence) et permettent d'approfondir la connaissance sur l'exposition des populations au bruit pour aider les collectivités territoriales à agir en cohérence avec les démarches existantes.

4.1.2. Les effets du bruit sur la santé

Les liens de causalité entre bruit et santé

De **nombreux facteurs**, parfois interdépendants, influent sur les effets sanitaires du bruit et sur la réponse individuelle, et il demeure encore complexe de quantifier leur impact. On distingue :

– des facteurs acoustiques (spectre de fréquence, type de bruit, prévisibilité des bruits, etc.) ;

– des facteurs individuels (sensibilité au bruit[1], état de santé, satisfaction résidentielle, utilité de la source, etc.) ;

– des facteurs de contexte (co-exposition, multi-exposition, aménités locales, habitat, etc.).

[1] La sensibilité au bruit est génétique et indépendante de l'exposition au bruit, contrairement à la gêne.

Bruitparif indique que « chaque personne possède sa propre perception du bruit qui dépend de composants multiples liés au contexte, à l'histoire personnelle et culturelle[1] ».

Parmi les effets sur la santé du bruit, on recense :

– **des effets sur l'audition** (pertes auditives, acouphènes, hyperacousie, etc.), que l'on observe lors d'une exposition prolongée au-dessus de 80 dB(A) ;

– **des effets extra-auditifs**, que l'on observe à des niveaux plus bas de bruit, de l'ordre de 40 à 80 dB(A). On distingue : **des effets biologiques** objectivables tels que des effets sur le sommeil, les fonctions végétatives, la fonction immunitaire, la croissance ; **des effets comportementaux** qui se traduisent par un impact sur les performances, les apprentissages, le recours à des médicaments, etc. ; et des **effets subjectifs** comme la gêne ou l'irritation. Ces trois catégories d'effets extra-auditifs ne sont pas « imperméables » ; les uns peuvent influer sur les autres[2].

En ce qui concerne les effets extra-auditifs qui se manifestent lors d'expositions chroniques ou répétées à des bruits environnementaux courants, **l'Organisation mondiale de la santé** (Babisch, 2002 ; Guski *et al.*, 2017) **en recense quatre principaux sur la base d'études épidémiologiques relevant du secteur des transports** (voir Tableau 20) :

Tableau 20 – Impact sur la santé du bruit par type de transport : effets validés par les preuves scientifiques

	Route	Fer	Aérien
Maladies cardiovasculaires	++	Manque d'études	Manque d'études/+
Perturbations du sommeil	++	++	++
Gêne	++	++	++
Retards dans les apprentissages	Manque d'études	Manque d'études	++

Source : groupe Bruit de chantier, d'après OMS (2018)

La gêne[3] est l'effet extra-auditif le plus étudié. Elle se traduit par de l'irritation, de la fatigue, voire de l'épuisement, des souffrances psychopathologiques pouvant conduire à des comportements agressifs. Il est admis que **les niveaux de bruit n'expliquent qu'un**

[1] Site internet www.bruitparif.fr consulté le 30/08/2020.

[2] Par exemple, la gêne peut déclencher une production de cortisol, hormone du stress, et un changement de comportement.

[3] La gêne est définie par l'OMS (1980) comme « une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé ».

tiers de la gêne ; les deux tiers restants seraient expliqués par des facteurs non acoustiques (contextuels ou individuels : satisfaction résidentielle, intérêt économique des travaux de chantier, âge, etc.).

Les perturbations du sommeil sont le deuxième effet le plus discuté dans la littérature. Elles peuvent être mesurées objectivement à l'aide de la polysomnographie (étude du sommeil) en laboratoire et des hypnogrammes qui retracent la durée et la qualité du sommeil. Dans ce cas, les conséquences du bruit sont des retards à l'endormissement, des réveils nocturnes plus fréquents et plus longs, des cycles moins riches en sommeil lent profond en début de nuit, etc. Elles peuvent aussi être mesurées subjectivement à l'aide de questionnaires qui portent sur la durée du sommeil, la qualité subjective du sommeil, la fatigue déclarée au réveil, etc. Des études montrent une habituation au bruit lorsque les perturbations du sommeil sont mesurées subjectivement (mais pas avec les mesures objectives).

Les effets sur les apprentissages et les performances scolaires (déficit d'attention soutenue, difficultés de concentration, moins bonne mémoire, retard de lecture, etc.) constituent **la troisième catégorie d'effets extra-auditifs.** Une étude française (Levain *et al*., 2015) met par exemple en évidence une relation linéaire entre les évaluations scolaires et les niveaux d'exposition urbaine au bruit à l'école et au domicile.

La dernière catégorie regroupe les **effets sur le système cardiovasculaire[1].** Les études épidémiologiques n'ont convergé qu'après 2014 pour mettre en évidence les effets du bruit routier ou du trafic aérien sur le système cardiovasculaire. Un consensus existe sur l'hypertension, mais les études sont plus rares et manquent de convergence sur le risque d'infarctus, l'obésité et le diabète.

Enfin, **sur la santé mentale**, les études restent encore insuffisantes. Il est toutefois admis que l'exposition au bruit influe sur la réponse au stress et sur le bien-être psychologique et que la gêne liée au bruit pourrait être un médiateur. Une étude longitudinale d'ampleur, DEBATS (2009-2020), portant sur les effets du bruit des aéronefs, montre par exemple une augmentation des troubles psychologiques avec la gêne[2].

[1] Un mécanisme biologique est en jeu : les nuisances sonores provoquent des réactions non spécifiques de stress physiologique qui entraînent la libération excessive d'hormones (telles que le cortisol ou les catécholamines – adrénaline, dopamine) ainsi que d'acides gras libres, ce qui provoque en cascade des effets cardiovasculaires (hypertension artérielle, risque d'infarctus du myocarde, risque de diabète de type 2, risque d'obésité, risque de mortalité).

[2] Le risque de détresse psychologique est 1,8 fois plus élevé (augmenté de 80 %) chez les participants légèrement gênés par le bruit des avions, par rapport à ceux qui ne sont pas du tout gênés ; il est multiplié par 4 chez ceux qui déclarent être fortement gênés, par rapport à ceux qui ne sont pas du tout gênés (Evrard *et al*., 2020).

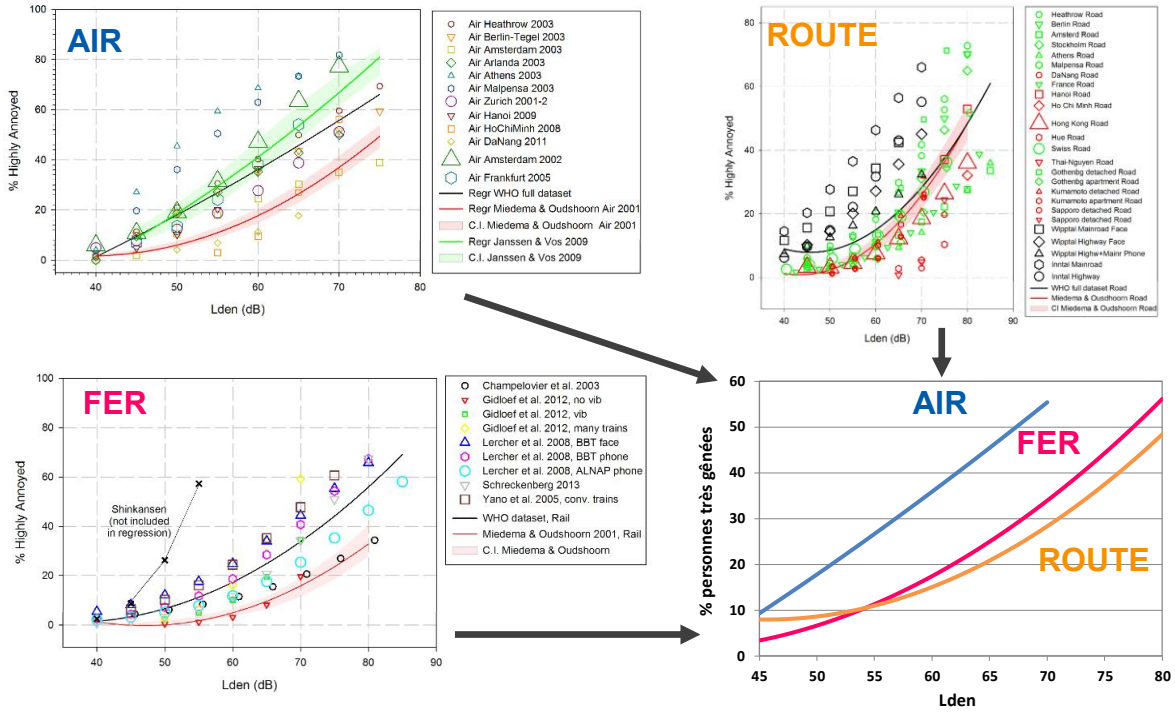
Notons également que le **bruit au travail** – comme par exemple dans la situation des ouvriers exposés sur un chantier – est également étudié et fait l'objet de campagnes de prévention à l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTP), notamment lors des expositions sonores entre 45 dB(A) et 80 dB(A). Les effets signalés interagissent et peuvent conduire à des pertes de productivité ou des maladies professionnelles ou des accidents de travail[1] (perte de vigilance, difficultés de concentration, difficultés de compréhension de la parole, stress, fatigue, etc.).

La méthode de quantification des effets du bruit sur la santé

L'évaluation des impacts sanitaires du bruit repose sur l'utilisation des **relations dose-effet** (ou courbes dose-réponse) entre une exposition à une source de bruit et un risque sanitaire. Comme rappelé dans le Chapitre 1 (2.1), appliquée à l'échelle d'une population, une courbe dose-réponse reflète la part de la population atteinte selon le niveau d'exposition. Elle résulte de l'extrapolation des résultats de plusieurs études épidémiologiques, comme illustré dans la Figure 13.

[1] Le risque d'accident du travail causé par l'exposition à des niveaux sonores élevés est de 8,6 %. Il est 24 % plus élevé que le risque d'accident sans exposition au bruit (Hamon-Cholet et Sandret, 2007).

Figure 13 – Principe d'établissement des courbes dose-réponse de la gêne publiées par l'OMS (2018)



Note : pour établir les courbes dose-réponse, l'OMS sélectionne un ensemble d'études épidémiologiques, trace un nuage de points correspondant aux risques retrouvés dans ces études, et infère une régression statistique dans le nuage de points pour synthétiser l'information. Le seuil en dB(A) de validité de la courbe ne doit pas être interprété comme un niveau en deçà duquel il n'existe pas d'effets sur la santé, mais comme un seuil en deçà duquel il n'existe pas de données / d'études. Ce seuil évolue avec l'état des connaissances.

Source : groupe Bruit de chantier, d'après OMS (2018)

Plusieurs familles de courbes dose-réponse sont disponibles dans la littérature :

- **Courbes dose-réponse pour le bruit des transports**

Les courbes dose-réponse qui font aujourd'hui référence pour estimer l'effet d'une exposition au bruit des transports sont celles de l'OMS (2018)[1]. Elles sont établies pour :

– la gêne (*high annoyance,* HA) : l'effet du bruit aérien est toujours supérieur à l'effet du bruit ferroviaire, lui-même supérieur (à partir de 55 dB(A)) au bruit routier (voir Figure 14 ci-dessous) ;

[1] L'étude nationale DEBATS fournit de nouvelles courbes dose-réponse pour l'aérien dans son rapport d'octobre 2020 (Evrard *et al.*, 2020). Selon ces courbes, la gêne est plus faible que ce qu'elle est avec la courbe fournie par OMS (2018). Par exemple, à 60 dB(A), les courbes basées sur DEBATS prévoient entre 22 % et 27 % de personnes fortement gênées par le bruit des avions et la courbe de OMS (2018) 36 %.

– les perturbations du sommeil (*high sleep disturbance,* HSD) : le bruit nocturne, mesuré en dB(A) Ln, affecte plus de personnes pour un même niveau d'intensité s'il est aérien, puis ferroviaire puis routier.

- **Courbes dose-réponse du bruit industriel**

Le rapport 2020 de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE, 2020) sur le bruit en Europe renvoie aux travaux de **Miedema et Vos (2004)**, qui proposent des relations dose-réponse, à partir de onze cas d'étude aux Pays-Bas, pour la gêne liée au bruit de deux gares de triage (produisant du bruit et des vibrations ferroviaires), huit autres industries classiques, et une industrie saisonnière (voir Figure 14 ci-dessous).

- **Courbes dose-réponse du bruit de chantier**

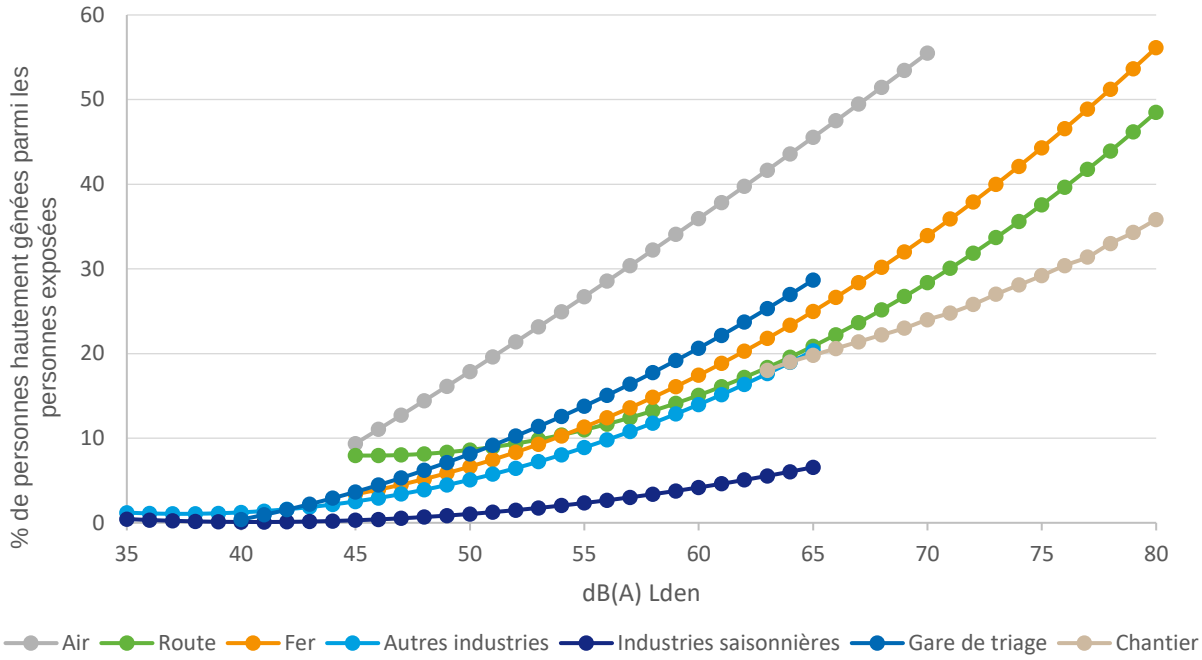
Liu *et al*. (2017) établissent une courbe dose-réponse pour la gêne (HA) en fonction de niveaux de bruit en LAeq 12 h (8 h-20 h) (en conséquence, le niveau de gêne Lden devrait être un peu inférieur aux données estimées) à partir de sondages et mesures de bruit sur dix-huit chantiers dans la ville d'Hangzhou. Malgré le recours à une échelle différente pour mesurer la gêne[1], Liu *et al.* (2017) comparent la courbe dose-réponse obtenue pour le bruit de chantier aux courbes dose-réponse établies pour le bruit routier en Asie et en Europe[2] et en concluent que la courbe du bruit de chantier est inférieure à celle du bruit de transport en Chine, et que le bruit des transports n'est pas ressenti de la même manière en Europe et en Asie.

Zou *et al.* (2020) proposent également des courbes dose-réponse pour la gêne causée par le bruit chez les résidents. Cependant, ces courbes ne permettent pas d'isoler la gêne attribuable au bruit de chantier car même si c'est la source dominante identifiée, elle n'est qu'une source parmi d'autres (transports, voisinage…).

[1] Liu *et al.* (2017) utilisent une échelle numérique (jusqu'à 11 ; les cas « *highly annoyed* » correspondent à des scores égaux ou supérieurs à 8) et non une échelle verbale (les cas « *highly annoyed* » correspondent à des réponses « *very annoyed* » et « *extremely annoyed* »). Ces deux échelles donnent des résultats très différents. L'échelle verbale a l'avantage de permettre une meilleure communication avec les répondants et est plus facile à comprendre.

[2] Pour l'Europe, il s'agit d'anciennes courbes dose-réponse, la comparaison doit donc être considérée avec prudence.

Figure 14 – Comparaison des courbes dose-réponse pour la gêne selon l'origine du bruit



Notes : deux classes de bruit peuvent être distinguées :

– la classe 55-65 dB(A), pour laquelle le niveau de gêne croît, pour un même niveau de bruit, selon l'ordre suivant : industries saisonnières < autres industries < route < fer < gares de triage < air ;

– la classe des bruits supérieurs à 65 dB(A), avec : bruit de chantier < route < fer < air.

Cette comparaison demeure assez peu robuste cependant. Les seules courbes dose-réponse validées dans la littérature et faisant consensus sont celles du bruit des transports de l'OMS (2018).

Source : groupe Bruit de chantier, à partir de OMS (2018) pour les bruits de transport, Miedema et Vos (2004) pour les bruits industriels, Liu et al. *(2017) pour le bruit de chantier*[1] *(courbe reconstruite « à la main » à partir d'un graphique pour cette dernière courbe)*

Appliquées aux données d'exposition au bruit (nombre de personnes exposées à chaque niveau sonore), les courbes dose-réponse permettent d'estimer le **nombre de cas attribuables au bruit** pour un effet donné (gêne, perturbation du sommeil, etc.). On peut alors **traduire le nombre de cas attribuables au bruit en un nombre d'années de vie corrigées de l'incapacité** (DALY) en multipliant ce nombre de cas par la durée des effets et par un coefficient d'incapacité reflétant les préférences des individus pour des états de santé (voir section 2.2. du Chapitre 1). L'OMS retient comme **coefficient d'incapacité 0,02**

[1] Concernant le bruit de chantier, la courbe dose-réponse proposée par Zou *et al*. (2020) n'a pas été retenue pour la comparaison parce que le bruit de chantier n'est qu'une source parmi d'autres et qu'il n'est pas possible d'isoler la gêne causée uniquement par le bruit de chantier.

pour la gêne (OMS, 2011) **et 0,07 pour les perturbations du sommeil** (OMS, 2009 et OMS, 2011).

Chiffres clés relatifs à la charge de morbidité liée au bruit

À **l'échelle de l'Europe**, l'AEE estime, dans son rapport sur le bruit environnemental de 2020 (AEE, 2020), que :

– plus d'un Européen sur cinq est exposé à des niveaux sonores dangereux pour la santé selon les critères retenus par l'OMS[1] ;

– **12 000 décès prématurés par an** sont attribuables à l'exposition au bruit ;

– **22 millions de personnes souffrent d'une forte gêne** chronique liée au bruit, tandis que **6,5 millions de personnes ont des perturbations chroniques du sommeil** liées au bruit ;

– la charge totale de morbidité est estimée à **453 000 DALY annuels au titre de la gêne élevée** et à **437 000 DALY au titre des perturbations du sommeil**.

À l'échelle nationale, selon la mise à jour en 2021 de l'étude sur le coût des nuisances sonores de l'Ademe, **les effets du bruit touchent directement 25 millions de personnes chaque année ; 17,2 millions d'entre elles sont fortement gênées et 3,8 millions connaissent des perturbations du sommeil** (Ademe, 2021).

À l'échelle de la zone dense de l'Île-de-France (environ 10 millions d'habitants), 108 000 années de vie sont perdues chaque année au titre de la gêne et des perturbations du sommeil (respectivement 47 000 DALY et 61 000 DALY) causées par le bruit des transports selon Bruitparif (2019).

4.1.3. Le coût des impacts du bruit sur la santé

Parmi les études chiffrant le coût d'événements de santé causés par l'exposition au bruit, on distingue :

– les estimations de coûts exprimés en valeurs monétaires par personne exposée (Navrud, 2002 ; HEATCO, 2006) ;

[1] Pour définir des recommandations, l'OMS (2018) s'est appuyée sur les courbes dose-réponse pour définir un seuil à partir duquel la probabilité d'avoir des effets est préoccupante. Ces seuils sont donc différents selon le mode de transport (puisque la courbe dose-réponse est différente) et selon l'effet considéré. Ces valeurs doivent être considérées comme des objectifs à atteindre pour minimiser les risques pour la santé pour la population : en journée entière (Lden), les seuils retenus sont en dB(A) de 45 (air), 53 (route), et 54 (fer). La nuit (Ln), ces valeurs seuils en dB(A) deviennent 40 (air), 44 (fer) et (45) (route).

– les estimations d'un coût à une échelle collective (Bruitparif, 2019 ; Ademe, 2016 et 2021 ; AEE, 2020).

Concernant le premier ensemble d'estimations, **Navrud (2002)** recensait déjà il y a près de vingt ans les travaux de valorisation du bruit disponibles dans la littérature de l'époque. Son analyse montre que les valeurs monétaires répertoriées diffèrent selon la méthode retenue (prix hédoniques, évaluation contingente, transferts de valeur à partir d'études existantes) et selon d'autres facteurs tels que le type de bruit considéré (mode de transport), la période de la journée, le seuil minimal de prise en compte du bruit, etc. Des résultats par décibel par ménage sont notamment mis en évidence dans la revue **pour valoriser la gêne** (par exemple, **25 €$_{2002}$ /dB(A) par foyer exposé par an** à l'échelle européenne).

Quatre ans plus tard, **Bickel *et al.* (2006) (dit « HEATCO (2006) »)** proposaient un ensemble de valeurs monétaires pour l'évaluation des coûts externes des projets d'infrastructures de transport en Europe. Ces lignes directrices ont par la suite fait l'objet de rapports successifs par la Commission européenne (*Handbook of external costs of transports*), mis à jour régulièrement (quatre rapports depuis 2008, le dernier datant de 2019[1]). Si HEATCO (2006) retient la valeur de 25 €$_{2002}$ /dB(A) par foyer exposé par an donnée par Navrud (2002) pour valoriser la gêne, ce rapport va plus loin en tenant compte également des maladies cardiovasculaires observées à plus long terme. Les perturbations du sommeil ne font pas l'objet d'une estimation dédiée afin d'éviter les doubles-comptes possibles avec la gêne. Les coûts des infarctus, angines de poitrine et cas d'hypertension attribuables au bruit des transports sont évalués à l'aide de fonctions exposition-risque et de valeurs monétaires reflétant :

– les coûts médicaux (310 euros par jour d'hospitalisation par exemple) et le coût d'absentéisme (84 euros par jour) pour l'angine de poitrine et l'hypertension. Les valeurs suivantes sont obtenues : 16 900 euros par angine de poitrine et 4 700 euros par cas d'hypertension ;
– les coûts médicaux, d'absentéisme et de mortalité pour l'infarctus. Par exemple, sept années de vie perdues sont valorisées à hauteur de 40 300 euros par année pour 30 % des cas d'infarctus. Au total, le coût moyen d'un infarctus (fatal ou non) s'élève à 342 000 euros.

Les valeurs par personne exposée recommandées par HEATCO (2006) sont représentées sur la Figure 19 plus loin.

[1] Van Essen *et al.* (2019).

Parmi le deuxième ensemble de références, **Bruitparif (2019)** estime le coût du bruit des transports à l'échelle de la zone dense francilienne en valorisant des DALY (pour la gêne et les perturbations du sommeil, et pour chaque mode de transport), en retenant la même valeur que l'OMS dans son étude de 2013 sur le bruit (OMS, 2013), à savoir 50 000 euros[1]. Cette approche a pour avantage de limiter le risque de double-compte entre gêne et perturbations du sommeil, en se fondant à la fois sur une courbe dose-réponse et un coefficient d'incapacité bien distincts pour chaque effet. Bruitparif évalue ainsi **le coût annuel de la gêne et des perturbations du sommeil causées par les transports en zone dense francilienne à respectivement 2,3 et 3 milliards d'euros.**

À l'échelle nationale, la **mise à jour de l'étude de l'Ademe sur le coût social du bruit en France** (Ademe, 2021)[2], comme celle de 2016, élargit le périmètre du bruit de transport à d'autres sources de nuisances sonores au travail ou dans le voisinage. **Le coût social annuel total est estimé à 147,1 milliards d'euros**, répartis en trois types de coûts :

– les « coûts sanitaires marchands », à hauteur de 0,9 milliard d'euros. Ils sont liés à la médication (antidépresseurs, anxiolytiques, etc.) pour les troubles de santé mentale, aux hospitalisations pour les maladies cardiovasculaires et aux indemnisations versées par la Sécurité sociale en cas de pertes d'audition et d'accidents du travail en milieu professionnel ;

– les « coûts sanitaires non marchands », à hauteur de 126,3 milliards d'euros. Ils ont été calculés en valorisant des DALY à hauteur de la valeur tutélaire d'une année de vie de 132 000 €$_{2020}$ (Quinet, 2013) pour différents effets sur la santé et types de bruit[3] ;

– les « coûts non sanitaires marchands », à hauteur de 17,9 milliards d'euros (+ 2 milliards d'euros de dépenses de surveillance et recherche). Ils correspondent principalement à des pertes de valeur mobilière et des pertes de productivité (directes en milieu professionnel et indirectes du fait des troubles du sommeil).

[1] Cette valeur a été choisie de manière conservatrice par l'OMS parmi l'intervalle de valeurs 50 000 – 100 000 euros présenté dans un rapport de la Commission européenne de 2012 sur l'évaluation des bénéfices du programme REACH (CE, 2012). Pour rappel, la valeur de 50 000 dollars par QALY est communément utilisée aux États-Unis (Neumann *et al.*, 2014).

[2] Le coût de l'inaction représente les coûts supportés par la société humaine en l'absence d'amélioration de la qualité de l'environnement. Par exemple, le coût de la recherche publique, des politiques de prévention, de l'application de la réglementation, etc. n'entre pas dans le périmètre du coût de l'*inaction*.

[3] En plus de la gêne et des perturbations du sommeil, des estimations de DALY sont fournies pour d'autres effets : maladies cardiovasculaires (bruit des transports et des chantiers), obésité (bruit des transports), troubles de la santé mentale (bruit des transports), troubles d'apprentissage (milieu scolaire).

Le coût total est réparti de la façon suivante entre origines du bruit : 66,5 % pour les bruits routier, ferroviaire et aérien (respectivement 54,8 %, 7,6 % et 4,1 %), 14,2 % pour le bruit en milieu professionnel et 17,9 % pour les bruits de voisinage (Ademe, 2021).

La différence significative avec le résultat de l'estimation réalisée en 2016 (57,4 milliards d'euros ; Ademe, 2016) s'explique par l'amélioration du décompte des populations exposées au bruit des transports (5,6 milliards d'euros), par des changements d'hypothèses et de méthodes sur le périmètre de l'étude de 2016 (changement de la valeur d'une année de vie retenue pour l'estimation des coûts intangibles ou encore de la méthode d'estimation de la dépréciation immobilière) (39 milliards d'euros) et par une extension du périmètre (nouveaux effets de santé tels que l'obésité et le diabète, nouvelles sources de bruit telles que les chantiers (voir Encadré 16) et nouveaux postes de dépenses (surveillance et R & D)) (45,1 milliards d'euros).

Fin 2021, Bruitparif a profité de l'actualisation du chiffrage à l'échelle nationale pour procéder à une nouvelle estimation à l'échelle de l'Île-de-France. En mobilisant des données disponibles à l'échelle de l'Île-de-France et en modifiant, à la marge, certaines hypothèses de l'étude nationale, Bruitparif chiffre le coût des nuisances sonores en Île-de-France à hauteur de 44,5 milliards d'euros, soit 30 % du coût national, tandis que la population francilienne représente 18 % de la population française (Bruitparif, à paraître). Les transports pèsent à hauteur de 62,9 % (28 milliards d'euros), le voisinage à hauteur de 23,4 % (10,4 milliards) et le milieu professionnel à hauteur de 12,4 % (5,5 milliards).

À l'échelle européenne, l'AEE estime un coût à hauteur de 86 milliards d'euros en valorisant des DALY attribuables aux bruits des transports et de l'industrie à hauteur de 78 500 euros par DALY. La gêne pèse à hauteur de 35 milliards d'euros, les perturbations du sommeil à hauteur de 34 milliards d'euros, les maladies cardiovasculaires 12 milliards d'euros et les pertes d'apprentissage chez les enfants 5 milliards d'euros (AEE, 2020).

Encadré 16 – Première estimation du coût du bruit de chantier (Ademe, 2021)

En l'absence d'une base de données nationale recensant l'exposition au bruit de chantier en France, l'estimation du coût du bruit de chantier proposée dans l'étude de l'Ademe est fondée sur différentes hypothèses :

– tous les résidents dans un rayon de 100 mètres (retenu par Liu *et al.*, 2017, soit un périmètre de 0,031km²) autour d'un chantier sont exposés au bruit (un tiers à un niveau de 57,5 dB(A), un tiers à un niveau de 67,5 dB(A) et un tiers à un niveau de 77,5 dB(A)) ;

– le nombre moyen de chantiers par kilomètre carré est égal à quatre dans les dix plus grandes villes de France[1] ;

– 2,3 millions de personnes sont exposées au bruit de chantier dans ces dix villes (d'une densité moyenne de 2 095 habitants par km²).

Par la suite, les auteurs de l'étude ont fait le choix, à titre exploratoire et pour fournir une première estimation, de retenir des courbes dose-réponse non communément admises dans la littérature, en plus de celle du bruit routier pour les perturbations du sommeil (OMS, 2018), à savoir la courbe dose-réponse spécifique au bruit de chantier pour la gêne (tirée de Liu *et al.*, 2017) et celles liées au bruit routier pour les troubles de la santé mentale (Lan *et al.*, 2020) et les maladies cardiovasculaires (OMS, 2018). Le groupe Bruit de chantier s'est voulu plus prudent dans la sélection des effets de santé et l'utilisation des courbes dose-réponse (voir section 4.2.2. du Chapitre 2).

Sur cette base, 41 400 DALY sont attribuables au bruit de chantier, soit un coût intangible de 5 milliards d'euros.

Les coûts médicaux (médication et hospitalisation) sont estimés à moins de 1,15 million d'euros, et les pertes de productivité à 273 millions d'euros.

4.2. Vers l'intégration du coût des impacts sur la santé du bruit de chantier dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public

4.2.1. Opportunités

Les chantiers sont très nombreux, et ils concernent aussi bien des réseaux routiers, ferroviaires, fluviaux ou aéroportuaires, des projets de construction ou de rénovation des bâtiments (logements, bureaux et commerces), d'aménagements et de voirie et réseaux divers (assainissement, électricité, etc.). Pourtant, de manière générale, **en France, les incidences de la phase chantier d'un projet d'investissement sont rarement prises en compte dans l'évaluation socioéconomique *ex ante* dont il fait l'objet** (notamment en réponse à l'obligation introduite par la loi de finances de 2012). Par exemple, l'évaluation carbone se concentre aujourd'hui sur les émissions évitées ou générées à la

[1] En considérant que la moitié des chantiers recensés en France en 2019 (soit 35 750) sont situés dans les dix plus grandes villes de France dont la superficie totale est de 8 897 km².

mise en service de l'investissement, mais n'inclut que rarement les émissions de carbone induites par la réalisation des travaux d'infrastructure[1].

C'est aussi vrai pour le bruit produit par les chantiers alors que, selon une étude du Credoc pour Bruitparif (Lautié et Croutte, 2017), 18 % des gens ont désigné le bruit de chantier comme pouvant être une nuisance importante au quotidien. **Les spécificités de ce type de bruit sont d'ailleurs nombreuses** :

– la durée du chantier est variable : de plusieurs heures à plusieurs années ;

– la période d'activité du chantier est variable : diurne et / ou nocturne ;

– la source de bruit peut être fixe ou mobile ;

– le bruit peut être impulsif (marteau-piqueur par exemple) comme s'inscrire dans la durée (moteur d'engin par exemple) ;

– la gamme de fréquences est assez large[2] du fait de la diversité des sources (basses fréquences par exemple pour les moteurs d'engins et hautes fréquences par exemple pour le sciage de poutres) ;

– sa mesure n'est pas normalisée ou régie par un protocole[3], ce qui s'explique par l'absence en France de réglementation *stricto sensu* (voir Encadré 17). Aussi, il n'est pas rare que les niveaux sonores dépassent 80 dB(A) en façade riverains (niveau de bruit subi avec fenêtres ouvertes).

Peu de références traitent de l'évaluation socioéconomique des effets du bruit de chantier dans la littérature scientifique. Jung *et al*. (2020) déterminent *ex ante* la hauteur optimale de murs anti-bruit au regard des coûts évités à partir d'une démarche consistant à modéliser un chantier et simuler des expositions, à quantifier les effets sur la santé du bruit en recourant aux courbes dose-réponse du bruit routier de l'OMS pour la gêne et les maladies cardiovasculaires, et à valoriser monétairement des DALY. Xiao *et al.* (2016) proposent, quant à eux, une méthode d'évaluation *ex post* du coût de l'exposition d'une population au bruit de chantier, en utilisant la courbe dose-réponse du bruit routier et la méthode de valorisation monétaire des DALY. Enfin, la mise à jour du coût social de la pollution sonore en France

[1] La commission Alain Quinet (2019), *La valeur de l'action pour le climat*, recommande donc que les bilans socioéconomiques intègrent les impacts associés aux travaux d'investissement.

[2] Les bruits de chantier peuvent être à tonalité marquée, c'est-à-dire caractérisés par l'émission d'une fréquence se démarquant très sensiblement des fréquences voisines par son intensité (sifflement, bip de recul, etc.).

[3] Le nombre de points de mesure et leur localisation ainsi que les indicateurs de mesure sont libres, et c'est pourquoi le Cerema consacre actuellement des travaux à la définition d'un protocole de mesure de bruit de chantier routier qui prendrait la forme d'une grille d'analyse qui porterait sur le nombre de points de mesure, leur emplacement, leur paramétrage, la durée d'enregistrement et les phases de chantier à cibler.

(Ademe, 2021) propose une première estimation *ex post* du coût annuel du bruit de chantier pour les dix plus grandes villes de France (voir Encadré 16 plus haut).

Par ailleurs, en France, le rapport de la Commission Quinet de 2013 a introduit des premières recommandations opérationnelles pour permettre aux porteurs de projets d'intégrer le bruit dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public. **La méthode présentée par la Commission Quinet (2013)** (voir Encadré 18) **constitue plus précisément une avancée pour la prise en compte du bruit des projets d'infrastructure de transports.**

Encadré 17 – Réglementation et acceptabilité du bruit de chantier en France

La réglementation française[1] n'impose pas la limitation du bruit de chantier (art. R. 1334-36 du Code de la santé publique). Les seules contraintes légales applicables sont :

– des obligations portant sur les engins avec une limitation du niveau sonore ou le marquage du niveau sur l'appareil (arrêté du 28 mars 2002 relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments) ;

– le décret 2006-1099 sur le bruit de voisinage (du 31 août 2006) qui impose de prendre des précautions et exige que l'environnement sonore ne soit pas « anormalement bruyant[2] » ;

– le Code du travail qui introduit des valeurs réglementaires pour les compagnons (et des obligations de protection au-delà d'un certain seuil)[3] ;

– des arrêtés municipaux sur les jours et horaires des chantiers.

Des cas de litiges en lien avec le bruit de chantier sont néanmoins rapportés dans la jurisprudence. Par exemple, des locataires refusent de payer leur loyer estimant n'avoir pas été prévenus de la nuisance du chantier ; des professionnels du

[1] Quelques exemples étrangers de réglementation peuvent être cités : les valeurs seuils retenues en façade des bâtiments riverains s'échelonnent entre 70 dB(A) en campagne et 72 dB(A) en ville pour les États de Jersey ; cette valeur s'élève à 75 dB(A) pour le LAeq 15 minutes en Nouvelle Zélande (avec une tolérance de LAmax de 90 dB(A) en façade et un seuil qui diffère notamment en fonction de la durée du chantier ou du jour de la semaine). En Suisse, une directive classe les chantiers dans trois classes et définit les actions à mettre en œuvre.

[2] Les bruits de chantier sont exemptés des seuils imposés pour le bruit de voisinage dans le code de la santé publique (article R.1336-10).

[3] Articles R. 4213-5 à R. 4213-6 et R. 4431-1 à R. 4437-4. Le cadre réglementaire de la prévention des risques liés à l'exposition au bruit est consultable sur le site de l'INRS.

tourisme (campings, etc.) déclarent subir un préjudice sur leur saison estivale en raison des chantiers ; des ouvriers de chantier souffrent de problèmes de surdité.

Encadré 18 – Méthode de la Commission Quinet (2013) pour le calcul des coûts du bruit par véhicule-kilomètre

La démarche poursuivie par la Commission Quinet est une approche *top-down* en deux temps.

Dans un premier temps, un coût total du bruit pour chaque mode de transport a été estimé en multipliant :

- les populations exposées par niveau de bruit, estimées à l'aide des cartes stratégiques du bruit exigées par la directive européenne 2002/49/CE[1], pour chaque mode de transport ;
- par les coûts en €/dB(A) Lden/personne exposée/an, qui couvrent la gêne et les effets sur la santé (maladies cardiovasculaires). Plusieurs sources ont été mobilisées pour établir ces valeurs monétaires :

– HEATCO (2006), dont les travaux valorisaient la gêne à partir de la valeur monétaire de 25 $€_{2002}$ /dB(A) par foyer exposé tirée de Navrud (2002) (mise à jour par la Commission Quinet à hauteur de 11 $€_{2011}$/dB(A)/personne exposée) et introduisaient des coûts pour différents effets sur la santé (infarctus, angine de poitrine et hypertension) à partir de 70 dB(A) (le coût de l'infarctus fatal est corrigé par la Commission Quinet en retenant la valeur tutélaire de l'année de vie de 115 000 euros) ;

– le guide de l'AEE sur les bonnes pratiques de prise en compte de l'exposition au bruit et ses effets sur la santé (AEE, 2010), qui fournit des risques relatifs et des seuils à partir desquels les appliquer plus récents que HEATCO (2006) (56 dB(A) pour l'hypertension artérielle et 63 dB(A) pour l'infarctus et l'angine de poitrine).

Dans un second temps, un coût moyen du bruit des transports exprimé en €/véhicule.km a été estimé en rapportant les coûts totaux du bruit au total de véhicules.km en circulation (pour chaque mode de transport). Pour faciliter la prise en compte de la diversité du bruit des transports, la Commission Quinet a différencié ce

[1] Ces cartes de bruit existent en France, en principe, pour toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants depuis 2012, et le long des grandes infrastructures. Un arrêté paru en 2017 a redéfini les agglomérations (nouveau critère : densité de population), excluant certaines agglomérations concernées par la mesure en 2012.

coût moyen/véhicule.km en fonction de plusieurs paramètres (densité de population, type d'infrastructure routière, densité de trafic, type de véhicule, etc.).

Dans ce contexte, l'objectif initial assigné au groupe Bruit de chantier était de **concevoir un jeu de valeurs monétaires**, tel que celui proposé par la Commission Quinet, **facilement utilisable par un porteur de projet pour évaluer le coût, pour la santé, du bruit de la phase chantier, dans le cadre d'une évaluation socioéconomique *ex ante* de son projet.** En fournissant un tel outil aux porteurs de projet et maîtres d'ouvrage, **l'enjeu est aussi d'interpeller et de susciter l'attention sur les conséquences sanitaires des chantiers et d'enclencher une démarche plus systématique de prévention sur le terrain.**

4.2.2. Démarche du groupe Bruit de chantier

Spécification du périmètre et de l'approche bottom-up adoptée et choix du cas d'étude

Avant toute chose, le groupe Bruit de chantier a fait le choix :

- de centrer ses travaux sur les **effets du bruit de chantier sur la santé des riverains (et non celle des travailleurs)**[1] ;
- d'exclure de l'étude :
  - le bruit causé par les transports liés au chantier (approvisionnement en matériaux, évacuation des déchets…). Seul le bruit généré par l'utilisation des engins sur le chantier est considéré ;
  - l'incidence du chantier sur les autres sources de bruit habituelles (comme la baisse du bruit de transport dans une rue voisine dans le cas d'une déviation à cause du chantier) ;
  - l'impact de la réalisation du projet sur le bruit ambiant *ex post* (une fois le chantier terminé), considérant que cet impact est déjà valorisé dans l'analyse du projet et ne saurait faire l'objet d'un double-compte.

Le groupe a par ailleurs opté, en raison d'une incapacité dans les délais impartis à suivre une approche *top-down* (voir Encadré 19), pour une **stratégie visant à définir les étapes nécessaires à une approche *bottom-up* fondée sur des modélisations, qu'il a testée**

[1] Ces effets sont supposés intégrés dans la démarche de prévention des risques professionnels recommandée par l'INRS.

sur un cas d'étude afin de démontrer sa faisabilité et encourager à la répliquer. Ce n'est, en effet, qu'après avoir répliqué l'exercice sur un ensemble représentatif de couples « chantier – environnement du chantier » qu'il sera possible de calculer, sur cette base, des coûts par journée de chantier qu'il pourrait être recommandé d'utiliser dans des évaluations *ex ante* de projets d'investissement public. Le travail présenté ici doit donc être considéré comme une **première avancée vers l'intégration de la phase chantier dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projet qu'il s'agira de poursuivre**.

L'approche *bottom-up* consiste à raisonner à l'aide de modélisations à l'échelle d'un chantier et à :

– estimer le nombre de personnes exposées aux niveaux sonores générés par une journée type de travaux. Le groupe Bruit de chantier s'est appuyé sur l'expertise de ses membres pour cette étape, dont la faisabilité est directement démontrée à l'aide du cas d'étude (voir point suivant). Les choix ont été discutés collectivement lors des séances et à travers plusieurs questionnaires ouverts ; les propositions sont argumentées et retranscrites ici pour préserver la **transparence des arbitrages** ;

– attribuer un coût à chaque personne exposée. Le groupe s'est principalement appuyé sur la littérature pour cette étape. Les choix veillent à la rigueur scientifique (voir point « Estimation des coûts par personne exposée selon le niveau sonore » *infra*) ;

– en déduire un coût par journée de chantier qui, s'il est représentatif, pourrait être facilement utilisé *ex ante* par un porteur de projet qui n'aurait pas à estimer la population exposée au bruit de son chantier (voir point « Croisement des données d'exposition et des coûts par personne exposée » *infra*).

Encadré 19 – Tentative de reproduction, pour le bruit de chantier, de la démarche *top-down* de la Commission Quinet (2013)

La démarche d'abord envisagée par le groupe Bruit de chantier pour produire des valeurs monétaires du bruit de chantier « opérationnelles » consistait à adopter une approche *top-down* en deux temps comme celle retenue par la Commission Quinet en 2013 pour établir un coût du bruit par véhicule.kilomètre (voir Encadré 18 *supra*). Pour la première étape, la démarche devait consister à recenser ou estimer le nombre de personnes exposées au bruit de chantier (tous types de chantier et de phases de travaux confondus) à l'échelle nationale afin de pouvoir calculer un coût total annuel à l'aide d'étalons monétaires par niveau de bruit et par personne exposée. Une désagrégation du coût total aurait ensuite été réalisée à partir d'une unité facilement renseignée *ex ante* par le porteur de projet (jour de chantier par exemple) et en fonction d'une typologie des chantiers et de phases de travaux (pour proposer plusieurs coûts par journée de chantier). Cette démarche a cependant été

limitée dès la première étape par l'accès aux données (populations exposées au bruit de chantier, typologie des chantiers) qui n'a pas permis au groupe Bruit de chantier d'évaluer un coût annuel total du bruit des chantiers à l'échelle nationale. En effet, la France effectue de très nombreux types de chantiers chaque année, mais aucune base de données[1] ne recense le nombre de personnes exposées à chaque niveau de bruit pour ces chantiers. Le meilleur moyen de disposer de populations exposées est de les simuler à l'aide de logiciels sur un ensemble de chantiers représentatifs. Compte tenu des ressources à disposition du groupe, cela n'a pas été réalisable. Faisant face aux mêmes difficultés, l'Ademe (2021) a quant à elle tenté d'approcher le coût du bruit de chantier à partir d'un certain nombre d'hypothèses et uniquement pour les dix plus grandes villes de France (voir Encadré 16 plus haut).

Concernant le **choix du cas d'étude**, la participation de Bruitparif et de la Société du Grand Paris (SGP) au groupe Bruit de chantier a permis de retenir un **chantier du Grand Paris Express équipé de deux « Méduses »** permettant de calibrer les éléments du chantier comme données d'entrée pour le logiciel MithraSIG qui a été utilisé pour simuler l'exposition de la population au bruit. Le dispositif « Méduse[2] », développé par Bruitparif, est un capteur innovant doté de quatre micros et d'une caméra avec prise de vue à 360 degrés permettant d'identifier la provenance du bruit. Une quinzaine de chantiers en sont équipés et les mesures remontent jusqu'à un an et demi auparavant. Les critères de sélection retenus pour le choix du chantier privilégiaient :

– des capteurs en façade ou toiture d'habitation (plutôt qu'au centre du chantier), représentatifs de la mesure du bruit en situation pour les riverains ;

– une vue suffisamment grande sur l'ensemble du chantier permettant d'identifier un maximum de sources ;

– des chantiers aux abords de voies routières plutôt que ferrées.

Les deux capteurs du **chantier de la future gare de métro du Grand Paris Express de Champigny-sur-Marne** (Champigny Base Vie (BV) et Champigny Cimetière (CIM))

[1] À notre connaissance, https://guichet-travaux.fr/ est la source de données liées aux travaux d'aménagement et d'infrastructures française la plus complète et plus à jour sur le territoire national. Ce site recense, numérise et homogénéise les données de chantiers issues de plateformes diverses, publiques et de contributions directes de ses utilisateurs. Ces données ont malheureusement été jugées insuffisantes pour mener l'exercice souhaité par le groupe de travail.

[2] Le dispositif Méduse se distingue du monitoring classique (Acoustiks, « Sentinelle », « Equaligrue » ou « Chuteur »…) qui consiste à installer plusieurs sonomètres en périphérie de chantier, éventuellement assortis de seuils d'alerte. La principale difficulté du monitoring classique est d'identifier la source du bruit.

respectaient ces critères[1] et ont été retenus. À noter que **seule la phase de terrassement-fondations du chantier (à ciel ouvert, et donc particulièrement bruyante) a été considérée, compte tenu de l'avancement du chantier.**

Quantification ex ante *du nombre de personnes exposées par niveau de bruit pour un chantier donné*

Afin de quantifier le bruit généré par un chantier, deux méthodes sont possibles :

– **un calcul forfaitaire du bruit**, pour un ou plusieurs récepteurs répartis autour de la zone de chantier, établi sur la base des puissances acoustiques des engins employés et de facteurs correctifs prédéfinis tenant compte du type de source (fixe, mobile), de leur durée de fonctionnement, de leur emplacement par rapport au récepteur, etc. (Sétra, 2011) ;

– **la modélisation en 3D de l'émission et de la propagation acoustique** autour du chantier afin de déterminer, par le calcul, les niveaux d'exposition sonore en façade des bâtiments affectés par les bruits du chantier.

L'approche par modélisation nécessite davantage de données, puisqu'elle revient à recréer les conditions de fonctionnement des sources et l'environnement dans lequel elles sont situées, mais elle est aussi plus précise, en particulier pour les récepteurs éloignés et non visibles des sources du chantier. En effet, la méthode forfaitaire devient imprécise lorsque les effets de masquage sont importants, ou en tout cas complexe à implémenter car la prise en compte des effets d'écran et / ou de réflexion nécessite des calculs plus élaborés. C'est la raison pour laquelle les études prévisionnelles sur le bruit utilisent les outils de cartographie sonore tels CadnaA, SoundPLAN, MithraSIG/MithraSound, Predictor, NoiseModelling…

Une fois le bruit de chantier connu pour un ou plusieurs points récepteurs (bâtiments), il convient d'estimer la population exposée à ces niveaux de bruit. Elle dépend du nombre de personnes réparties dans les bâtiments.

Le logiciel MithraSIG développé par le CSTB et Geomod permet non seulement de simuler les niveaux de bruit émis par le chantier mais aussi de dénombrer les populations exposées en faisant appel à des données de bâti et de population géolocalisées (par le couplage d'un moteur de calcul acoustique à un système d'information géographique). Aussi, l'approche par modélisation a été retenue, et le logiciel MithraSIG a été utilisé par

[1] Le capteur à Villejuif, initialement retenu, a été écarté car il ne permettait pas d'avoir une représentativité importante de sources de bruit sur le chantier.

le groupe Bruit de chantier pour le test sur le cas d'étude. Les deux phases de modélisation effectuées par le logiciel sont décrites plus précisément ci-après :

Phase 1 - La modélisation des sources du chantier consiste à :

– créer un modèle du chantier et de son environnement à partir de la géométrie du chantier, du positionnement des sources identifiées à partir des photos des deux méduses et des données IGN de la BD Topo ;

– attribuer un engin aux sources identifiées et calculer le niveau d'émissions sonores de l'engin à partir des données mesurées par les Méduses et de sa position ;

– attribuer une durée de fonctionnement pour chaque engin.

Phase 2 - Le calcul d'expositions consiste à apprécier :

– d'abord, un niveau de bruit à 4 mètres de hauteur (carte horizontale de récepteurs) et un niveau de bruit en façade, par étage (récepteurs en façade de bâtiment), pour un ordre 5 de réflexion[1] ;

– enfin, un nombre d'habitants exposés par dB(A) Lden (ou par tranche de plusieurs dB(A) Lden) à partir des données sur le nombre d'habitants par bâtiment.

Plusieurs types de données ont été mobilisés par le groupe Bruit de chantier pour l'application au cas d'étude de cette étape de quantification *ex ante* de la population exposée :

- des données relatives au site :

La BD Topo 2019 (bâti, voies routières, occupation de terrain, constructions linéaires) et les données de population 2016[2] de la zone autour du chantier (population par bâtiment) ont été transmises par Bruitparif. À noter que l'information sur le type de bâtiment (logements, bureaux, etc.) et leurs caractéristiques (logement traversant ou non par exemple) n'est pas disponible.

- des données relatives aux points de mesure :

Bruitparif a transmis les coordonnées GPS des capteurs et les a localisés relativement à l'emprise du chantier. Les photos sont prises toutes les 15 minutes, indépendamment de la direction de provenance du bruit.

[1] Cela revient à considérer qu'au-delà de cinq réflexions, le trajet entre la source et le récepteur ne contribue plus significativement au niveau de bruit. Il s'agit d'une hypothèse adaptée en zone dense.

[2] Une population égale à zéro a été attribuée aux bâtiments construits entre 2016 et 2019.

- des données relatives au chantier :

Le chantier retenu correspond à des opérations relevant de la phase de terrassement-fondations d'un chantier d'infrastructure de transport souterrain. Bruitparif a indiqué les types de sources (fixes ou mobiles) visualisées par les capteurs et la durée de présence de la source[1] et a fourni des photos exploitables de chaque source. La SGP a transmis le plan de la zone chantier et a nommé la plupart des sources retenues par Bruitparif (benne à câble par exemple, voir hypothèses ci-dessous) en y associant une action (forage des parois moulées par exemple) (voir Tableau 21).

- des données de niveaux sonores :

Bruitparif a fourni les niveaux sonores de chaque source mesurés au niveau des Méduses, mais pas les niveaux sonores mesurés en l'absence du chantier[2]. Les niveaux sonores indiqués sont attribués à la source prédominante. La difficulté actuelle est que le bruit mesuré est le bruit total, et non pas uniquement le bruit qui provient des endroits visualisés sur la photo (source dominante). Or, la SGP précise qu'il n'arrive jamais sur ses chantiers qu'un seul engin fonctionne tout seul à un moment donné. On note toutefois que plus la source est bruyante, plus son niveau sera dominant et plus le niveau de bruit mesuré par le capteur à ce moment correspond à celui généré par la source du bruit.

Faute de données plus précises, un certain nombre d'hypothèses ont aussi dû être faites pour le cas d'étude sur :

- l'identification des sources :

Pour 19 sources parmi les 25 listées par Bruitparif et identifiées par la SGP ou par le CSTB, un engin type de la base de données des sources de MithraSIG (sources identifiées pour Bouygues Travaux Publics) a été retenu par le CSTB. L'association est faite en égalisant le spectre de la source sélectionnée dans la base au niveau en dB(A) mesuré par la Méduse sous l'hypothèse que le niveau sonore mesuré est exclusivement dû à la source identifiée[3]. La sélection a été précisée de manière à retenir des sources et des actions représentatives d'un chantier de construction d'une gare de métro. Douze sources (huit fixes et quatre mobiles, voir Tableau 21) ont finalement été retenues.

[1] La durée de la présence de la source correspond à la période pendant laquelle la source est dominante.

[2] À noter que la prise en compte du bruit ambiant aurait permis d'identifier les populations pour lesquelles le bruit de chantier est masqué par le bruit ambiant. Toutefois, le cumul du bruit de chantier et du bruit des autres sources aurait soulevé la question de la courbe dose-réponse à utiliser, puisque ces courbes sont définies par type de bruit.

[3] L'existence d'autres sources de bruit au même moment explique un risque de surestimation du niveau sonore de la source de l'ordre de 2 à 3 dB. À noter que la présence d'une voie ferrée à proximité du chantier n'impacte pas les mesures car le bruit ne se propage pas significativement au-delà de la voie selon les cartes de bruit stratégiques.

Tableau 21 – Sources retenues et actions associées dans le cadre de la modélisation du chantier (cas d'étude)

Source	Zone	Engin	Action	Type
B13	BV	Camion benne	Opération installation chantier	Mobile
A1	BV	Benne à câble	Forage des parois moulées	Fixe
A2	BV	Cutter	Forage des parois moulées dans horizons géologiques	Fixe
A3	BV	Camion toupie	Livraison du béton	Mobile
B12	BV	Toupie béton	Coulage des parois moulées	Fixe
A9	BV	Brise roche hydraulique	Recépage de parois moulées	Fixe
A8	CIM	Mini pelles	Creusement de petites tranchées	Fixe
B1	CIM	Pelle	Opération préparation chantier	Fixe
B4	CIM	Pelle	Opération préparation chantier	Mobile
B5	CIM	Brise roche hydraulique	Opération préparation chantier	Fixe
B7	CIM	Engin de curage de réseau	Opération préparation chantier	Fixe
B10	CIM	Camion benne	Opération installation chantier	Mobile

« BV » correspond au capteur de Champigny Base Vie et « CIM » au capteur de Champigny Cimetière.

Source : groupe Bruit de chantier

- le positionnement des sources sur le chantier et leur hauteur :

Chaque source est positionnée sur le chantier à partir des photos. La hauteur retenue pour chaque source diffère selon l'engin. Par exemple, la hauteur retenue pour le camion toupie est fixée à 1 mètre car le bruit provient du moteur ; la hauteur retenue pour les engins du type marteaux-piqueurs est nulle puisque le bruit provient de l'impact au sol.

- le fonctionnement et phasage des sources :

Pour chaque tranche horaire (24 dans la journée), le pourcentage de fonctionnement de la source est ici soit 0 % soit 100 %[1]. Le phasage des sources a été redéfini de manière à obtenir un niveau Lden représentatif d'une journée sur ce type de chantier de 7 h[2] à 17 h (voir Tableau 22). En dehors de cette plage horaire, le niveau sonore est considéré comme nul puisque le bruit ambiant (non connu ici) n'est pas retenu dans la modélisation.

[1] Pour information, MithraSIG permet de considérer plusieurs fonctionnements par source (% compris entre 0 % et 100 %) afin de refléter des usages plus ou moins bruyants. Cela n'a pas été considéré ici.

[2] À noter que les heures matinales sont importantes parce que le bruit réveille les personnes et cause une gêne non négligeable et des perturbations du sommeil.

Tableau 22 – Journée type de travaux de terrassement-fondations d'une gare de métro souterrain (cas d'étude)

Source	Zone	Engin	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
B13	BV	Camion benne											
A1	BV	Benne à câble											
A2	BV	Cutter											
A3	BV	Camion toupie											
B12	BV	Toupie béton											
A9	BV	Brise roche hydraulique											
A8	CIM	Mini pelles											
B1	CIM	Pelle											
B4	CIM	Pelle											
B5	CIM	Brise roche hydraulique											
B7	CIM	Engin de curage de réseau											
B10	CIM	Camion benne											

Note : « BV » correspond au capteur de Champigny Base Vie et « CIM » au capteur de Champigny Cimetière.

Source : groupe Bruit de chantier

- le périmètre étudié :

Le périmètre retenu couvre toute la zone correspondant à l'extraction de la BD Topo fournie par Bruitparif, soit une superficie de 1 100 x 650 m² environ. Dans la mesure où l'exposition au bruit relevée en périphérie de ce périmètre tombe à des niveaux inférieurs à 30 dB(A) (voir Figure 15 à Figure 18 plus bas), il est supposé que le périmètre considéré est suffisant.

- l'exposition des habitants au sein d'un bâtiment :

Il est généralement[1] considéré que l'ensemble des habitants d'un bâtiment donné sont exposés au même niveau sonore, à savoir le niveau maximal de bruit mesuré sur l'une des façades. Cette hypothèse simplificatrice, qui ne tient pas compte des différences d'impact du bruit en fonction des façades du bâtiment, amène à surestimer les niveaux

[1] Cette règle est aussi appliquée pour la réalisation des Cartes de bruit stratégiques. La Commission européenne a récemment formulé des recommandations pour essayer de quantifier le nombre de personnes dont les façades sont calmes dans un bâtiment. Ces recommandations sont aujourd'hui intégrées à la dernière révision de la méthode européenne Cnossos-EU 2020.

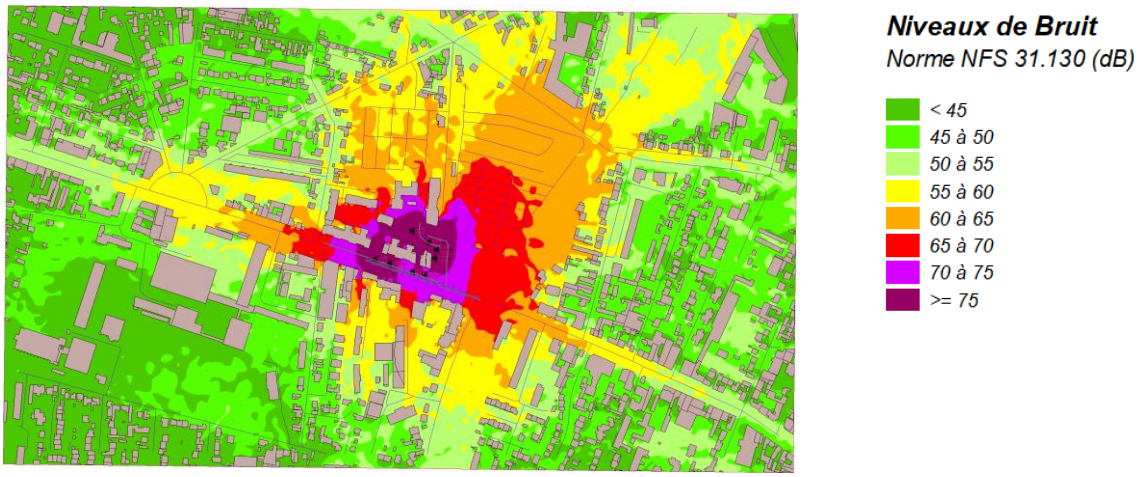
d'exposition au bruit. Par ailleurs, ne considérer que les premiers étages des bâtiments aurait permis de tenir compte de la diminution de l'exposition au bruit dans les étages les plus élevés. Toutefois, la distinction des populations par étage n'a pas pu être faite car les données de population mobilisées par le groupe sont fournies à l'échelle du bâtiment et non pas par étage. Enfin, considérer que toute la population résidente d'un bâtiment est exposée de la même manière revient aussi à surestimer l'exposition dès lors qu'une large partie de population travaille à l'extérieur la journée. Si, dans le cas présent, les données de populations permettent d'identifier la population « sensible », il s'agit des établissements scolaires et de santé et il est impossible de distinguer les logements d'une part et les bâtiments tertiaires d'autre part à partir de la base de données mobilisée. Quoi qu'il en soit, les enquêtes épidémiologiques à partir desquelles sont calculées des relations exposition-réponse pour la gêne sont structurellement réalisées en tenant compte des expositions à domicile des journées entières et sur toute l'année, que les riverains soient présents ou non. Les données qui en sont issues intègrent donc ce biais.

Les résultats, exprimés par tranche de 5 dB(A) ou par dB(A), sont de plusieurs types :

– représentation cartographique du niveau sonore en dehors des bâtiments à 4 m de hauteur (voir Figure 15 et Figure 16),

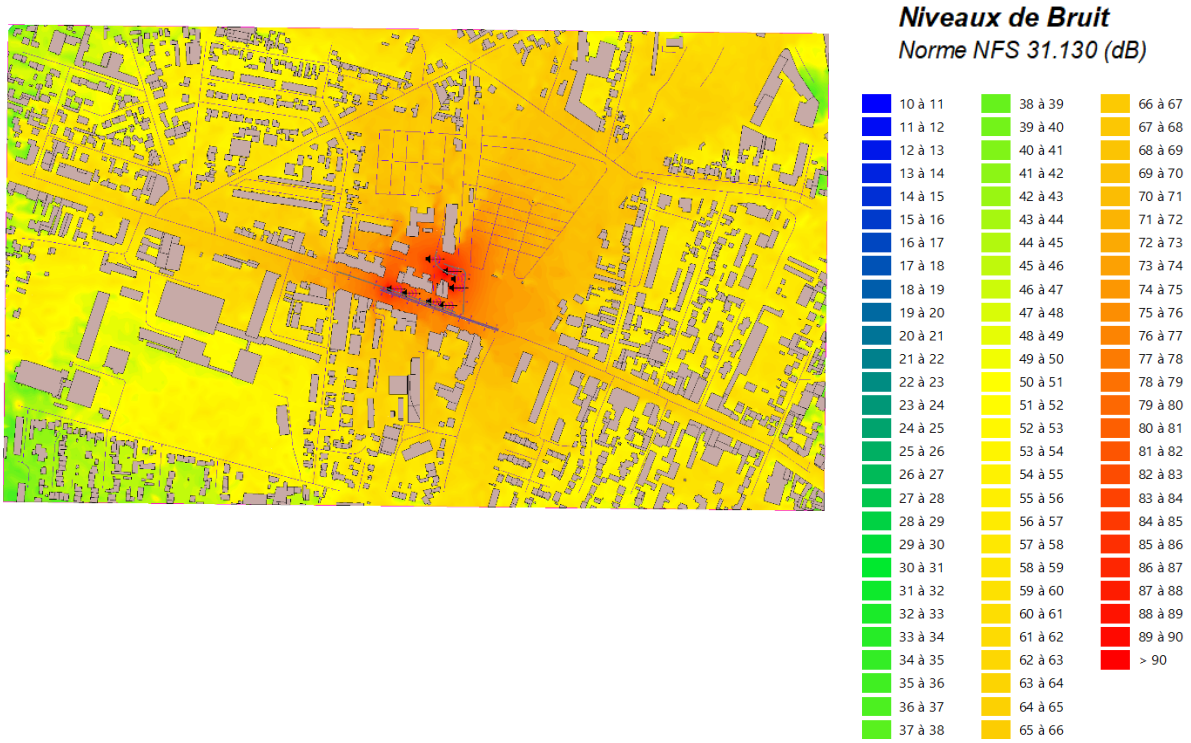
– représentation cartographique du niveau sonore maximal en façade des bâtiments (voir Figure 17 et Figure 18).

Figure 15 – Niveaux sonores en dehors des bâtiments exprimés par tranche de 5 dB(A)



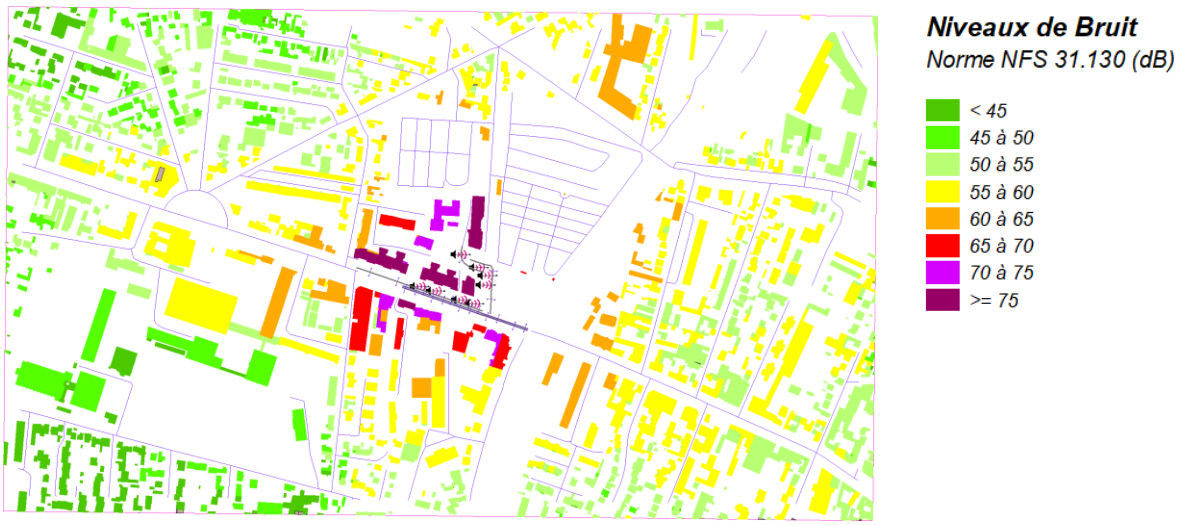
Source : groupe Bruit de chantier

Figure 16 – Niveaux sonores en dehors des bâtiments exprimés par dB(A)



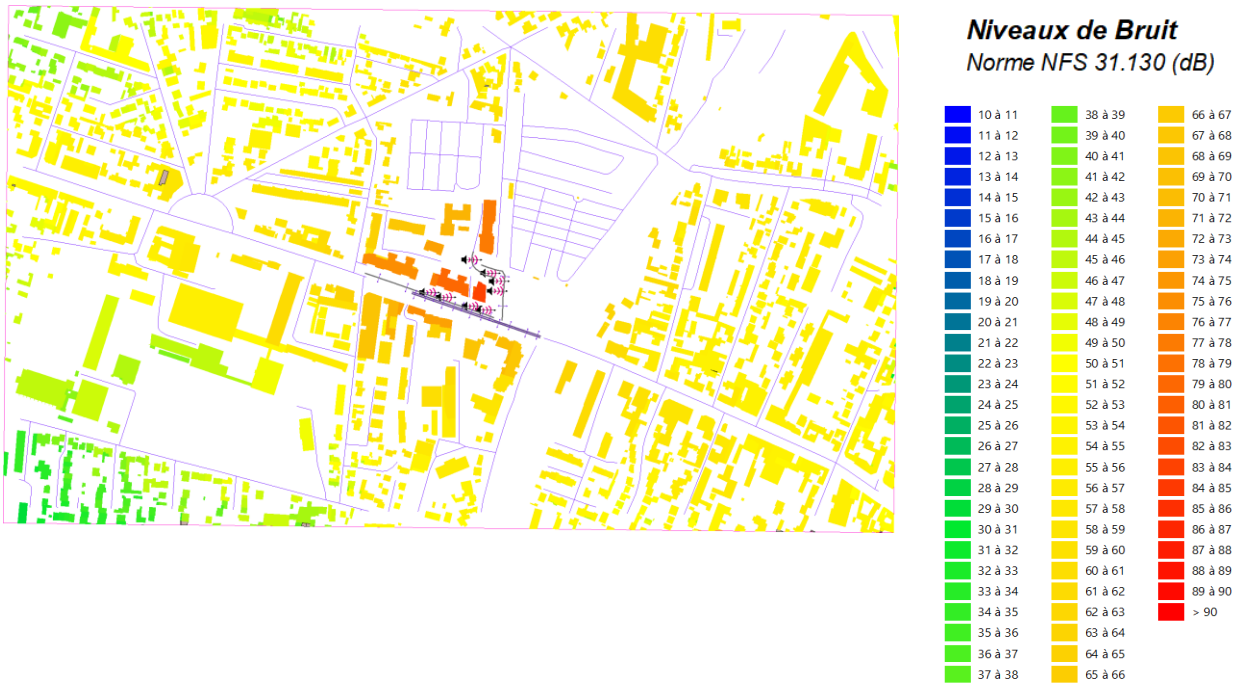
Source : groupe Bruit de chantier

Figure 17 – Niveaux sonores maximaux en façade des bâtiments exprimés par tranche de 5 dB(A)*



Source : groupe Bruit de chantier

Figure 18 – Niveaux sonores maximaux en façade des bâtiments exprimés par dB(A)



Note : les différentes figures montrent que le niveau sonore peut être relativement élevé et dépasser le seuil de 75 dB(A) proposé dans le Livre blanc *Silence chantier* de la SGP. À noter qu'il s'agit ici d'une phase de travaux relativement bruyante avec notamment des marteaux-piqueurs hydrauliques.

Source : groupe Bruit de chantier

Le nombre de personnes exposées à chaque niveau sonore (voir Tableau 23) est ensuite obtenu en croisant la cartographie des bâtiments exposés (voir Figure 17 ou Figure 18) et les données de population par bâtiment.

Le groupe retient les données d'exposition exprimées par dB(A) (et non par classe de 5 dB(A)), ce niveau de précision étant plus conforme à la réalité de la propagation du bruit[1].

[1] Selon Bruitparif, retenir chaque niveau de Lden ou le centre des classes de 5 dB(A) conduit à des résultats très similaires dans la mesure où la distribution du bruit au sein d'une classe est assez continue.

Tableau 23 – Population exposée par tranche de 5 dB(A) ou par dB(A)

Par 5 dB(A)		Par dB(A)											
Niveau sonore dB(A)	Nbre hab	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.	Niveau sonore dB(A)	Nb hab.
< 10	9	< 10	9										
10-14	0	10 - 11	0	25 - 26	0	40 - 41	16	55 - 56	360	70 - 71	166	85 - 86	0
15-19	0	11 - 12	0	26 - 27	0	41 - 42	8	56 - 57	394	71 - 72	2	86 - 87	0
20-24	0	12 - 13	0	27 - 28	0	42 - 43	30	57 - 58	245	72 - 73	0	87 - 88	0
25-29	2	13 - 14	0	28 - 29	0	43 - 44	20	58 - 59	372	73 - 74	52	88 - 89	0
30-34	161	14 - 15	0	29 - 30	2	44 - 45	42	59 - 60	91	74 - 75	0	89 - 90	0
35-39	46	15 - 16	0	30 - 31	0	45 - 46	23	60 - 61	20	75 - 76	148	> 90	0
40-44	116	16 - 17	0	31 - 32	7	46 - 47	40	61 - 62	9	76 - 77	0	> 68	514
45-49	208	17 - 18	0	32 - 33	29	47 - 48	46	62 - 63	9	77 - 78	12		
50-54	1 679	18 - 19	0	33 - 34	46	48 - 49	48	63 - 64	2	78 - 79	2		
55-59	1 462	19 - 20	0	34 - 35	79	49 - 50	51	64 - 65	0	79 - 80	86		
60-64	40	20 - 21	0	35 - 36	16	50 - 51	290	65 - 66	0	80 - 81	0		
65-69	154	21 - 22	0	36 - 37	9	51 - 52	418	66 - 67	26	81 - 82	0		
70-74	220	22 - 23	0	37 - 38	14	52 - 53	142	67 - 68	126	82 - 83	0		
75-79	248	23 - 24	0	38 - 39	2	53 - 54	328	68 - 69	0	83 - 84	44		
80-84	44	24 - 25	0	39 - 40	5	54 - 55	501	69 - 70	2	84 - 85	0	**Total**	**4 389**
85-89	0												
Total	**4 389**												

Source : groupe Bruit de chantier

Estimation des coûts par personne exposée selon le niveau sonore

Dans la littérature, on distingue deux grandes catégories de valeurs monétaires mobilisables pour attribuer un coût par personne exposée selon le niveau sonore :

– les valeurs monétaires par personne exposée retenues par la Commission Quinet en 2013 pour calculer les coûts par véhicule.kilomètre (utilisés pour rappel pour évaluer les impacts des bruits de transport) ;

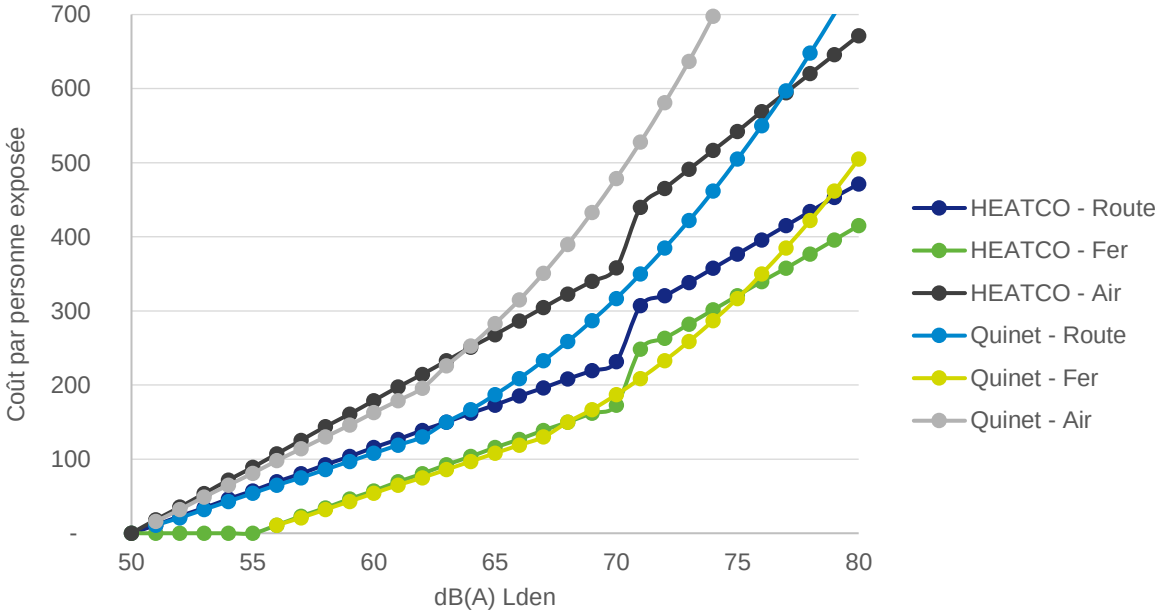
– les valeurs monétaires par personne exposée obtenues par application d'une courbe dose-réponse, calcul de DALY et attribution d'une valeur monétaire aux DALY.

❖ **Les valeurs monétaires retenues par la Commission Quinet en 2013**

Les valeurs monétaires (exprimées en €/dB(A) Lden/personne exposée/an) mobilisées par la Commission Quinet couvrent la gêne et les effets sur la santé (maladies cardiovasculaires) et ne comprennent pas les perturbations du sommeil, considérant que la gêne les recouvre. Les modifications des valeurs proposées par HEATCO (2006) apportées par Quinet (2013)

(voir Encadré 18 plus haut) aboutissent, à partir d'un certain seuil (différent selon le mode de transport), à des valeurs un peu plus élevées comme illustré sur la Figure 19 ci-dessous.

Figure 19 – Coûts par personne exposée (en euros) retenus par HEATCO (2006) et Quinet (2013)



Source : groupe Bruit de chantier à partir de HEATCO (2006) et Quinet (2013)

❖ **<u>Les valeurs monétaires obtenues par application d'une courbe dose-réponse et monétarisation de DALY</u>**

Comme présenté plus haut (voir section 4.1.2. et Figure 14), **le groupe Bruit de chantier a recensé trois catégories de courbes dose-réponse pour la gêne liée au bruit dans la littérature** : bruit des transports, bruit industriel et bruit de chantier. **Il ne s'intéresse pas aux perturbations du sommeil ni aux maladies cardiovasculaires prises isolément** pour des raisons différentes (voir respectivement section 4.2.3. *infra* et Encadré 20).

Encadré 20 – Arbitrages relatifs aux maladies cardiovasculaires

Le groupe Bruit de chantier estime que le coût des maladies cardiovasculaires liées au bruit de chantier doit être exclu de l'analyse en première approche considérant que :

– ces effets surviennent probablement à long terme, à l'inverse de la gêne et des perturbations du sommeil, tandis que la grande majorité des chantiers ont une durée limitée dans le temps ;

– cette question est moins documentée dans la littérature scientifique et des courbes dose-réponse robustes ne sont pas encore fournies. Néanmoins, depuis 2014, de plus en plus d'études scientifiques convergent et montrent que le bruit a des effets sur le système cardiovasculaire qui risquent d'être croissants en cas d'exposition de longue durée. Ces pathologies sont susceptibles d'être intégrées dans la prochaine mise à jour des courbes dose-réponse de l'OMS.

Pour estimer le coût annuel par personne exposée et par niveau de dB(A) à partir d'une courbe dose-réponse, la formule générique est la suivante :

$$\frac{N_{aff}}{N_{exp}} * DW * VAV \qquad (16)$$

avec :

$\frac{N_{aff}}{N_{exp}}$, la part de personnes affectées parmi les personnes exposées renseignée par la courbe dose-réponse ;

DW, le coefficient d'incapacité (*Disability weight*) associé à l'effet considéré[1] ;

VAV, la valeur tutélaire d'une année de vie retenue ici pour valoriser un DALY[2].

Il s'agit d'un **coût annuel** dans la mesure où la durée de l'effet ne vient pas pondérer ici la valeur attribuée à une année corrigée de l'incapacité. Un exemple de calcul est fourni pour la gêne dans l'Encadré 21.

Encadré 21 – Coût de la gêne par personne exposée : illustration

D'une part, le coût d'une personne *gênée* est donné par $DW * VAV$, soit 0,02 * 131 000 € = 2 620 €$_{2018}$.

D'autre part, le coût d'une personne non gênée est nul étant donné le coefficient d'incapacité nul.

In fine, le coût d'une personne *exposée* à un certain niveau de bruit correspond à la moyenne pondérée des coûts par les proportions de personnes gênées et non gênées, selon les données de la courbe dose-réponse pour la gêne. Autrement dit,

[1] Voir point « Le coefficient d'incapacité associé à la maladie » de la section 2.2. du Chapitre 1.

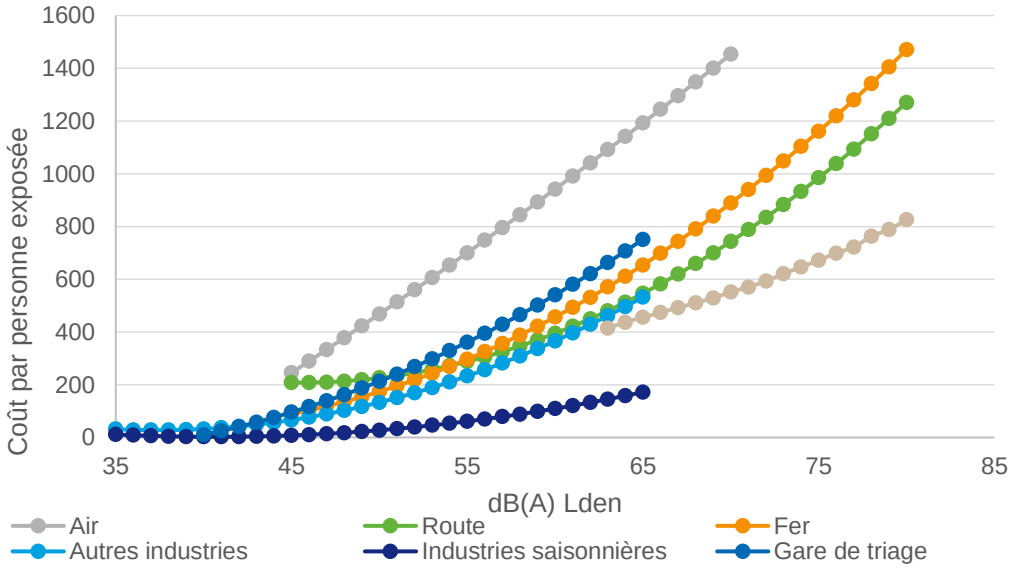
[2] Voir point « La valorisation monétaire des DALY » de la section 3.2. du Chapitre 1.

le coût par personne exposée est égal au coût par personne gênée multiplié par la part relative de personnes gênées.

Par exemple, si sur 100 personnes exposées à un bruit de 55 dB(A), 11 déclarent être gênées, le coût par personne exposée à 55 dB(A) est 11/100 * 2 620 € + 89/100 * 0 € = 288,20 €$_{2018}$.

Ce calcul permet d'obtenir les courbes de coût par personne exposée (voir Figure 20 ci-dessous) qui ont la même allure que les courbes dose-réponse (puisqu'il s'agit d'une transformation homothétique).

Figure 20 – Coûts (€$_{2018}$) par personne exposée obtenus par application d'une courbe dose-réponse et monétarisation des DALY



Source : groupe Bruit de chantier à partir des courbes dose-réponse de OMS (2018) pour les bruits de transport, Miedema et Vos (2004) pour les bruits industriels, Liu et al. *(2017) pour le bruit de chantier, et DW(gêne) = 0,02 (OMS, 2011) et VAV = 131 000 €$_{2018}$ (en considérant ici que la valeur d'un DALY est égale à la valeur tutélaire de l'année de vie de Quinet, 2013)*

❖ **Les valeurs monétaires proposées par le groupe Bruit de chantier**

Face à ces différents jeux de valeurs, et à l'issue de ses travaux, le groupe Bruit de chantier retient :

- **une valeur nominale obtenue par application de la courbe dose-réponse de la gêne de l'OMS (2018) pour le bruit *routier*, du coefficient associé à la gêne de 0,02 (OMS, 2011) et de la valeur tutélaire de l'année de vie de Quinet (2013) de 131 000 €$_{2018}$.** Après collecte des informations sur la méthode Quinet pour valoriser la gêne et après comparaison des résultats, le groupe ne l'a pas retenue dans la

mesure où les données sont anciennes, les hypothèses discutables et les valeurs caduques[1]. Par ailleurs, comme cela a été souligné, la littérature récente retient généralement le bruit routier pour caractériser l'exposition au bruit de chantier[2], la courbe dose-réponse de l'OMS fait consensus, et l'évaluation socioéconomique en France s'appuie sur la valeur tutélaire de l'année de vie de Quinet (2013)[3] ;

- **un intervalle d'incertitude assez large, conforme à l'état des connaissances actuelles sur le bruit de chantier et ses effets sur la santé. Pour des niveaux sonores au-delà de 55 dB(A), la borne haute est fixée en fonction de la courbe dose-réponse OMS (2018) de la gêne pour le bruit *ferroviaire*** (qui donne un pourcentage de personnes gênées plus élevé au-delà de 55 dB(A)). Ce choix se justifie par les caractéristiques du bruit de chantier, qui peut être continu ou intermittent et provoquer des émergences régulières. **La borne basse est fixée en fonction de la valeur tutélaire de l'année de vie divisée par deux (soit 65 500 €$_{2018}$)** selon les recommandations de Herrera-Araujo *et al.* (2020)[4].

Croisement des données d'exposition et des coûts par personne exposée

En croisant les données d'exposition exprimées par dB(A)[5] et les valeurs monétaires par dB(A)[6], le **coût annuel du bruit du chantier de la gare de Champigny-sur-Marne** prend les valeurs de référence suivantes :

Tableau 24 – Coût (€$_{2018}$) annuel du bruit de la phase de terrassement-fondations du chantier de la gare de Champigny-sur-Marne

Borne basse	Valeur nominale	Borne haute
766 648 € / an	1 533 296 € / an	1 621 605 € / an

Note : pour les niveaux inférieurs à 45 dB(A) pour lesquels les courbes dose-réponse ne donnent pas de coût (334 personnes sont exposées à ces niveaux, soit 7,6 % de la population, voir Tableau 23 *supra*), le groupe Bruit de chantier a attribué un coût nul faute d'information scientifique. Pour les niveaux supérieurs à 80 dB(A)

[1] Audition d'Hélène Le Maître, co-autrice du rapport Quinet (2013).

[2] Pour rappel, le niveau de bruit en dB(A) n'explique qu'un tiers de la gêne. Les deux tiers restants sont expliqués par des facteurs contextuels (la satisfaction résidentielle, l'intérêt économique des travaux de chantier, l'âge, etc.) qui peuvent varier entre populations ; ce qui peut expliquer les différences de courbes dose-réponse entre Europe et Asie et donc inciter à la méfiance vis-à-vis de l'utilisation de la courbe dose-réponse spécifique au bruit de chantier proposée par Liu *et al.* (2020).

[3] Voir point « La valorisation monétaire des DALY » de la section 3.2. du Chapitre 1.

[4] *Ibid*.

[5] Voir point « Quantification *ex ante* du nombre de personnes exposées par niveau de bruit pour un chantier donné » *supra*.

[6] Voir point « Estimation des coûts par personne exposée selon le niveau sonore » *supra*.

pour lesquels les courbes dose-réponse ne donnent pas non plus de coût (44 personnes sont concernées, soit 1 % de la population, voir Tableau 23), le groupe a retenu la valeur du coût associé à 80 dB(A) (soit le niveau le plus élevé pour lequel une valeur existe).

Source : groupe Bruit de chantier

Sur cette base, le groupe a ensuite cherché à exprimer le coût dans une unité de temps inférieure à l'année afin de tenir compte du fait que le coût pour la santé du bruit d'un chantier diffère en fonction de sa durée. Les valeurs par journée et par semaine (voir Encadré 22 pour le choix de l'unité de temps) sont les suivantes :

Tableau 25 – Coûts (€$_{2018}$) du bruit par journée ou semaine de travaux de terrassement-fondations sur le chantier de Champigny-sur-Marne

	Coût par journée	Coût par semaine
Borne basse	2 100 € / journée	14 743 € / semaine
Valeur nominale	4 201 € / journée	29 486 € / semaine
Borne haute	4 443 € / journée	31 185 € / semaine

Source : groupe Bruit de chantier

Encadré 22 – Coût par unité de temps

Trois unités de temps ont été initialement considérées : la phase chantier, la semaine et la journée. Le groupe Bruit de chantier a finalement considéré que :

– le raisonnement en phases de chantier n'est pas adapté en raison de la durée variable d'une phase donnée selon les chantiers ;

– la semaine et la journée constituent deux unités de temps pertinentes au regard des éléments suivants :

– les connaissances ne sont pas suffisantes pour permettre d'attribuer un seuil minimal à partir duquel l'exposition au bruit a des effets sur la santé ;

– les données de planning sont renseignées *ex ante* par journée ou par semaine par les porteurs de projets, et sont révisées chaque semaine pour tenir compte des imprévus ou des retards ;

– la journée est l'unité la plus adaptée dans le cas d'un fonctionnement d'un chantier en jours ouvrés et en suspens le week-end, ou bien lorsque la phase chantier dure moins d'une semaine.

Par ailleurs, les connaissances ne sont pas suffisantes pour définir des seuils au-delà desquels le coût « unitaire » augmenterait. Attribuer une valeur unique par semaine

ou par journée (qui ne varie pas avec la durée du chantier) constitue donc une approche plus robuste. Elle est aussi plus compréhensible pour le porteur de projet.

Ces résultats comportent néanmoins des limites compte tenu de la nature exploratoire de la démarche et du manque de données scientifiques et de terrain, qui imposent quelques réserves, compte tenu :

– des incertitudes sur les données d'exposition au bruit ;

– de la non-prise en compte du bruit ambiant et des effets combinés de la multi-exposition au bruit ;

– de la transposition discutable des courbes dose-réponse relatives au bruit de transport au cas du bruit de chantier ;

– de l'impact vraisemblable de la durée d'exposition sur la santé et de la difficulté de définir des seuils (qui, pour rappel, a conduit à considérer que le coût d'une journée est équivalent au coût de l'année divisé par 365) ;

– du périmètre des effets sur la santé pris en compte : le périmètre a été restreint à la gêne, excluant les perturbations du sommeil et les maladies cardiovasculaires ; impliquant que seuls des coûts intangibles ont été chiffrés (à noter que l'estimation du coût du bruit des chantiers faite par l'Ademe (2021) (voir Encadré 16) laisse envisager des pistes d'amélioration sur cet axe) ;

– de la difficulté de tenir compte de la présence ou de l'absence des riverains lorsque le chantier est actif et de la non-prise en compte des travailleurs sur les chantiers.

4.2.3. Recommandations pour élaborer des outils clés en main d'évaluation

Les travaux du groupe Bruit de chantier et leur aboutissement vers une valeur conditionnelle – applicable pour une phase spécifique de travaux d'un type de chantier donné et pour un environnement particulier (caractérisé par ses densités de population et de bâti) – ont démontré la faisabilité de l'évaluation socioéconomique des coûts pour la santé liés aux bruits de chantier, malgré les limites soulignées ci-dessus.

En parallèle de travaux à mener pour dépasser ces limites (construire une courbe dose-réponse spécifique au bruit de chantier en Europe, intégrer les perturbations du sommeil et les maladies cardiovasculaires, etc.), **la démarche doit donc être répliquée** pour produire de nouvelles valeurs transférables à d'autres phases de travaux, d'autres types de chantier et d'autres contextes. Dans cette perspective, **le groupe Bruit de chantier formule des recommandations** pour élaborer la future boîte à outils du porteur de projet.

Autres types de chantier et / ou phases de travaux

Les résultats de la modélisation réalisée sous MithraSIG pour le cas d'étude permettent d'obtenir un **coût sur la santé du bruit de chantier correspondant à une phase de travaux donnée et un type de chantier donné**, à savoir la phase de terrassement-fondations d'un chantier d'infrastructure de transport souterraine.

Le groupe a questionné la pertinence d'extrapoler ces résultats à d'autres phases de travaux / types de chantier. Une méthode simplifiée consistant à classer les phases de travaux à partir de la puissance acoustique et de la durée d'utilisation des engins considérés comme étant les plus gênants de chaque phase a été envisagée dans un premier temps. Au-delà de la difficulté à établir une liste unique de types de chantier ou de phases de travaux qui soit communément admise et utilisée, la démarche envisagée reste soumise à trois conditions de réussite :

– pouvoir identifier l'engin le plus gênant par phase, ce qui n'est pas toujours évident ;
– pouvoir estimer le niveau de puissance acoustique de l'engin, soit à partir des données constructeurs, soit à partir du niveau de pression mesuré à une distance connue de l'engin ;
– connaître la durée d'utilisation des engins : si le porteur de projet n'a pas accès à cette information, cela implique d'avoir la capacité de formuler des hypothèses sur cette durée.

Cela étant, plutôt que d'introduire de nouvelles hypothèses avec cette méthode simplifiée, qui fragiliseraient la pertinence des outils, le groupe suggère *in fine* les pistes suivantes :

– faire de **nouvelles modélisations** pour d'autres phases de travaux et d'autres types de chantier de manière à constituer un échantillon représentatif de chantiers. Des experts en modélisation acoustique pourraient se voir confier des modélisations de chantiers avec ou sans relevés de données sonores sur site. Un travail statistique aboutirait probablement à une **caractérisation efficace des chantiers** sans qu'il soit nécessaire de reproduire l'intégralité des étapes de la modélisation du cas d'étude ;
– mener une analyse d'incertitude et de sensibilité des résultats afin d'identifier les variables clés et de proposer un intervalle de confiance lié aux incertitudes.

Note : L'**utilité du chantier perçue** par les riverains (qui dépend du type de chantier) peut aussi constituer un facteur déterminant de la gêne. Des réflexions mériteraient d'être menées pour apprécier s'il est pertinent d'une part et faisable d'autre part de considérer un coefficient de pondération qui pourrait traduire cette utilité, qui ne devra toutefois pas être intégré pour l'étude des effets objectifs tels que les maladies cardiovasculaires.

Chantiers de nuit

Dans la modélisation proposée sous MithraSIG pour le cas d'étude, **le chantier est**, pour rappel, **considéré comme étant actif uniquement le jour (7 h-17 h)**.

Le groupe considère, après examen des travaux de la littérature, que **les valeurs obtenues pour un chantier de jour ne sauraient être extrapolées à la nuit** pour deux raisons principales. D'une part, les actions simulées sur le cas d'étude (type et fonctionnement des sources) ne sont pas nécessairement représentatives d'actions se déroulant la nuit. D'autre part, le chantier de nuit cause à la fois gêne et perturbations du sommeil et il convient donc d'ajouter ces deux effets, sachant que :

– pour ces deux effets, les relations dose-réponse sont différentes, comme l'indicateur de bruit (Lden pour la gêne et Ln pour les perturbations du sommeil). Il faut donc *a priori* les considérer et les valoriser séparément ;

– pour la gêne, les valeurs de la courbe dose-réponse OMS sont valables pour une journée entière de 24 heures (et donc non divisibles en principe).

Afin d'établir des valeurs monétaires pour les chantiers de nuit, **le groupe suggère par conséquent de procéder à de nouvelles modélisations du bruit** :

– en modélisant un phasage des actions ou des sources représentatif de chantiers ayant lieu la nuit ;

– en exprimant les niveaux sonores en Ln (pour pouvoir appliquer les coûts des perturbations du sommeil différenciés par niveau de bruit exprimé en Ln) et en Lden (pour pouvoir appliquer les coûts de la gêne différenciés par niveau de bruit exprimé en Lden).

En ce qui concerne les valeurs monétaires à appliquer aux données d'exposition obtenues à partir des modélisations, **le groupe recommande de retenir** :

– **une valeur nominale** issue de l'application de la courbe dose-réponse de l'OMS des perturbations du sommeil (**mode routier**)**, du coefficient associé aux perturbations du sommeil de 0,07 (OMS, 2009 et 2011) et de la valeur monétaire à attribuer à chaque DALY de 131 000 €$_{2018}$** ;

– **une borne basse** obtenue en appliquant la courbe dose-réponse de l'OMS des perturbations du sommeil (**mode routier**), **le coefficient associé aux perturbations du sommeil de 0,07 mais une valeur monétaire par DALY deux fois plus faible (65 500 €$_{2018}$)** selon la recommandation d'Herrera-Araujo *et al.* (2020) ;

– **une borne haute qui intégrerait également le coût de la gêne**. Il s'agirait d'une borne haute dans la mesure où la gêne est probablement déjà « capturée » dans le coût des perturbations du sommeil lorsque celles-ci sont mesurées de façon subjective. Cependant, cela impliquerait d'être en mesure de distinguer la part de la gêne ressentie

spécifiquement la nuit, ce qui n'est pas encore le cas (puisque la courbe dose-réponse est construite avec des Lden).

Autres niveaux de densité de population et de bâti

Les résultats de la modélisation sous MithraSIG pour le cas d'étude permettent d'obtenir un **coût du bruit de chantier valable pour :**

– **un niveau de densité de population donné**, qui joue directement sur le nombre de personnes exposées au bruit ;

– **un niveau de densité de bâti donné**, qui impacte la propagation du bruit dans le périmètre autour du chantier et donc indirectement le nombre de personnes exposées.

Les densités à l'échelle du périmètre retenu pour les simulations (correspondant à l'extraction de la BD Topo transmise par Bruitparif) ne sont pas connues[1]. En revanche, le niveau de densité de population dans un rayon de 800 mètres autour de la gare est de 81 hab./ha et le niveau de densité de bâti est de 0,34 (voir la monographie du quartier de la gare de Champigny-sur-Marne réalisée par l'Atelier parisien d'urbanisme (Apur) en 2014). Il est peu probable que ces niveaux soient représentatifs de beaucoup d'environnements de chantiers en France.

Les réflexions du groupe Bruit de chantier sur la prise en compte des niveaux de densité ont alors mené aux conclusions suivantes :

– il n'est pas possible d'estimer un « cas extrême » d'exposition (ou borne supérieure d'exposition) en considérant une très forte densité de population. En effet, il est possible qu'une forte densité de population soit associée à une forte densité de bâti qui jouera alors le rôle d'écran acoustique et limitera l'exposition au bruit des populations (certes nombreuses) moins proches du chantier ;

– **il n'est pas possible à ce stade d'identifier une démarche permettant de produire des valeurs pour d'autres combinaisons de densité de population et de bâti**, en dehors d'un travail systématique de modélisation de chantiers dans des environnements différents (variation de la zone urbaine, variation des bâtiments, etc.).

Le groupe estime par conséquent nécessaire de procéder à de nouvelles modélisations, dont certaines pourraient ré-exploiter le travail réalisé pour le cas d'étude (sélection des sources, phasage des sources, etc.) mais en considérant ce chantier dans des environnements caractérisés par d'autres densités de population et de bâti. Il attire

[1] Les bases de données fournissant la densité de population et la densité de bâti à des échelles infra-communales ne sont pas systématiquement accessibles (notamment les fichiers Majic de la DGFIP pour les densités de bâti).

l'attention sur le fait qu'il existe une relation entre les deux paramètres, densité de population et densité de bâti (voir *supra*), qui impose de simuler une dizaine de cas qui couvriraient ces différents niveaux de densité et d'interpoler les résultats (rappelons en effet que pour une même densité urbaine, on peut observer des typologies de bâtiment très différentes, entraînant des résultats variables).

Note : D'autres variables relatives à l'environnement du chantier mériteraient également d'être étudiées, à savoir :

- le **niveau de vie**. À ce sujet, on sait qu'une population plus riche connaît probablement mieux ses droits relatifs à l'exposition au bruit (ce qui pourrait conduire les maîtres d'œuvre à intégrer de manière différentielle les risques de recours et donc à diminuer le bruit). Par ailleurs, on peut supposer que cette population dispose de plus de moyens pour se prémunir contre le bruit (logements mieux isolés contre les nuisances sonores, plus grande facilité à déménager dans un lieu de résidence moins bruyant, plus grande propension à partir en vacances, etc.). Ainsi, il est possible que la proportion de personnes qui se déclarent gênées par le bruit diffère en fonction de la richesse. Or, la même courbe dose-réponse est appliquée aux populations exposées au bruit, quelles que soient leurs caractéristiques économiques, sociales ou culturelles. Notons que, dans le rapport de la Commission Quinet (2013), le critère de richesse est évoqué comme un des facteurs pouvant être pris en considération mais n'est pas intégré au calcul socioéconomique ;
- toute autre variable jouant sur la **satisfaction résidentielle** (qui, pour rappel, détermine la gêne déclarée), telles que les aménités paysagères.

Bénéfices de leviers de réduction du bruit de chantier

Au-delà de l'évaluation du coût socioéconomique des bruits de chantier, **l'ambition à terme serait d'être en mesure de proposer des outils permettant aux porteurs de projet d'évaluer les bénéfices de santé attribuables à des efforts de réduction du bruit.** Le groupe Bruit de chantier partage plusieurs réflexions à ce sujet :

- tout d'abord, la littérature grise recense différents dispositifs de réduction du bruit. À l'instar de ce qui peut exister à l'étranger[1], des initiatives se développent en France, par exemple le guide du Conseil national du bruit de 2013 ou le Livre blanc *Silence chantier* de la SGP de 2019[2] ;

[1] Notamment le guide *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie* de l'Institut national de santé publique du Québec (2018) (en particulier la partie 6.5 du rapport sur le bruit des chantiers de construction).

[2] Ce Livre blanc définit par exemple un seuil à respecter en façade riverains, soit 75 dB(A) pour le LAeq 15 minutes, de même qu'il introduit la notion de « point bruit » dans les chantiers du Grand Paris Express (la perte de points bruit entraînant des pénalités financières). Par ailleurs, ce guide suggère plusieurs pistes pour encadrer le bruit de chantier : le recours à l'indice hybride Harmonica adapté au bruit de chantier, la prise en

– il pourrait se révéler utile d'approfondir l'évaluation des bénéfices d'un **mur anti-bruit** temporaire (voir Encadré 23), qui atténue les nuisances pour les personnes les plus exposées, dont le coût est facilement évalué et qui reste largement utilisé comme levier technique et directionnel de réduction des expositions[1] ;

– une attention devrait également être portée aux **dispositions qui affectent le phasage des sources** : par exemple, limitation des horaires du chantier à une amplitude de jour. Il faudrait notamment comparer les organisations alternatives des chantiers (choix entre un chantier court et un chantier long pour un même ouvrage par exemple). Selon certains membres du groupe, cette équation entre niveau sonore moyen Lden et durée d'exposition demeure complexe et est peu documentée dans la littérature[2] ;

– d'autres initiatives sont envisageables et mériteraient d'être systématisées, telles que les systèmes de **monitoring du bruit** (mesures en continu du bruit et lancements d'alertes aux responsables de chantiers en cas de dépassements avérés), les équipements adaptés comme le système du cri du lynx ou les réflexions autour de **l'organisation des circuits logistiques du chantier** comme les prévisions des plans de circulation des camions (évitement de stationnement dans les rues avant les ouvertures des chantiers, évitement des bruits de moteurs, évitement des embouteillages / klaxons). Leur impact sur le bruit mériterait d'être mieux documenté ;

– l'attention est enfin attirée sur l'impact que peuvent avoir ces mesures sur **d'autres nuisances du chantier, telles que les poussières (microparticules PM_{10} et $PM_{2.5}$) ou encore les vibrations (verticales et horizontales)**. Ces dernières, comme le bruit, dépendent des caractéristiques du chantier et des différentes phases de travaux (recours à certains équipements tels que l'utilisation d'un excavateur, usage de certains matériels tels que du ciment ou du plâtre, ou encore organisation du travail par le maître d'œuvre et les managers sur chantier). L'une des difficultés pour mettre en œuvre une prévention et un contrôle des nuisances liées aux chantiers est le caractère très variable de l'organisation du chantier en temps réel, soumise à des aléas ; de même, les modélisations visant à prévoir en amont ces nuisances peinent à intégrer l'ensemble des variables d'impact dans la prévision.

compte du classement des puissances acoustiques des engins dans les choix d'engins, les dispositifs de protection envisageables tels que les écrans anti-bruit, la présence d'un interlocuteur pour améliorer l'information mise à disposition des riverains.

[1] Les « bases vie » peuvent également faire office de « mur anti-bruit » si elles sont astucieusement placées sur le chantier.

[2] Il convient de s'interroger plus longuement sur le choix entre un chantier court avec une durée quotidienne élevée et/ou la réalisation de multiples actions en même temps et un chantier plus long avec une durée quotidienne plus faible et / ou moins d'actions en même temps pour un même ouvrage.

Encadré 23 – Cas d'un mur anti-bruit

Dans la mesure où la réduction du bruit attribuable à un mur anti-bruit dépend de variables propres au mur (hauteur, longueur, nature des matériaux, caractéristiques acoustiques, étanchéité, etc.) mais aussi de son emplacement par rapport au chantier et par rapport aux récepteurs et de la hauteur des récepteurs, le groupe Bruit de chantier a considéré qu'il était complexe et peu pertinent de tenter d'identifier un coefficient reflétant l'existence d'un mur anti-bruit dans l'estimation du coût du bruit d'un chantier uniquement à partir du cas d'étude. En effet, il serait nécessaire de simuler la situation avec et sans écran de protection, sachant que pour de nombreux bâtiments (hauts de plus de trois étages), l'impact du mur ne sera perceptible que sur les trois étages inférieurs. Pour autant, les murs anti-bruit restent efficaces (surtout quand ils sont proches des sources) parce que ce sont les personnes les plus exposées qui en bénéficient : il s'agit alors de maximiser la réduction de bruit pour ceux qui sont exposés au maximum de bruit, ce qui représente un résultat en soi puisqu'il ramène les personnes les plus exposées dans des tranches de bruit moins élevées et donc moins coûteuses.

5. Activité physique dans l'espace public

5.1. État des connaissances des effets sur la santé de l'activité physique et de leur évaluation monétaire

5.1.1. L'activité physique, un enjeu dans l'aménagement des espaces publics

Développer l'activité physique régulière pour tous : un objectif de santé publique

L'activité physique correspond à toute forme de mouvement corporel exécuté par les muscles squelettiques qui entraîne une augmentation de la dépense énergétique[1]. Elle peut intervenir lors d'activités professionnelles (moins de 10 % de la population française : maçons, boulangers par exemple), lors des déplacements en modes actifs (marche et vélo), dans le cadre domestique (rangement, ménage, etc.) ou à l'occasion des loisirs (sport, mais aussi jardinage, bricolage, etc.).

[1] Définition du Plan d'action mondial de l'OMS pour promouvoir l'activité physique 2018-2030.

Le niveau d'activité physique d'une personne se définit en fonction de l'intensité des activités pratiquées (faible, modérée ou élevée), de leur durée et de leur fréquence. Lorsque ce niveau est jugé insuffisant au regard des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (150 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine pour les adultes, voir ci-après), on parle **d'« insuffisante activité physique[1] » et, pour simplifier dans la suite du propos, d'« inactivité physique »**.

Note : Cette application est **focalisée sur l'activité physique**. Sauf lorsque cela est précisé, ne sont évoqués dans cette section 5 :

- ni **l'activité sportive / le sport**, un sous-ensemble d'activités physiques caractérisé par une pratique réglementée et institutionnalisée et / ou une intensité d'effort plus élevée (et donc une dépense énergétique plus importante). En effet, les études portent davantage sur l'activité physique, car elle se pratique avant tout dans la vie quotidienne, et montrent que les bénéfices d'une activité physique modérée ne sont pas inférieurs à ceux d'une activité intense ; les recommandations de l'OMS (voir ci-dessous) portent sur l'activité physique en général ; et enfin la population concernée est plus importante ;
- ni **la sédentarité**, une situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 METs (Metabolic Equivalent of Task) en position assise ou allongée (Tremblay *et al.*, 2017). En effet, d'une part, pratiquer une activité physique suffisante ne préserve pas des effets délétères de la sédentarité sur la santé et, d'autre part, la lutte contre la sédentarité et la promotion de l'activité physique et sportive constituent deux objectifs de santé publique distincts.

Dans l'intérêt de la santé et du bien-être de la population, l'OMS (2020)[2] recommande que les adultes pratiquent au moins 150 à 300 minutes d'activité aérobie d'intensité modérée par semaine (ou la durée équivalente d'activité d'intensité soutenue) et que les enfants et les adolescents pratiquent en moyenne 60 minutes d'activité physique aérobie d'intensité modérée à soutenue par jour.

Selon la dernière enquête nationale Esteban 2014-2016, **l'activité physique de la population française est insuffisante au regard de ces recommandations, quels que soient l'âge et le sexe**. Seuls 18 % des filles âgées de 6 à 17 ans et 28 % des garçons du même âge atteignaient en 2015 les recommandations. Chez les adultes, 53 % des femmes âgées de 18 à 75 ans et 71 % des hommes du même âge atteignaient les recommandations, soit 61,3 % des adultes (Esteban, 2017).

[1] *Ibid*.

[2] Il existe aussi des recommandations concernant la sédentarité. Voir OMS (2020), *Lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique et la sédentarité*, Genève, Organisation mondiale de la santé, coll. « En un coup d'œil ».

Face à ce constat, la **Stratégie nationale sport santé** (SNSS) (2019-2024)[1] a pour ambition d'améliorer l'état de santé de la population en favorisant l'activité physique et sportive de chacun, au quotidien, avec ou sans pathologie, à tous les moments de la vie, tout en veillant à ne pas accroître les inégalités de santé. Interministérielle et co-pilotée par les ministères des Sports et de la Santé, la SNSS s'inscrit dans le contexte de la Stratégie nationale de santé 2018-2022 ; elle est construite en lien avec d'autres stratégies ou plans, dont le Plan national de santé publique « Priorité prévention », le Plan national nutrition santé (PNNS), la feuille de route obésité, le plan cancer et les plans santé au travail des secteurs privé et public. L'objectif de promouvoir une activité physique et des modes de déplacements actifs est par ailleurs inscrit dans plusieurs programmes et plans nationaux (plan national santé environnement (PNSE) 3[2], plan d'action pour les mobilités actives, etc.).

La candidature de Paris pour accueillir les Jeux olympiques et paralympiques (JOP) de 2024 avait également pour ambition d'amener les Français à pratiquer dans la durée une activité physique bénéfique pour la santé. La SNSS 2019-2024 s'inscrit dans cette logique d'héritage voulu pour les JOP.

L'aménagement de l'espace public : un levier sous-estimé de promotion de l'activité physique au-delà des déplacements en modes actifs

D'après la revue de littérature de Bauman *et al.* (2012), **l'activité physique des individus est influencée par de multiples déterminants qui agissent de manière simultanée** tout au long de la vie et à plusieurs niveaux (voir Figure 21). L'Anses (2016) retient de cette revue de littérature que les principaux **facteurs positivement associés à l'activité physique**[3] sont :

– des **facteurs démographiques** tels que le sexe masculin, un jeune âge (au sein de chaque catégorie considérée), un niveau d'éducation élevé ou encore un bon état de santé ;

– des **facteurs comportementaux** et notamment les antécédents de pratique ;

[1] La SNSS s'articule en quatre axes : 1) La promotion de la santé et du bien-être par l'activité physique et sportive ; 2) Le développement et le recours à l'activité physique adaptée à visée thérapeutique ; 3) La protection de la santé des sportifs et le renforcement de la sécurité des pratiquants ; 4) Le renforcement et la diffusion des connaissances.

[2] Ils sont repris dans le PNSE4 à travers l'action « Sensibiliser les urbanistes et aménageurs des territoires pour mieux prendre en compte les problématiques de santé et d'environnement dans les documents de planification territoriale et les opérations d'aménagement » dans le but d'approfondir les travaux établissant le lien entre l'aménagement urbain, l'urbanisme, la mobilité et la santé.

[3] À l'inverse, les facteurs associés à l'inactivité physique sont le surpoids, le manque de temps et les obstacles perçus à l'activité physique.

– des **facteurs psychosociaux**, tels qu'une bonne image de soi, un niveau élevé de compétence physique perçue ou le plaisir à pratiquer, ou **liés à l'environnement social** (soutien social) ;

– **et des facteurs liés à l'environnement physique** tels que la connectivité des rues, un potentiel piétonnier élevé, la proximité des destinations non résidentielles, l'accessibilité des équipements de pratique sportive ou la facilité d'utilisation des transports publics.

En tout état de cause, **les leviers de promotion de l'activité physique sont divers**. Dans un rapport intitulé *Promouvoir l'activité physique et sportive pour tous et tout au long de la vie : des enjeux partagés dans et hors de l'école* remis au Premier ministre en 2016, les députés M. Deguilhem et M. Juanico formulent des recommandations autour de quatre axes (Deguilhem et Juanico, 2016) :

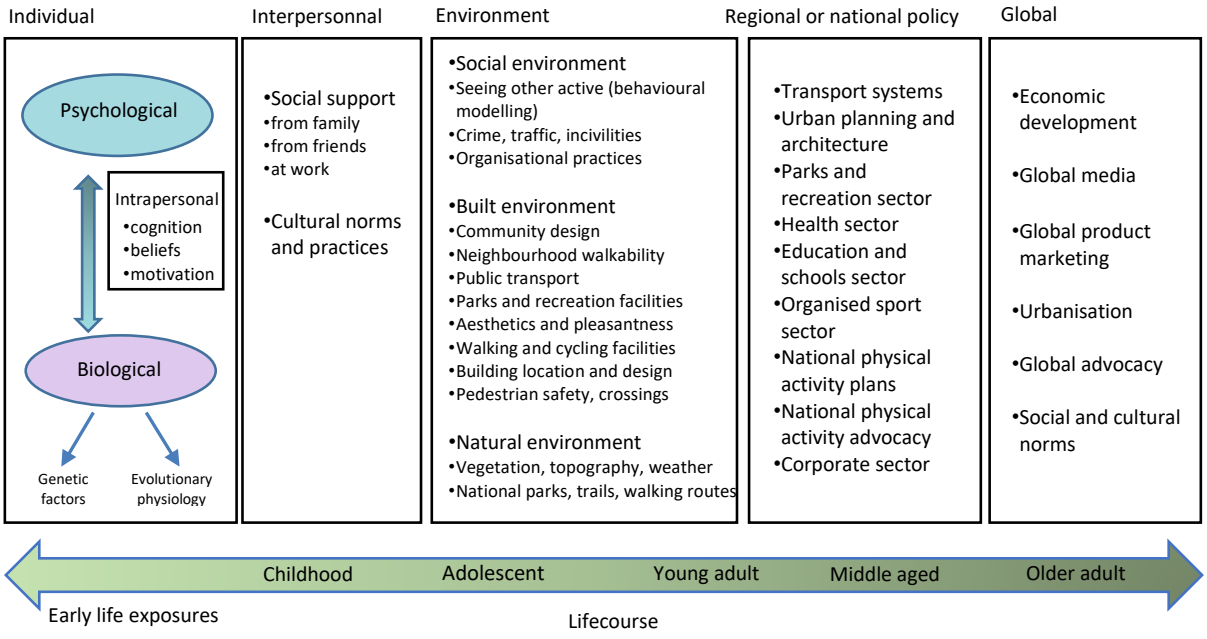
– la continuité d'une pratique physique et sportive pour les élèves et étudiants favorisant la complémentarité des temps scolaire, périscolaire et extra-scolaire et un style de vie « actif » tout au long de la vie ;

– la diversification des pratiques et l'adéquation de l'offre d'activités physiques et sportives aux besoins et motivations des publics cibles ;

– l'équité d'accès aux pratiques physiques et sportives, notamment pour ceux qui en sont les plus éloignés ;

– la formation des acteurs du sport et la mutualisation de leurs expertises.

Figure 21 – Déterminants de l'activité physique



Source : Bauman et al. *(2012)*

En matière d'**aménagement**[1], il importe ainsi de ne pas limiter la réflexion aux équipements sportifs traditionnels (voir Encadré 24), dans la mesure où :

– leur accès n'est pas libre, de telle sorte que la population qui les fréquente est limitée (il s'agit le plus souvent de jeunes, scolaires et / ou licenciés) et que leur pratique est une démarche intentionnelle, et non une pratique d'opportunité ;

– l'évolution des motivations éloigne aujourd'hui les pratiquants des modèles compétitifs pour retrouver le caractère ludique et improvisé de l'activité physique telle qu'elle est pratiquée dans les lieux publics.

Par conséquent, prendre en compte plus largement les aménagements de l'espace public qui offrent tacitement des lieux de pratique d'activités physiques permettrait de répondre au moins en partie à **l'enjeu d'adéquation de l'offre aux besoins et motivations des publics cibles**, de participer à l'animation des lieux publics et à la création d'interactions sociales (Apur, 2016), et d'atteindre occasionnellement ou régulièrement des publics qui ne fréquentent pas habituellement les installations sportives, répondant ainsi à **l'enjeu d'équité** d'accès souligné ci-dessus.

En 2018, France Stratégie soulignait à son tour l'importance de faire évoluer nos représentations collectives, d'inscrire l'activité physique et sportive dans nos temps quotidiens et de **repenser nos espaces de vie** pour favoriser l'activité physique et sportive (Gimbert et Khelifa, 2018).

Maillon d'un réseau, **l'espace public** est accessible à tous à tout moment, accueille une diversité d'activités et dessert des immeubles et espaces riverains. Sur cet espace public, les **aménagements de lieux dédiés à l'activité physique** sont très hétérogènes :

– parmi les **espaces ouverts**, dont la plupart ont été conçus de manière à cibler la pratique des jeunes garçons[2], on recense des city stades, des espaces de skate / roule, des aménagements de type « *street work out* », des préaux sportifs, des sites d'escalade ou encore des espaces pour enfants à vocation ludo-motrice. À noter que les préaux sportifs représentent une opportunité de pratiquer en extérieur tout en offrant une souplesse d'accès sans dépendance à la météo ;

[1] À noter que parmi les fiches outils qu'il est prévu d'adosser au référentiel méthodologique de l'évaluation socioéconomique des opérations d'aménagement urbain (Baïetto-Beysson, 2022), l'une d'entre elles sera dédiée aux effets sur l'activité physique.

[2] Il a également pu être observé que les cours de récréation offrent aux écoliers des espaces de pratique active destinés très préférentiellement aux garçons (terrains de foot par exemple) (Maruéjouls-Benoit, 2014).

– parmi les **espaces dits « de mobilité »**, on recense des parcours de santé[1], des circuits de course à pied, les chemins de randonnée, les via-ferrata, les berges accessibles, les pistes cyclables, etc. Trottoirs et pistes cyclables ont ainsi toujours été des lieux de pratique d'activité physique sans qu'ils lui soient *a priori* dédiés. Aujourd'hui, si le déploiement d'infrastructures de modes de transport « actifs » constitue en soi un levier de promotion de l'activité physique, sa pratique dans l'espace public ne saurait cependant se limiter aux simples modes de **déplacements actifs**.

La ville, comme le sont les espaces naturels (campagne, forêt, montagne…), constitue ainsi un lieu de pratique quotidienne d'activités physiques. Selon une enquête de 2015, 21 % des activités pratiquées dans la vie de tous les jours, mais aussi pendant les vacances, le sont dans des lieux de libre accès en milieu urbain (rues, parcs, etc.)[2]. Toutefois, on constate également que les villes installent des parkings, des centres commerciaux, etc., qui peuvent, *a contrario*, décourager la pratique d'activité physique, tout comme, dans une moindre mesure, la mise à disposition, dans l'espace public, de trottinettes ou vélos électriques moins favorables à l'activité physique que leurs versions non électriques.

Encadré 24 – Les installations sportives traditionnelles

Les équipements sportifs traditionnels d'extérieur (stades, parcs des sports, terrains de grands jeux, pistes d'athlétisme, espaces de sports en enrobé – plateaux d'EPS, cours d'école, etc.) ou couverts (salles multisports, gymnases, piscines, salles de sport spécialisées) :

– ont servi à l'institutionnalisation du sport qui s'est, toutefois, développé avant leur apparition ;

– reposent sur des modèles conçus pour les clubs (salles spécialisées qui dépendent de fédération dominantes, telles que le tennis, le judo, les arts martiaux, etc.) et les écoles (gymnases pensés pour une polyvalence par exemple) ;

– ont évolué pour répondre à des exigences de sécurité et d'équité, avec l'apparition des compétitions. Ils représentent ainsi des investissements importants dédiés à une pratique technique, qui peuvent s'inscrire dans la durée avec des coûts de maintenance spécialisée élevés ;

[1] L'idée de proposer une scénographie avec des ateliers entre lesquels on est supposé courir est relativement ancienne (parcours en bois par exemple). Elle se développe aujourd'hui avec une optique santé, sous une forme différente.

[2] Résultats de l'enquête Nomadéis TNS Sofres, octobre 2015, repris dans Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique et Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports(2016), *Prospective. Enjeux et perspectives des industries du sport en France et à l'international*, Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques, Paris, p. 38.

– sont la propriété, le plus souvent, des collectivités territoriales. En parallèle, se sont développés des équipements privés, dans lesquels la dimension forme-santé (centres aquatiques par exemple) et les dimensions touristique et ludique se développent ;

– constituent des espaces de destination (quand les esplanades, places publiques, parvis de gare, etc. constituent des espaces d'opportunité) ;

– offrent un accès restreint, qui facilite l'accompagnement humain, tandis que les questions d'amplitude horaire et de créneaux génèrent de la concurrence par des effets de congestion.

5.1.2. Les effets de l'activité physique sur la santé

Les liens de causalité entre activité physique et santé

Les effets sur la santé de l'activité physique sont largement étudiés et documentés. En France, l'Inserm a piloté, à la demande du ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative, une expertise collective dès 2008 sur, entre autres, l'évaluation des effets de l'activité physique sur la santé (Aquatias *et al.*, 2008, dit « **Inserm, 2008** »). En 2016, l'Anses a réalisé une synthèse des connaissances disponibles sur le sujet dans le cadre d'une saisine de la Direction générale de la santé pour l'actualisation des repères du PNNS relatifs aux déterminants majeurs de la nutrition que sont l'alimentation et l'activité physique (**Anses, 2016**). Plus récemment, en réponse à une demande du ministère chargé des sports concernant la prévention et le traitement des maladies chroniques par l'activité physique, l'Inserm a piloté une procédure d'expertise collective sur le sujet (Boiche *et al.*, 2019, dit « **Inserm, 2019** »).

- **Mortalité**

De nombreuses études longitudinales montrent non seulement que **plus on pratique une activité physique, plus la mortalité diminue**, mais également qu'elle **diminue rapidement dès que l'on en pratique un peu** (voir Tableau 26).

Tableau 26 – Synthèse des connaissances de l'impact de l'activité physique sur la mortalité

Mesure de l'activité physique	Impact de l'activité physique sur la mortalité (par rapport aux sujets qui n'en pratiquent aucune)
Questionnaires[1]	Baisse de 31 % pour 30 minutes d'activité modérée par jour et de 20 % dès 15 minutes par jour selon Arem *et al*. (2015) (et dans des études plus anciennes : baisse de 29 % à 41 % selon les études revues par Anses (2016) et de 33 % selon Inserm (2008))
Accéléromètres	Baisse de 60 % dès 20 minutes d'activité d'intensité modérée par jour[2] selon une revue systématique et méta-analyse (Ekelund *et al*., 2019)

Source : groupe Activité physique

- **Morbidité**

L'activité physique est aussi un facteur de prévention primaire des maladies cardiovasculaires, de différents cancers (côlon, sein, endomètre, estomac (cardia), vessie, œsophage), **de l'obésité, du diabète de type 2, de maladies neurodégénératives** (Parkinson, Alzheimer) **et de maladies respiratoires** (voir Tableau 27).

Tableau 27 – Synthèse des connaissances de l'impact de l'activité physique sur la morbidité – prévention primaire

Pathologies	Impact de l'activité physique sur la morbidité (prévention primaire)
Pathologies cardio-vasculaires	L'activité physique permet une baisse de : 20 à 50 % (Anses, 2016) du risque de pathologie coronarienne 20 % (Lee *et al*., 2003 ; Wendel-Vos *et al*., 2004, cités dans Inserm, 2008) à 60 % (Williams, 2009) du risque d'accident vasculaire cérébral (AVC)
Cancers	Quand on compare les sujets les plus actifs aux moins actifs (Friedenreich *et al*., 2020), l'activité physique permet une baisse de : 22 à 27 % du risque de cancer du côlon 19 à 27 % du risque de cancer du sein

[1] Les études de cohorte mobilisées dans Arem *et al*. (2015) ont eu recours à différents questionnaires de mesure de l'activité physique adaptés du questionnaire *Nurse's Health Study*. D'autres questionnaires sont employés, notamment dans les études permettant d'estimer la prévalence de l'activité physique d'une population : le *Recent Physical Activity Questionnaire* (RPAQ) (Esteban 2014-2016 et INCA3, 2014-2015) l'*International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) (INCA2, 2006) ou encore le *Global Physical Activity Questionnaire* (GPAQ) (baromètre santé, 2008).

[2] Ou dès quatre heures d'activité physique légère par jour par rapport à ceux qui en pratiquent cent minutes par jour.

	19 à 29 % du risque de cancer de l'endomètre 15 à 19 % du risque de cancer de l'estomac (cardia) 19 à 24 % du risque de cancer de la vessie 19 à 51 % du risque de cancer de l'œsophage (adénocarcinome)
Pathologies neurodégénératives	L'activité physique permet une baisse de : 45 % (Hamer et Chida, 2009) à 50 % (Karceski *et al*. 2012) du risque de développer Alzheimer 18 % (Hamer et Chida, 2009) à 30 % (Chen *et al.* 2005) du risque de développer Parkinson
Diabète de type 2	L'activité physique permet une baisse : de 45 % (Li *et al*. 2008) du risque de diabète de type 2 jusqu'à 65 % si elle est pratiquée à intensité élevée parmi les sujets à risque (Laaksonen *et al.*, 2005, cité dans Inserm, 2008) 30 % dans les études de vraie vie (PAGA Committee, 2018)
Obésité	Une heure de marche par jour à une intensité élevée permet une baisse de : 25 % du risque d'obésité (Hu *et al*., 2003, cité dans Inserm, 2008)
Maladies respiratoires	L'activité physique permet une baisse de : 21 % (Garcia-Aymerich *et al.*, 2007) du risque de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO)

Source : groupe Activité physique d'après la revue faite dans Anses (2016), Friedenreich et al. *(2020) pour les cancers, Inserm (2008) et PAGA Committee (2018) pour le diabète.*

L'activité physique est également un facteur de **prévention tertiaire**. Il est par exemple démontré qu'un programme de réhabilitation cardiaque après un syndrome coronaire aigu réduit de 30 % les risques de ré-hospitalisation et de mortalité d'origine cardiovasculaire, ou encore que l'activité physique adaptée (APA) chez les patients diabétiques permet une amélioration de l'équilibre glycémique et une réduction du risque de développer des co-morbidités (Inserm, 2019). Depuis 2011, la Haute Autorité de santé (HAS) reconnaît ainsi le bénéfice de santé de l'activité physique pour les patients atteints de maladies chroniques et la loi n° 2016-41 de modernisation de notre système de santé a introduit la possibilité pour le médecin traitant ou tout autre médecin spécialiste de **prescrire une APA dans le cadre du parcours de soins des patients atteints d'affections de longue durée (ALD) ou de maladie chronique ou ayant des facteurs de risques (amendement du 13 mars 2021)**. Avec la loi de financement de la Sécurité sociale de 2018, un certain nombre de dispositifs expérimentaux ont été mis en place pour dépasser ce cadre législatif (Expérimentations « Article 51 »), à l'instar de l'expérimentation multicentrique « As du cœur » lancée par Azur Sport, avec le soutien de l'Agence régionale de santé Provence-Alpes-Côte d'Azur, dont l'objectif est de favoriser la pratique d'une activité physique autonome, régulière et durable chez des patients sortant d'une phase de réadaptation cardiovasculaire (voir l'arrêté du 27 mai 2020). Des projets de recherche clinique sur le sujet ont également été financés par la Direction générale de l'offre de soins (ministère des Solidarités et de la Santé) dans le cadre de ses appels à projets.

Pour renforcer la prévention au sein des entreprises et décloisonner la santé publique et la santé au travail, la proposition de loi pour renforcer la prévention en santé au travail enregistrée à l'Assemblée nationale le 23/12/2020 prévoit par ailleurs qu'il pourra « être procédé à des **actions [..], de sport-santé, [..] dans le milieu de travail** ». Il est d'ailleurs prouvé que **l'activité physique (en milieu professionnel) réduit l'absentéisme** (Anses, 2016, Hafner *et al*., 2019). Elle **augmente aussi les capacités cognitives** chez l'adulte (performance au travail) et chez l'enfant (performance scolaire) (Anses, 2016).

Enfin, contrairement à certaines idées reçues, il est important de rappeler qu'**une activité physique suffisante ne protège pas des effets délétères de la sédentarité sur la santé** qui représente, à elle seule, un risque de mortalité, même lorsque les recommandations d'activité physique sont respectées, parce qu'elle favorise toutes les maladies chroniques non transmissibles (pathologies cardiovasculaires, cancer du côlon et de l'endomètre, diabète de type 2 et obésité) indépendamment du niveau d'activité physique (voir Anses (2016) et Ekelund *et al*. (2019)).

Les méthodes de quantification des impacts de l'activité physique sur la santé

Dans les études, l'activité physique est principalement mesurée à partir de **questionnaires** bien que cette méthode ait tendance d'une part à surestimer l'activité physique modérée ou intense, et d'autre part à rendre invisible l'activité physique légère**.** Les **capteurs de mouvements (accéléromètres portés à la taille)** apportent alors de nouveaux résultats, mais ne permettent pas de documenter le contexte dans lequel a été réalisée l'activité physique. Or, certaines études mettent en évidence que l'activité physique dans un cadre professionnel ne confère pas les mêmes bénéfices pour la santé que l'activité physique de loisir (Holtermann *et al*., 2018)[1]. Les informations apportées par les accéléromètres et les questionnaires d'activité physique en font donc **deux outils complémentaires** pour l'estimation de risques relatifs.

À partir des **risques relatifs** estimés à l'aide d'études épidémiologiques et de régressions économétriques tenant compte de différents facteurs confondants (tabagisme, consommation d'alcool, etc.), la **fraction *attribuable* dans la population** (FAP) peut être calculée. Pour rappel (voir section 2.1. du Chapitre 1), elle désigne la proportion de cas incidents dans la population qui n'existeraient pas en l'absence du facteur de risque et s'obtient de la façon suivante :

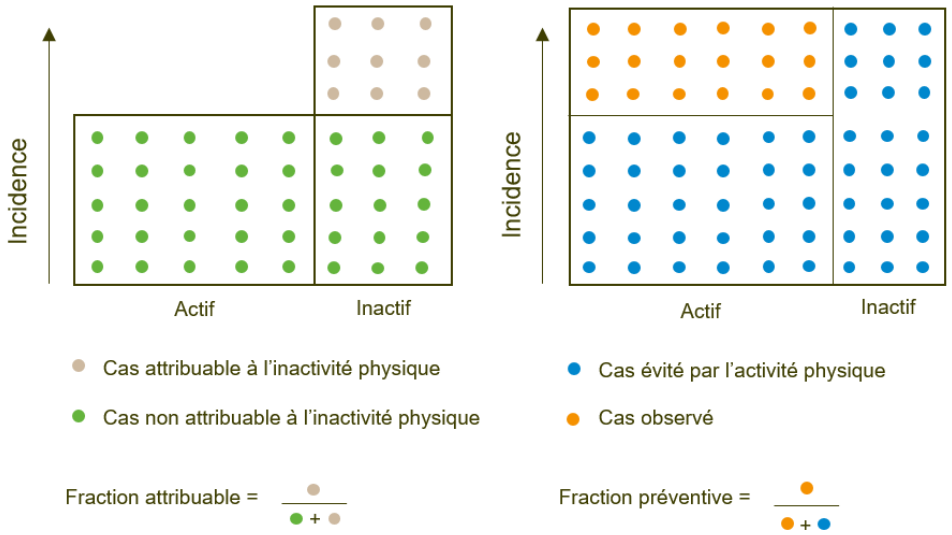
[1] À noter que la première observation des bénéfices de l'activité physique régulière sur la santé a été faite en contexte de travail par l'épidémiologiste Jeremy Morris qui a comparé le risque cardiovasculaire des conducteurs de bus londoniens et de leurs collègues contrôleurs, sans cesse en mouvement dans les parties haute et basse des bus à impériale (Morris *et al*., 1953).

$$FAP = \frac{E_I(RR_{I/A} - 1)}{1 + E_I(RR_{I/A} - 1)} \qquad (1)$$

avec ici E_I la proportion de sujets exposés à l'inactivité physique (facteur de risque), autrement dit la part de la population ayant un niveau d'activité physique insuffisant au regard des recommandations de l'OMS et $RR_{I/A}$ le risque relatif des inactifs par rapport aux actifs ($= 1/RR_{A/I}$).

Parallèlement, la **« fraction *préventive* dans la population »** représente la part de cas supplémentaires qui seraient observés si toute la population était exposée au facteur de risque (l'inactivité physique) plutôt que seulement la part de population effectivement exposée.

Figure 22 – Fraction attribuable *versus* fraction préventive



Source : traduit des annexes de Strain et al. *(2020)*

Chiffres clés : charge de mortalité et / ou morbidité évitée par l'activité physique ou attribuable à l'inactivité physique

Utilisant des données de mortalité entre 40 et 74 ans, Strain *et al*. (2020) estiment qu'à l'échelle mondiale, les niveaux actuels d'activité physique permettent de réduire la charge de mortalité de **15 % (fraction *préventive*), soit 3,9 millions de décès évités dans le monde chaque année grâce à l'activité physique**. À cette même échelle, l'inactivité physique reste toutefois responsable de **6,4 %** des décès (Ding *et al*., 2016) (**fraction *attribuable***). Autrement dit, **à l'échelle mondiale, si la mortalité peut (encore) être réduite de 6,4 % en augmentant l'activité physique, celle-ci serait aussi de 15 % supérieure si les niveaux d'activité physique actuels étaient nuls.**

Aux échelles européenne et française, les chiffres sont similaires :

Strain *et al*. (2020) estime que :

– en Europe, la fraction *préventive* est de 14,6 %, soit 620 000 décès entre 40 et 74 ans évités chaque année grâce à l'activité physique (voir figure p. 4 de Strain *et al*., 2020) ;

– en France, la fraction *préventive* est de 14,8 %, soit 28 500 décès entre 40 et 74 ans évités chaque année grâce à l'activité physique (voir *appendix 12* de Strain *et al*., 2020) ;

Ding *et al*. (2016) estime que :

– en Europe, la fraction *attribuable* est de 6,1 % ;

– en France, la fraction *attribuable* est de 6,3 %.

Concernant la morbidité, Ding *et al.* (2016) estiment que **13,4 millions d'années de vie perdues sont attribuées à l'inactivité physique chaque année à l'échelle mondiale**. En Europe et en France, ce chiffre s'élève respectivement à 2,2 millions et 116 800 (voir *appendix, webtable 15* de Strain *et al*., 2020). Ces chiffres restent toutefois sous-estimés puisque seules cinq pathologies sont considérées (pathologie coronarienne, diabète de type 2, cancer du sein, cancer du côlon, AVC). Les fractions attribuables à l'inactivité physique pour ces pathologies sont estimées (pour le monde, l'Europe et la France) à hauteur d'environ (voir *appendix, webtable 3* de Strain *et al*., 2020) : 4 % pour les pathologies coronariennes, 4,5 % pour l'AVC, 5 % pour le diabète de type 2 et 7 % pour les cancers du sein et du côlon.

5.1.3. L'évaluation monétaire des effets de santé associés à l'(in)activité physique

Le coût de l'inactivité physique

Selon plusieurs études, **le coût de l'inactivité physique est significatif, mais il reste sous-estimé.** Chronologiquement :

Le Centre of Economics and Business Research (CEBR) a estimé en 2015, pour l'International Sport and Culture Association (ISCA), le coût de l'inactivité physique à 80 milliards d'euros par an à l'échelle européenne (ISCA-CEBR, 2015). Le « coût direct » recouvre des dépenses de santé pour quatre maladies (maladie coronarienne, diabète, cancer du côlon, cancer du sein) à hauteur de 9 milliards d'euros, et le coût « indirect » des coûts intangibles liés à ces quatre pathologies, à la dépression et à l'anxiété à hauteur de 71 milliards d'euros (valorisation monétaire d'années de vie perdues corrigées de l'incapacité à l'aide d'une valeur monétaire égale au PIB annuel par tête). **En France, le coût direct s'élève à 1,2 milliard d'euros et le coût indirect à 8,3 milliards d'euros.**

Ding *et al*. (2016) estiment le **coût de l'inactivité physique à 1,4 milliard de dollars en France**, à 15,6 milliards de dollars en Europe et à 67,5 milliards de dollars à l'échelle mondiale. Ces coûts recouvrent :

– des coûts marchands directs (dépenses de santé) estimés pour cinq pathologies (pathologie coronarienne, diabète de type 2, cancer du sein, cancer du côlon, AVC), à hauteur de 1,04 milliard de dollars pour la France, 11,7 milliards de dollars pour l'Europe et 53,8 milliards de dollars pour le monde. Ces montants confirment ceux estimés par le CEBR pour quatre des cinq pathologies retenues ici ;

– des coûts marchands indirects qui correspondent à la perte de productivité liée aux décès prématurés, estimée à l'aide de l'approche par les coûts de friction[1]. Ces coûts indirects s'élèvent à 350,4 millions de dollars pour la France, 3,8 milliards de dollars pour l'Europe et 13,7 milliards de dollars pour le monde.

En mobilisant une étude autrichienne (Alt *et al.*, 2015) et sous ses principales hypothèses (de niveau de pratique d'activité physique, de risques attribuables et de structure de coûts), le ministère des Sports chiffre le coût de l'inactivité physique en France à **16,7 milliards d'euros** (Direction des sports, 2018), soit un coût total nettement plus élevé que celui estimé par le CEBR (ISCA-CEBR, 2015) ou Ding *et al.* (2016). L'écart peut s'expliquer par le champ des pathologies couvert : douze pathologies[2] dans cette étude contre seulement quatre pour le coût direct (ou six pour le coût indirect) dans ISCA-CEBR (2015) et cinq dans Ding *et al.* (2016). **Plus de 80 % de ce coût correspondent à des coûts marchands directs** (dépenses de santé = 14 milliards d'euros). Les coûts indirects renvoient ici aux pertes de productivité lorsque les individus doivent quitter leur travail pour des raisons de santé, de façon temporaire (absentéisme, voir indemnités journalières = 2 %) ou permanente (invalidité, voir pensions d'invalidité = 12 % ou mortalité prématurée, voir pertes de salaires = 5 %).

Enfin, sur un périmètre plus restreint (une seule pathologie), l'Observatoire européen des systèmes de soins de santé (EOHSP) estime, à partir des données de la Fédération internationale du diabète, des **coûts médicaux du diabète associé à l'inactivité physique à hauteur de 51,6 millions d'euros pour 2020 en France**, auxquels s'ajoutent 4,4 millions d'euros liés aux complications de la maladie (dont infarctus du myocarde, AVC, maladie ischémique cardiaque, amputation, etc.). Par ailleurs, le coût des décès prématurés est estimé à 17,1 millions d'euros et les pertes de productivité à 937 000 euros (Candari *et al.*, 2017).

[1] Les coûts de friction correspondent aux pertes de production en l'absence de remplacement pendant trois mois de la personne décédée prématurément.

[2] Les douze pathologies retenues sont : diabète de type 2, mal de dos, troubles du métabolisme, arthrose, dépression, ostéoporose, troubles cardiaques, hypertension artérielle, AVC, obésité, cancer du sein et cancer du côlon.

Les bénéfices de santé d'une augmentation de l'activité physique

Plusieurs études ont cherché à évaluer les bénéfices d'une augmentation de l'activité physique dans la population.

L'étude du CEBR citée ci-dessus indique que **si 20 % des Européens inactifs respectaient les recommandations d'activité physique de l'OMS, jusqu'à 16,1 milliards d'euros de coûts (directs et indirects) pourraient être évités** (ISCA-CEBR, 2015).

À l'échelle nationale, l'étude du ministère des Sports citée plus haut (Direction des Sports, 2018), fondée sur Alt *et al.* (2015), simule les effets d'une augmentation du niveau d'activité physique sur l'économie à partir d'une extrapolation linéaire des pertes de productivité actuellement attribuées à l'inactivité physique, tout en considérant un surcoût lié aux blessures attribuées à un niveau d'activité physique plus élevé. **Lorsque toute la population française est considérée comme active, le bénéfice annuel net s'élève à 7,7 milliards d'euros** (gains de productivité à hauteur de 16,7 milliards d'euros moins les coûts liés aux blessures causées par les accidents lors de la pratique du sport – en loisir et en compétition – à hauteur de 9 milliards d'euros).

Hafner *et al.* (2019) évalue, à partir d'un modèle d'équilibre général calculable, les gains de PIB permis par trois scénarios d'évolution de la pratique d'activité physique[1] entre 2020 et 2050, sous plusieurs hypothèses dont la pérennité de l'augmentation de l'activité physique dans le temps, l'absence de substitution entre activité physique et autres activités améliorant la santé (le sommeil par exemple) et la constance des comportements de consommation. **En 2050**, les gains annuels de PIB sont compris, à l'échelle mondiale, entre 313 milliards de dollars (minimum du scénario 1) et 760 milliards de dollars (maximum du scénario 3). **À l'échelle française, en considérant que 24,3 % des hommes et 34 % des femmes sont actuellement inactifs, les gains de PIB sont compris entre 5,5 milliards de dollars (minimum du scénario 1) et 13,9 milliards de dollars (maximum du scénario 3).** Hafner et ses coauteurs estiment également les **dépenses de santé évitées chaque année** par une augmentation de l'activité physique pour cinq pathologies (pathologie coronarienne, diabète de type 2, cancer du sein, cancer du côlon, AVC). **En France**, elles seraient **comprises en 2050 entre 122 millions d'euros (scénario 1) et 264 millions d'euros (scénario 3).**

[1] Les scénarios sont les suivants : scénario 1 : toute la population adulte pratique au niveau des recommandations de l'OMS ; scénario 2 : les actifs augmentent leur pratique de 20 % ; scénario 3 : les inactifs atteignent le seuil recommandé et les actifs augmentent leur pratique de 20 % (avec inactif = < 600 MET-min / semaine). Chaque scénario considère des niveaux faibles (min) ou élevés (max) pour les paramètres d'absentéisme et de présentéisme (présence au travail malgré la maladie).

À une échelle plus locale, et en ne considérant qu'une partie de l'activité physique (vélo et / ou marche en qualité de modes de déplacement), **l'outil Heat**[1] développé par l'OMS permet aussi d'évaluer, en euros, les bénéfices de santé (uniquement de mortalité prématurée évitée) des niveaux actuels de vélo et / ou de marche, ou ceux d'une intervention publique qui a eu pour effet d'augmenter l'usage du vélo ou la marche (*ex post*) ou qui est censée faciliter les déplacements actifs (*ex ante*). À titre d'illustration :

– la ville de Grenoble a fait le choix d'évaluer, à l'aide de l'outil Heat, les bénéfices de santé liés aux niveaux de marche de 2014 (date de l'étude), à savoir 26 minutes de marche par jour en moyenne pour 46 640 habitants de 15-74 ans. En considérant un taux de mortalité pour la tranche d'âge 15-74 ans de 291,82/100 000 habitants pour Grenoble, ainsi qu'une valeur de la vie statistique « locale[2] » de 3 682 680 euros, les bénéfices de santé liés à la réduction du taux de mortalité de 22 % attribuable à la pratique de la marche (risque relatif = 0,78) s'élèvent, sur une période de dix ans, à 998 millions d'euros (Fradet et Vierne, 2014) ;

– la ville de Nantes a estimé, grâce à l'outil Heat, que les niveaux de pratique de vélo en 2015 avaient permis d'éviter, pour Nantes Métropole, 260 morts en dix ans[3], soit un bénéfice de 1,005 milliard d'euros, et que l'atteinte d'un objectif de 12 % des déplacements réalisés à vélo générerait un bénéfice sur dix ans à hauteur de 3 313 millions d'euros (correspondant à 920 décès évités sur la période) (Gassiot *et al*., 2016).

[1] L'outil Heat permet à l'utilisateur :

- de saisir des niveaux mesurés ou estimés de vélo et de marche ;
- de calculer les parts de décès prématurés dans la population exposée (pratiquant de la marche ou du vélo) et dans la population non exposée (non pratiquante) à partir des risques relatifs de décès prématurés, déterminés à l'aide d'une méta-analyse pour la marche (0,89) et d'une vaste étude de cohorte pour le vélo (0,90). Par défaut, l'outil suppose que la proportion de personnes exposées initialement est proche de zéro. Ce qui revient à $E_I = 1$ dans la formule de la fraction attribuable dans la population, voir équation (1), et donc à une surestimation de l'impact. À l'inverse, l'outil ne prend toutefois pas en compte les gains de morbidité, ce qui correspond à une sous-estimation ;
- d'en déduire un nombre de décès prématurés évités par la pratique de la marche ou du vélo ;
- d'attribuer une valeur économique aux décès évités à l'aide de la valeur d'une vie statistique.

[2] Adaptée selon le PIB/habitant de la région Rhône-Alpes.

[3] Le nombre de décès évités par an (26) est attribuable à une amélioration de l'activité physique. Dans le même temps, un à deux décès par accident de cyclistes sont observés en moyenne sur Nantes Métropole chaque année (Gassiot *et al*., 2016).

5.2. Vers l'intégration des bénéfices de santé associés à l'activité physique dans l'évaluation socioéconomique *ex ante* de projets d'aménagements de l'espace public

5.2.1. Opportunités

Actuellement, il n'existe pas de référence pour évaluer monétairement les incidences sur la santé de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public, en dehors de l'outil Heat de l'OMS qui ne couvre, en matière d'activité physique, que la pratique de la marche et du vélo en tant que modes de déplacement (évaluation de modifications de parts modales).

Ainsi, lors d'évaluations socioéconomiques de projets d'aménagement de l'espace public, les bénéfices sanitaires liés à une augmentation de l'activité physique sont généralement ignorés. L'étude réalisée par Citizing en 2018 portant sur les aménagements des abords du complexe sportif G. Hébert à Reims dans un quartier d'intérêt national du Nouveau programme de renouvellement urbain constitue un exemple de tentative isolée d'évaluation des bénéfices socioéconomiques liés aux usages sportifs et quotidiens d'un aménagement de l'espace public (voir Encadré 25).

Dans ce contexte, le groupe avait naturellement pour ambition de construire un outil d'évaluation socioéconomique opérationnel permettant d'intégrer les bénéfices de santé liés à l'activité physique dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'aménagement de l'espace public.

Les **principes de rigueur scientifique et de proportionnalité** ont particulièrement guidé les choix du groupe Activité physique. Compte tenu de l'état actuel des connaissances disponibles (notamment l'absence d'éléments de preuve permettant d'affirmer que le potentiel d'activité physique estimé pour un futur aménagement correspondra effectivement à une augmentation de l'activité physique de la population-cible de l'aménagement) et du court laps de temps dont a disposé le groupe pour mener ses travaux, il a été décidé de revoir l'ambition initiale et de proposer **deux outils opérationnels, indépendants à ce stade mais complémentaires**.

Encadré 25 – Évaluation des bénéfices de l'aménagement des abords du complexe sportif G. Hébert à Reims (Citizing, 2018)

Les aménagements des abords du complexe sportif consistent en la création d'un mail piéton, d'un city-stade (mini-terrain de football avec un panier de basket), de 150 mètres de voie cyclable et de nouveau mobilier urbain. Sur une période de trente ans, les bénéfices liés aux usages sportifs ont été estimés à environ

800 000 euros. Ils ont été évalués à partir d'un consentement à payer (CAP) de 9 dollars par ménage du quartier, issu d'une étude américaine estimant un CAP pour un terrain de basket à l'aide de la méthode des prix hédoniques (Johnson et Whitehead, 2000). Les bénéfices associés aux usages quotidiens sont évalués à partir du CAP par mètre carré de parc proche estimé à 33,50 euros par propriétaire et à 0,23 euro par mois pour un locataire sur le fondement d'une évaluation contingente menée à Nancy (Tu *et al*., 2016). Sur la même période de trente ans, les bénéfices liés aux usages quotidiens sont estimés à 7,3 millions d'euros, soit près de dix fois plus que les bénéfices liés aux usages sportifs.

Pour **s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue**, les difficultés rencontrées en l'état actuel des connaissances et données disponibles sont reformulées sous la forme de recommandations d'études à mener ou de données à collecter, notamment pour être en mesure d'articuler les deux outils entre eux et permettre d'intégrer les bénéfices de santé de l'activité physique dans une évaluation socioéconomique *ex ante* d'un projet d'aménagement de l'espace public.

Précisément, trois livrables sont donc proposés par le groupe Activité physique :

- un outil d'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique (voir section suivante) ;
- une grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique (voir section 5.2.3. *infra*).

Les résultats obtenus à l'aide de l'outil de calcul peuvent être mobilisés en parallèle de l'utilisation de la grille d'analyse, puisque les bénéfices de santé constituent autant d'arguments à mettre en regard des éventuels surcoûts qu'engendre la recherche de la maximisation du potentiel d'activité physique lors de l'aménagement d'un espace public.

- l'établissement de prérequis nécessaires à l'intégration directe des bénéfices de santé liés à l'activité physique dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'aménagements de l'espace public (voir section 5.2.5. *infra*).

5.2.2. Développement d'un outil d'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique

L'élaboration d'un outil d'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé liés à une augmentation de l'activité physique a pour ambition de faciliter la sensibilisation des décideurs publics, mais aussi de tout acteur susceptible de promouvoir l'activité physique (médecins, enseignants, etc.), aux bienfaits de l'activité physique et d'ainsi les inciter à agir

davantage et plus rapidement. En reflétant également le coût de l'inaction, et des pertes associées à une activité physique insuffisante, ces évaluations visent à permettre d'intégrer ces enjeux dans l'élaboration des politiques publiques.

Périmètre retenu

Initialement, pour élaborer cet outil, le groupe Activité physique visait à considérer la population générale, à retenir le maximum d'effets sur la santé et à chiffrer des bénéfices de santé y compris pour des augmentations légères de l'activité physique (ou sur une durée inférieure à la durée de vie restante de l'individu). Les éléments disponibles dans la littérature et les discussions au sein du groupe ont conduit à revoir ces choix méthodologiques.

- **Population considérée**

Dans la mesure où l'activité physique est recommandée quel que soit l'âge ou l'état de santé initial d'une part et qu'aucune catégorie de la population française (définie selon âge ou la pathologie) ne respecte déjà les recommandations de l'OMS d'autre part, le groupe Activité physique a initialement cherché à considérer la population la plus large possible. Mais, *in fine* :

* Étant donné que les risques relatifs à l'inactivité physique sont issus d'études portant sur les adultes exclusivement (généralement à partir de 40 ans, hormis deux études incluant des sujets dès 18 ans), **les enfants sont ici écartés**. Par ailleurs, compte tenu de la structure de la mortalité (concentration des décès sur une tranche d'âge élevée) et de la non-disponibilité de données de prévalence de l'inactivité physique au-delà d'un certain âge, **les personnes âgées de 75 ans et plus ne sont pas considérées.** Enfin, afin de refléter les différences importantes de taux d'incidence des pathologies et de mortalité selon l'âge, le groupe Activité physique a considéré **deux sous-ensembles de la population : 20[1]-39 ans** (sous-population A) **et 40-74 ans** (sous-population B), représentant environ 66 % de la population française.

* Par souci de simplification, notamment afin de ne pas devoir différencier de nombreux sous-ensembles de la population selon la pathologie préexistante, seuls les effets sur la santé de l'activité physique en matière de prévention primaire sont considérés. Cela revient à s'intéresser uniquement à une **population que l'on suppose sans maladie chronique préexistante.** À titre d'information, en France en 2017, près de 40 % des 16 ans et plus déclaraient avoir au moins une maladie chronique[2].

[1] Le seuil fixé à 20 ans plutôt que 18 ans est lié à la disponibilité des données des études *Global Burden of Disease* (GBD) de l'OMS qui sont renseignées pour des tranches d'âge de cinq ans et non par âge.

[2] Ce taux varie fortement selon l'âge, voir Insee, *Enquête SRCV 2017*, calculs Drees.

- **Indicateurs de santé retenus**

Afin de renforcer la prise de conscience du coût de l'inaction, les bénéfices de l'activité physique ont été appréhendés dans leur acception la plus large (bénéfices de mortalité et de morbidité).

Pour la mortalité, l'approche privilégiée consiste à raisonner en nombre de **décès** causés par l'inactivité physique. Cependant, lorsque la population est particulièrement jeune ou âgée, une approche alternative est possible dans laquelle les **années de vie perdues** sont comptabilisées et valorisées comme c'est recommandé dans les guides de calcul socioéconomique[1]. Cette approche implique d'adopter un raisonnement par pathologie pour refléter la différence de perte d'années de vie selon la pathologie. Elle a l'inconvénient de ne comptabiliser qu'une partie des décès.

Pour la morbidité, le manque de données a conduit à l'exclusion de deux effets (obésité et cancer de l'endomètre, voir l'étape d'estimation des coûts ci-dessous) sur les treize pour lesquels un risque relatif est renseigné dans la littérature (voir Tableau 27 ci-dessus). Par ailleurs, la présence de comorbidités entre pathologies attribuables à l'inactivité physique a amené à présenter les résultats de deux manières distinctes, plutôt que de chercher à minimiser les risques de double-compte (voir Encadré 26) :

– une **borne basse** ne retenant que les effets de santé en bout de chaîne causale, à savoir **les maladies cardiovasculaires et les cancers** (qui constituent les deux premières causes de mortalité dans tous les pays développés) ;

– une **borne haute** intégrant l'ensemble des effets sur la santé pour lesquels des données sont disponibles (**maladies cardiovasculaires, cancers, BPCO, diabète de type 2, Alzheimer, Parkinson**).

Une telle démarche a en effet été considérée comme trop lourde au regard du temps laissé au groupe Activité physique. Ce choix méthodologique permet néanmoins une avancée significative relativement au périmètre retenu dans l'outil Heat de l'OMS (mortalité uniquement).

Encadré 26 – Traitement du risque de double-compte dans l'évaluation des bénéfices de santé d'une augmentation de l'activité physique

Pour répondre à l'enjeu des doubles-comptes associés à la comorbidité entre pathologies attribuables à l'inactivité physique, une piste explorée par le groupe Activité physique consistait à ramener les coûts de morbidité aux pertes de

[1] Voir point « Valeur de la vie statistique ou valeur d'une année de vie ? » de la section 3.1. du Chapitre 1.

productivité qui lui sont associées en supposant qu'un lien peut être directement établi entre activité physique et productivité, sans passer par les différentes pathologies. La littérature scientifique n'a cependant pas permis au groupe d'établir ce lien dans le cadre de ses travaux. La piste la plus intéressante est proposée par Hafner *et al.* (2019-2020) qui estiment des pertes de productivité à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable multi-pays.

La méthode à privilégier pour minimiser les risques de double-compte liés à la comorbidité reste, selon le groupe, de calculer des risques relatifs ajustés (par exemple, le risque de maladies cardiovasculaires attribuables à l'inactivité physique pour un niveau de diabète de type 2 donné) d'une part et de recalculer les coûts par pathologie (par exemple, éliminer l'effet du diabète dans le coût d'une maladie cardiovasculaire) d'autre part. À titre d'illustration, Ding *et al*. (2016) ont calculé les parts de maladies cardiaques coronariennes et d'AVC attribuables au diabète et les coûts supplémentaires pour diabète / maladie cardiaque coronarienne et diabète / AVC. C'est aussi le risque relatif de maladie coronarienne ajusté du diabète qui est considéré par Dallat *et al*. (2013) à partir des risques relatifs estimés dans Yusuf *et al*. (2004). Cet exercice n'a toutefois pas pu être réalisé par le groupe Activité physique dans les temps impartis, étant donné le grand nombre de pathologies attribuables à l'inactivité physique.

- **Augmentation de l'activité physique considérée**

Toujours afin de refléter le maximum des bénéfices de l'activité physique et révéler la vraie valeur des politiques de prévention, le groupe Activité physique souhaitait initialement quantifier tous les gains de santé attribuables à une augmentation de l'activité physique, quelle qu'elle soit (y compris, par exemple, de 0 à 15 minutes d'activité physique par jour).

Toutefois, le groupe a finalement décidé de **n'estimer que les gains de santé attribués au respect des recommandations de l'OMS** (30 minutes d'activité physique par jour pour les adultes), principalement pour deux raisons :

– d'une part, les risques relatifs estimés dans la littérature sont, dans la grande majorité des cas, calculés pour un niveau d'activité physique correspondant aux recommandations de l'OMS ;

– d'autre part, cela permet de réduire le nombre d'indicateurs à renseigner par l'évaluateur. Ce dernier se contente de faire une hypothèse sur le nombre de personnes devenant « actives » (au sens du respect des recommandations de l'OMS) (et le restant jusqu'au décès, voir ci-dessous) sans devoir différencier des sous-ensembles de population selon leurs niveaux initial et final d'activité physique.

Ce choix implique cependant que les bénéfices de santé associés à une augmentation de l'activité physique qui reste en deçà des recommandations (par exemple, de 15 à 25 minutes par jour) ne sont pas considérés. De la même façon, les bénéfices de santé associés à une augmentation de l'activité physique de personnes respectant déjà les recommandations (de 30 à 40 minutes par jour par exemple) ne sont pas comptabilisés. En conséquence, les bénéfices estimés par le groupe Activité physique sont sous-estimés.

Dans le même temps, en revanche, le choix a été fait de **ne pas retenir le niveau d'activité physique de départ** (par exemple 15 minutes) des personnes qui augmentent leur activité physique jusqu'au niveau, voire au-delà, des recommandations de l'OMS. Utiliser les risques relatifs estimés dans la littérature revient en effet à considérer que toutes les personnes ne pratiquaient initialement aucune activité physique. Cela conduit cette fois à surestimer les résultats (en comptabilisant, à tort, des bénéfices associés au passage de 0 à 15 minutes dans l'exemple donné), sauf dans le cas où le niveau d'activité physique d'arrivée (par exemple 60 minutes) est suffisamment élevé pour compenser ce biais.

Par ailleurs, il était envisagé de différencier plusieurs durées sur lesquelles évaluer les bénéfices de santé pour tenir compte de la possibilité, pour un individu, de réduire son activité physique après l'avoir augmentée temporairement (autrement dit, un individu devient actif sur une période donnée avant de redevenir inactif). Cela nécessite cependant de connaître le temps de latence entre la baisse de l'activité physique et la disparition des bénéfices de santé. Le groupe Activité physique n'a pas eu connaissance de travaux de qualité suffisante[1] pour pouvoir estimer cette durée, sachant qu'elle est susceptible de varier avec l'effet de santé étudié (par exemple, différente entre les maladies cardiorespiratoires d'une part et les troubles de santé mentale d'autre part), mais aussi avec l'âge auquel on commence l'activité physique et la durée sur laquelle on l'a pratiquée. Par conséquent, **le groupe Activité physique a fait le choix de considérer le maintien du statut d'actif jusqu'au décès pour toutes les personnes devenant actives**, que la raison permettant ce maintien soit celle ayant conduit à devenir actif (implantation d'un nouveau lieu dédié à l'activité physique à proximité de son domicile par exemple) ou une toute autre raison intervenant à une date ultérieure (aménagement de pistes cyclables sur le trajet domicile-travail, politiques en faveur de l'activité physique sur le lieu de travail avec la mise en place de primes, de matériel ou de douches par exemple, etc.).

Quantification ex ante *des impacts sur la santé*

Deux étapes sont nécessaires pour estimer *ex ante* les impacts sur la santé qui pourraient être évités par une augmentation de l'activité physique dans la population :

[1] De façon générale, il est admis que les effets bénéfiques de l'activité physique disparaissent progressivement en deux mois en cas de cessation complète de l'activité physique (HAS, 2019).

- **Étape 1 – Estimation de la part des cas qui pourraient être évités par une réduction de l'inactivité physique dans la population**

Pour rappel, la **fraction attribuable** dans la population (FAP) est égale à :

$$FAP = \frac{E_I\left(RR_{I/A} - 1\right)}{1 + E_I\left(RR_{I/A} - 1\right)} \qquad (1)$$

avec E_I la proportion de sujets exposés à l'inactivité physique et $RR_{I/A}$ le risque relatif des inactifs par rapport aux actifs.

À l'échelle nationale, nous retenons les taux de prévalence de l'inactivité physique calculés à partir des connaissances issues de l'enquête nationale Esteban 2014-2016. S'il est possible, à partir de ces données, de différencier le taux d'inactivité physique selon la catégorie d'âge (voir Tableau 28), il n'est en revanche pas possible de calculer un taux spécifique aux personnes sans maladie chronique, et il est donc, par simplification, considéré que ce taux est égal au taux toutes personnes confondues. L'inactivité est ici définie comme le non-respect des recommandations de l'OMS.

Le fait de ne pas tenir compte du niveau d'activité physique de départ (voir *supra*) revient à considérer que 40,5 % (37,8 %) des 18-39 ans (40-74 ans) ne pratiquent aucune activité physique.

Les risques relatifs inactifs / actifs retenus sont calculés à partir des connaissances issues de la revue de la littérature (voir section 5.1.2. *supra*). « Inactif » renvoie alors à l'absence d'activité physique et non pas au non-respect des recommandations de l'OMS.

Sur la base des résultats de Zhao *et al*. (2020) montrant que le risque de mortalité toutes causes confondues diminue moins chez les 18-39 ans (-29 %) que chez les personnes âgées de plus de 40 ans (-39 % chez les 40-59 ans et -42 % chez les > 60 ans), **il est fait le choix d'attribuer le minimum des risques relatifs identifiés dans la littérature à la population la plus jeune (20-39 ans, sous-population A) et le maximum des risques relatifs à la population la plus âgée (40-74 ans, sous-population B**), sous l'hypothèse, imposée par le manque d'études sur la morbidité incluant des sujets dès 20 ans, que les risques relatifs de morbidité sont aussi plus faibles pour les classes d'âge plus jeunes.

Tableau 28 – Taux de prévalence de l'inactivité physique chez les deux sous-populations considérées par le groupe Activité physique

Taux de prévalence de l'inactivité physique (E_I)	
18-39 ans (*)	**40-74 ans**
40,5 %	37,8 %

(*) Le taux de prévalence de l'inactivité physique de la classe 18-39 ans sera utilisé pour la sous-population A âgée de 20 à 39 ans faute de données plus précises permettant de recalculer un taux de prévalence sur cette classe d'âge.

Source : calculs du groupe Activité physique d'après Esteban 2014-2016 et des données de population par sexe et âge d'Eurostat

Sachant que la fraction attribuable représente la part de cas (décès, maladies) qui n'existeraient pas en l'absence totale du facteur de risque, **seule une part β de la fraction attribuable est retenue** ici pour tenir compte du fait que le facteur de risque n'est pas totalement éliminé. Elle est égale à la valeur absolue du taux de variation de l'inactivité physique (ce taux est toujours négatif dans la mesure où le calcul de la fraction attribuable sous-entend une réduction du facteur de risque) :

$$\beta = \left|(E_{I,1} - E_{I,0})/E_{I,0}\right| \qquad (17)$$

avec $E_{I,1} < E_{I,0}$

Tableau 29 – Risques relatifs des inactits par rapport aux actifs considérés par le groupe Activité physique

	Risque relatif inactif / actif ($RR_{I/A}$)	
	Minimum (retenu pour les 20-39 ans)	*Maximum (retenu pour les 40-74 ans)*
Mortalité (toutes causes et par pathologie*)	1,45 (- 31 %)	2,5 (- 60 %)
Incidence		
Pathologie coronarienne	1,25 (- 20 %)	2 (- 50 %)
AVC ischémique	1,25 (- 20 %)	2,5 (- 60 %)
Cancer du sein	1,23 (- 19 %)	1,37 (- 27 %)
Cancer du côlon	1,27 (- 21 %)	1,37 (-27 %)
Cancer de l'estomac (cardia)	1,18 (- 15 %)	1,23 (- 19 %)
Cancer de la vessie	1,23 (- 19 %)	1,32 (- 24 %)
Cancer de l'œsophage	1,23 (- 19 %)	2,04 (- 51 %)
Diabète	1,43 (- 30 %)	2,89 (- 65 %)
BPCO	1,27 (- 21 %)	
Alzheimer	1,82 (- 45 %)	2 (- 50 %)
Parkinson	1,22 (- 18 %)	1,43 (- 30 %)

* Pour l'approche par les années de vie perdues (cas d'une population particulièrement jeune ou âgée), il sera fait l'hypothèse que la baisse du risque de mortalité associée à l'activité physique est la même quelle que soit la pathologie à l'origine du décès. Cela étant, la fraction attribuable à l'inactivité physique est la même que l'on raisonne en décès ou en années de vie perdues.

Source : groupe Activité physique à partir des variations des risques relatifs à l'activité physique (en gris entre parenthèses) déjà introduites dans le Tableau 27 ci-dessus

- **Étape 2 – Estimation du nombre de cas effectivement évitables dans la population**

La seconde étape revient à estimer les nombres de cas (décès et maladies) dans la population, auxquels vont être appliqués les pourcentages de cas évitables estimés à l'étape précédente. Ces nombres de cas dépendent de la taille de la population (N) ainsi que des taux de mortalité (TM) et d'incidence (I) des pathologies dans la population française.

Les données de l'Insee permettent de calculer un taux de mortalité toutes causes confondues par classe d'âge. De la même façon, les données issues des études *Global*

Burden of Disease (GBD) de l'OMS[1] permettent de calculer les taux de mortalité et d'incidence des pathologies par classe d'âge (tranche de cinq ans). Les taux de mortalité par pathologie ne sont utilisés que pour l'approche par les années de vie pour le cas spécifique d'une population particulièrement jeune ou âgée. Les taux retenus pour les deux catégories d'âge considérées sont les suivants :

Tableau 30 – Taux d'incidence et de mortalité par pathologie et taux de mortalité toutes causes confondues pour les deux sous-populations considérées par le groupe Activité physique

Mortalité toutes causes	Taux de mortalité toutes causes (TM, /1 000)	
	20-39 ans	40-74 ans
	0,595	6,688

Morbidité	Taux d'incidence par pathologie (I_i, / 100 000)		Taux de mortalité par pathologie (TM_i, / 100 000)	
	20-39 ans	40-74 ans	20-39 ans	40-74 ans
Pathologie coronarienne	32,909	390,735	1,470	47,014
AVC ischémique	8,576	83,484	0,093	8,628
Cancer du sein	14,623	123,806	1,680	24,986
Cancer du côlon	3,357	93,432	0,795	30,621
Cancer de l'estomac	0,857	15,983	0,367	9,809
Cancer de la vessie	0,963	40,876	0,072	8,320
Cancer de l'œsophage	0,203	13,260	0,121	10,767
Diabète	82,918	378,911	0,124	9,998
BPCO	37,828	224,279	0,102	12,041
Alzheimer (*)	0,000	110,499	0,000	8,686
Parkinson	0,778	31,929	0,006	3,456

(*) Les données GBD (2018) donnent une catégorie unique pour la maladie d'Alzheimer et autres démences (« *Alzheimer's disease and other dementias* »).

Source : calculs du groupe Activité physique à partir de GBD (2018) pour les taux d'incidence et les taux de mortalité par pathologie et Insee (population 2020 et tables de mortalité 2016-2018) pour les taux de mortalité toutes causes confondues

[1] https://cevr.tuftsmedicalcenter.org/databases/cea-registry

Pour chaque sous-population distinguée selon l'âge, les nombres de cas évités par la baisse de l'inactivité physique sont donc donnés par :

- **Mortalité :**

$$\boldsymbol{Nombre\ de\ décès\ évités}\ (toutes\ causes\ confondues) = \boldsymbol{\beta * FAP * N * TM} \quad (18)$$

Et pour le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée, en considérant que la baisse du risque de mortalité associée à l'activité physique est la même quelle que soit la pathologie à l'origine du décès (application d'une unique FAP) :

$$Nombre\ de\ décès\ évités\ (approche\ par\ les\ pathologies) = \beta * FAP * N * \sum_i TM_i \quad (19)$$

Note : Le nombre de décès obtenu par application de l'équation (19) est inférieur au nombre de décès toutes causes confondues obtenu à partir de l'équation (18). En effet, cette approche ne prend pas en compte les décès causés par d'autres pathologies que celles considérées ici. C'est une limite de cette approche.

- **Morbidité :**

$$\boldsymbol{Nombre\ de\ cas\ de\ pathologies\ évités = \beta * N * \sum_i (I_i * FAP_i)} \quad (20)$$

avec pour les équations (18) à (20) :

β, la valeur absolue du taux de variation de l'inactivité physique dans la sous-population ;

FAP, la fraction attribuable dans la sous-population pour la mortalité toutes causes confondues ;

FAP_i, la fraction attribuable dans la sous-population pour l'incidence de la pathologie i ;

N, la taille de la sous-population ;

TM, le taux de mortalité toutes causes confondues dans la sous-population (Tableau 30) ;

TM_i, le taux de mortalité de la pathologie i dans la sous-population (Tableau 30) ;

I_i, le taux d'incidence de la pathologie i dans la sous-population (Tableau 30).

L'attention du lecteur est attirée sur la **simplification introduite ici qui consiste à considérer que les effets sur la santé de l'activité physique sont immédiats**. Un délai

de un à cinq ans pourrait être raisonnablement considéré pour s'assurer que l'activité physique nouvellement induite ait produit ses effets maximaux[1].

Estimation des coûts des impacts de santé évités

Pour la mortalité, chaque décès est valorisé à hauteur de 3,43 M€$_{2018}$, soit la valeur tutélaire d'une vie statistique (Quinet, 2013), sauf dans le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée qui justifie alors d'attribuer un coût à chaque année perdue (voir les coûts intangibles de mortalité ci-dessous).

Pour la morbidité, le groupe transversal a, pour rappel, cherché à :

– adopter une approche par l'incidence et donc à considérer, au prix de quelques hypothèses, l'ensemble des coûts générés, y compris ceux qui surviendront dans les années futures ;

– estimer les coûts de manière cohérente avec les trois autres applications traitées par le groupe de travail.

Grâce à des données de l'Assurance maladie[2] et à celles de l'étude GBD 2018[3] pour la France, des coûts médicaux (incluant ici les indemnités journalières) et des coûts intangibles ont pu être obtenus pour onze des treize pathologies pour lesquelles un risque relatif est renseigné dans la littérature (les données n'étaient pas disponibles pour l'obésité et le cancer de l'endomètre). La difficulté reste d'obtenir des coûts qui correspondent très exactement aux pathologies identifiées dans la littérature (voir les notes sous le Tableau 31). Les résultats sont les suivants :

[1] Par exemple, dans leur évaluation des bénéfices de santé de l'aménagement de voies vertes, Dallat *et al.* (2013) retiennent un délai entre le changement d'exposition au facteur de risque (inactivité physique) et l'apparition des effets sur la santé d'un an pour les maladies cardiovasculaires et de cinq ans pour les cancers du sein et du côlon. L'outil Heat de l'OMS considère que les pleins bénéfices sont atteints au bout de cinq ans avec une augmentation progressive de 20 % les cinq premières années (OMS, 2017).

[2] Voir Assurance maladie (2021), « Dépenses remboursées affectées à chaque pathologie en 2018 », octobre. Des fiches par pathologie sont également consultables sur le site de l'Assurance maladie.

[3] https://cevr.tuftsmedicalcenter.org/databases/cea-registry

Tableau 31 – Coûts marchands et non marchands (€2018) par pathologie calculés par le groupe transversal

	Coûts intangibles de mortalité (€2018) [a]		**Coûts intangibles de morbidité (€2018)** [b]		**Coûts médicaux** (+ indemnités journalières) (€2018) [c] [d]
	20-39 ans	*40-74 ans*	20-39 ans	40-74 ans	
Pathologie coronarienne	*3 795 832*	*2 405 019*	13 990	25 382	20 938
AVC ischémique	*3 827 979*	*2 195 990*	158 069	165 209	38 946
Cancer du sein	*3 770 990*	*2 547 207*	109 361	89 550	46 968
Cancer du côlon	*3 800 514*	*2 373 428*	64 919	57 937	26 716
Cancer de l'estomac	*3 788 579*	*2 427 518*	26 897	31 321	11 710 [e]
Cancer de la vessie	*3 792 784*	*2 299 013*	60 988	61 961	32 838 [e]
Cancer de l'œsophage	*3 775 976*	*2 452 344*	28 608	35 133	11 181 [e]
Diabète	*3 814 912*	*2 314 462*	122 031	149 196	36 514
BPCO	*3 850 649*	*2 256 484*	65 614	63 853	10 405 [f]
Alzheimer	*0*	*2 149 971*	0 [g]	112 506	22 748 [h]
Parkinson	*3 862 174*	*2 076 985*	179 008	157 906	32 152

[a] Les coûts intangibles de mortalité qui figurent dans le tableau ne sont valables que pour le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée (approche par les années de vie perdues par pathologie).

[b] Les coûts intangibles de morbidité varient selon la catégorie d'âge retenue uniquement à travers le coefficient d'incapacité. La durée de la maladie ne peut pas être différenciée selon la catégorie d'âge, compte tenu de son mode de calcul (prévalence/incidence). En analyse de sensibilité, les coûts intangibles de morbidité sont divisés par deux (en utilisant une valeur du DALY de 65 500 €2018 plutôt que 131 000 €2018, comme recommandé par Herrera-Araujo *et al.,* 2020).

[c] Les dépenses de santé ne varient pas avec la catégorie d'âge retenue puisque la durée de la maladie ne peut pas être différenciée selon la catégorie d'âge (voir ci-dessus).

[d] Selon l'origine des fonds investis permettant l'augmentation de l'activité physique dont il s'agit ici d'évaluer les bénéfices de santé, le soin est laissé à l'évaluateur d'appliquer le coût d'opportunité des fonds publics sur les coûts médicaux (et indemnités journalières) s'il établit un bilan par acteur et chiffre l'impact sur les finances publiques.

[e] L'Assurance maladie ne distingue pas les cancers de l'estomac, de la vessie et de l'œsophage. Les chiffres retenus correspondent à la catégorie « autres cancers ».

[f] L'Assurance maladie fournit un coût pour toutes les maladies respiratoires chroniques (hors mucoviscidose) et non pas spécifiquement pour la BPCO.

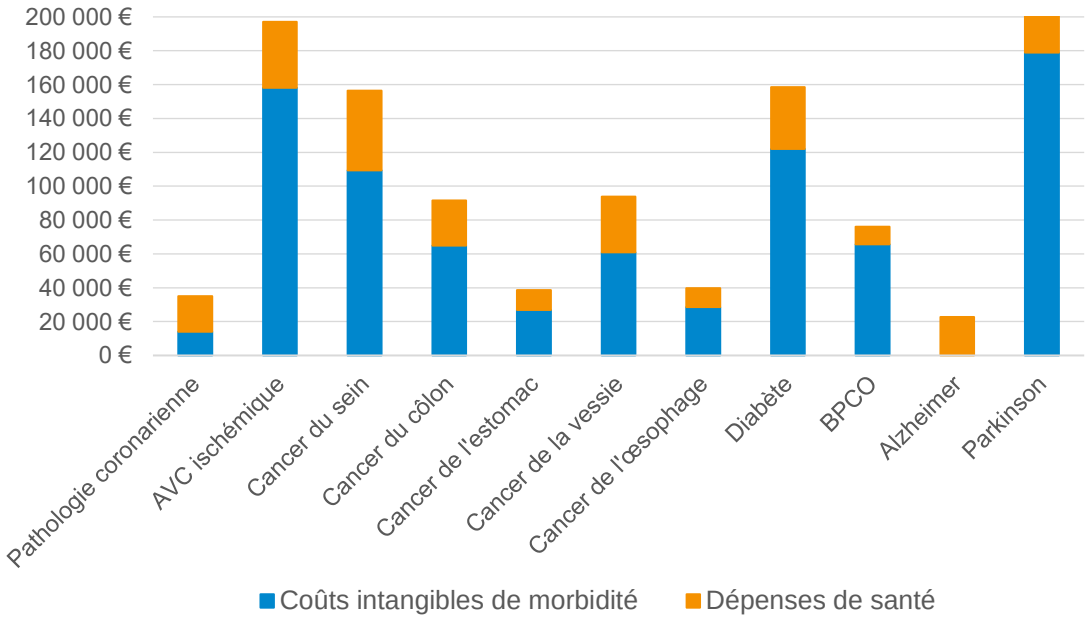
[g] Dans la mesure où le coefficient d'incapacité est calculé à partir de données intégrant l'incidence (voir point « Le coefficient d'incapacité associé à la maladie » de la section 2.2. du Chapitre 1), il est nul pour Alzheimer chez les 20-39 ans ; ce qui explique que les coûts intangibles de morbidité soient nuls ici. Les dépenses médicales associées à Alzheimer, ne dépendant pas de l'âge, sont elles positives, mais cela n'impactera pas les résultats finaux puisqu'elles seront appliquées à un nombre de cas nul sur cette catégorie d'âge.

[h] L'Assurance maladie ne distingue pas Alzheimer des autres démences.

Le lecteur est renvoyé à la section 3 du Chapitre 1 pour une explication plus détaillée de la méthode d'estimation des coûts et à l'annexe de l'outil (fichier Excel) pour le détail des paramètres d'entrée ayant servi à l'estimation de ces coûts (coefficient d'incapacité, durée de la pathologie, années de vie perdues par mortalité, dépenses médicales annuelles, etc.).

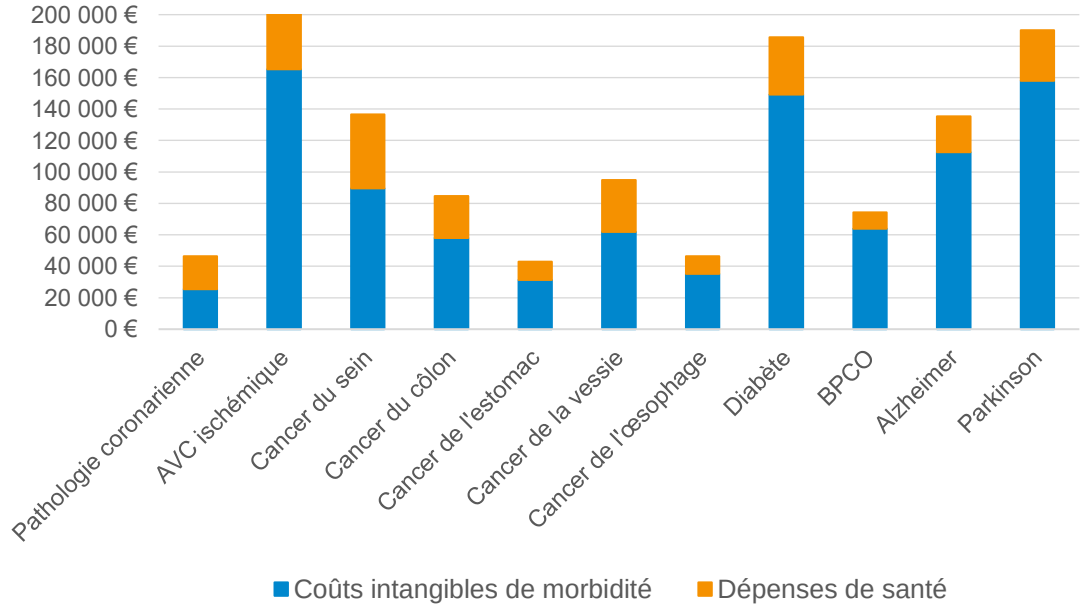
Source : groupe transversal, à partir des données GBD (2018) et de la cartographie de l'Assurance maladie (2018)

Figure 23 – Coûts (€$_{2018}$) des pathologies causées par l'inactivité physique pour la catégorie d'âge 20-39 ans



Source : groupe transversal, à partir des données GBD (2018) et de la cartographie de l'Assurance maladie (2018)

Figure 24 – Coûts (€$_{2018}$) des pathologies causées par l'inactivité physique pour la catégorie d'âge 40-74 ans



Source : groupe transversal, à partir des données GBD (2018) et de la cartographie de l'Assurance maladie (2018)

L'Annexe 3 montre que les coûts médicaux estimés par le groupe constituent une borne basse (tant pour l'AVC que pour les cancers, seules pathologies ayant été traitées dans la revue de littérature). Par ailleurs, les coûts intangibles de morbidité semblent eux aussi être une borne basse si l'on se réfère, pour les cancers, à la valeur retenue par l'Echa (2016) comprise, pour rappel, entre 335 000 euros et 410 000 euros (voir Encadré 5).

Le lecteur est renvoyé à la revue de littérature des coûts médicaux par pathologie (voir Annexe 3).

Pour chaque sous-population distinguée selon l'âge, les bénéfices de mortalité et de morbidité de l'augmentation de l'activité physique peuvent donc être obtenus à l'aide des formules suivantes :

- **Mortalité :**

$$\boldsymbol{B\acute{e}n\acute{e}fice\ de\ mortalit\acute{e}}\ (toutes\ causes\ confondues) = \boldsymbol{\beta * FAP * N * TM * VVS} \quad (21)$$

Et pour le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée :

$$Bénéfice\ de\ mortalité\ (approche\ par\ les\ années\ de\ vie\ perdues\ par\ pathologie) = \beta * FAP * N * \sum_i (TM_i * c_i) \quad (22)$$

- **Morbidité :**

$$\boldsymbol{B\acute{e}n\acute{e}fice\ de\ morbidit\acute{e}}\ (toutes\ pathologies\ comprises) = \boldsymbol{\beta * N * \sum_i (I_i * FAP_i * C_i)} \quad (23)$$

avec pour les équations (21) à (23) :

β, la valeur absolue du taux de variation de l'inactivité physique dans la sous-population ;

FAP, la fraction attribuable dans la sous-population pour la mortalité toutes causes confondues ;

FAP_i, la fraction attribuable dans la sous-population pour l'incidence de la pathologie i ;

N, la taille de la sous-population ;

TM, le taux de mortalité toutes causes confondues dans la sous-population (voir Tableau 30 ci-dessus) ;

TM_i, le taux de mortalité de la pathologie i dans la sous-population (voir Tableau 30 ci-dessus) ;

I_i, le taux d'incidence de la pathologie i dans la sous-population (voir Tableau 30 ci-dessus) ;

VVS, la valeur d'une vie statistique (3,43 M€$_{2018}$, Quinet, 2013) ;

c_i, le coût intangible de mortalité de la pathologie i pour la sous-population (voir Tableau 31 ci-dessus) ;

C_i, le coût par personne atteinte de la pathologie i dans la sous-population, qui reflète les coûts marchands (coûts médicaux et indemnités journalières) et non marchands (coûts intangibles liés à la morbidité) (voir Tableau 31 ci-dessus).

Résultats

Plusieurs résultats peuvent être mis en évidence :

– **gain de mortalité** (*) ;

– **gain de morbidité** (**) **avec borne basse ou borne haute selon l'ensemble de pathologies considéré** ;

– **gain total de santé**, avec borne basse ou borne haute selon l'ensemble de pathologies considéré ;

(*) Dans le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée, le coût de mortalité peut aussi être calculé, en deuxième analyse, à partir de l'approche par les années de vie perdues[1].

(**) Une analyse de sensibilité peut être proposée pour l'évaluation des coûts de morbidité. Dans ce cas, les années de vie perdues par incapacité sont valorisées à hauteur de VAV/2 = 65 500 €$_{2018}$ plutôt que VAV = 131 000 €$_{2018}$ – conformément à Herrera-Auraujo *et al*. (2020)[2] – et les coûts marchands (coûts médicaux et indemnités journalières) restent inchangés.

Il est à noter que ces résultats, calculés ici à une échelle collective, sont valables à une date donnée pour plusieurs raisons :

[1] Si, ici, les deux sous-populations considérées (20-39 ans et 40-74 ans) peuvent être jugées relativement jeunes ou âgées par rapport à l'âge moyen de 40 ans considéré dans les enquêtes ayant permis d'estimer la valeur d'une vie statistique, l'approche par les années de vie perdues ne reste ici recommandée qu'en deuxième analyse (et non pas en analyse principale), dans la mesure où le nombre de décès estimé à partir de l'approche par les années de vie perdues est fortement sous-estimé tel que précisé plus haut (voir équation (19)) puisque seules certaines pathologies sont considérées.

[2] Voir point « La valorisation monétaire des DALY » de la section 3.2. du Chapitre 1.

– **les taux de mortalité et d'incidence évoluent dans le temps**[1]. Par exemple, sur la période 2014-2018, le taux de mortalité toutes causes confondues et tous âges confondus a augmenté en moyenne de 1,7 % par an et est passé de 8,5 à 9,1 pour 1 000 habitants (Insee). Sur la même période, les taux d'incidence du diabète et de la BPCO ont augmenté en moyenne de 0,2 % par an, ceux des maladies de Parkinson et d'Alzheimer ont augmenté respectivement de 0,5 % et de 3 % par an. Dans le même temps, le taux d'incidence du cancer du sein a diminué de 0,2 % par an, les taux d'incidence du cancer du côlon et de l'œsophage ont augmenté de 1,6 % et 1,2 % par an et ceux des pathologies coronariennes et AVC ischémiques de 0,5 % par an (calculs à partir de GBD 2014 à 2018) ;

– **les coûts évoluent également dans le temps**. À titre d'illustration, sur la période 2014-2018[2], le coût médical des maladies cardiovasculaires chroniques a augmenté d'environ 0,2 % par an, celui de la BPCO a augmenté de 0,7 % par an, ceux de la maladie de Parkinson et du diabète ont diminué de 0,02 % par an tandis que celui des cancers a augmenté de 2,6 % par an ;

– l'utilisation de capteurs de mouvements devrait également permettre d'améliorer les connaissances des liens entre l'activité physique et la mortalité et la morbidité, et **les risques relatifs peuvent, eux aussi, difficilement être supposés constants.**

Qui plus est, la prévalence de l'inactivité physique dans la population en *t = 0* détermine le coût total de l'inactivité physique en France. En considérant les taux de prévalence de l'inactivité physique de l'enquête Esteban 2014-2016 et le nombre en 2018 de Français âgés de 20 à 74 ans sans pathologie chronique préexistante (27,9 millions de personnes)[3], **le coût social de l'inactivité physique peut être estimé à 140 milliards d'euros par an** (soit plus de 38 000 décès et 62 000 cas de pathologies, voir Tableau 32). Le coût évité par personne inactive qui deviendrait définitivement active serait de 840 euros par an pour une personne âgée de 20 à 39 ans, et de 23 275 euros par an pour quelqu'un de 40 à 74 ans. Plus de 90 % de ces montants sont liés au coût social de mortalité, environ 5 % au coût des pertes de bien-être liées à la maladie et le reste aux dépenses de soins.

[1] En toute rigueur, ce sont les taux de mortalité et d'incidence ajustés par l'âge qu'il faudrait renseigner compte tenu de la modification de la structure par âge (vieillissement) de la population.

[2] Sans tenir compte ici de l'évolution de l'indice des prix de la consommation de soins et de biens médicaux (CSBM) qui est très faible sur cette période (l'indice a évolué de 100 en 2014 à 99,1 en 2018, soit une diminution des prix des biens et service de santé de 0,2 % par an en moyenne).

[3] Le nombre de Français par âge et par sexe en 2018 est issu des données GBD. Les parts de personnes déclarant une maladie ou un problème de santé chronique ou durable utilisées sont celles de l'Insee pour l'année 2017 (faute d'accès à des données pour 2018). Voir Insee (2019), *France, portrait social. Édition 2019*, coll. « Insee Références », novembre, figure 3.

Tableau 32 – Décès et pathologies évités par une suppresion de l'inactivité physique chez les 20-74 ans sans pathologie chronique en France

Nombre de cas	20-39 ans	40-74 ans	Total
Décès	1 145	37 274	38 419
Pathologie coronarienne	378	16 509	16 887
AVC ischémique	99	4 653	4 751
Cancer du sein	159	2 339	2 498
Cancer du côlon	41	1 765	1 806
Cancer de l'estomac	7	201	208
Cancer de la vessie	10	671	682
Cancer de l'œsophage	2	577	579
Diabète	1 533	24 072	25 604
BPCO	459	3 154	3 614
Alzheimer	0	4 669	4 669
Parkinson	8	686	694

Source : groupe Activité physique et groupe transversal

Outil clés en main et conditions d'utilisation

Un outil de calcul simple, sous la forme d'un tableur Excel[1], a été mis au point par le groupe Activité physique pour faciliter l'évaluation des bénéfices de santé résultant de scénarios d'augmentation de l'activité physique d'une population. Précisément, **cet outil est conçu pour pouvoir évaluer les bénéfices de mortalité et de morbidité d'un scénario défini selon la part de personnes adultes et sans maladies chroniques préexistantes devenant actives** (au sens du respect des recommandations de pratique d'activités physiques de l'OMS) **et sous l'hypothèse qu'elles le restent jusqu'à leur décès.** Il comprend plusieurs onglets.

- **L'onglet « À lire en premier »** rappelle les objectifs de l'outil et le cadre dans lequel il peut être utilisé. Il décrit également la composition du fichier et le contenu des différents onglets.

- **L'onglet « Résultats » présente, par défaut, les bénéfices de santé pour une population de 10 000 personnes âgées de 20 à 74 ans réparties équitablement entre les deux sous-populations de 20-39 ans et 40-74 ans. Par défaut, l'outil**

[1] Ce fichier Excel est disponible sur le site de France Stratégie.

considère une réduction de l'inactivité physique de 10 % chez les deux sous-populations.

Les résultats sont obtenus à l'aide de formules prédéfinies, et l'utilisateur de l'outil ne doit pas intervenir sur cet onglet.

Des représentations graphiques des résultats sont proposées afin de mettre en évidence la répartition du coût total entre mortalité et morbidité (voir Figure 25), la répartition du coût de morbidité entre coûts marchands (coûts médicaux et indemnités journalières) et coûts non marchands (coûts intangibles) (voir Figure 26) ainsi que la répartition du coût de morbidité entre pathologies (voir Figure 27).

Cet onglet « **Résultats** » présente aussi les résultats de l'analyse de sensibilité pour la morbidité (les coûts intangibles sont divisés par deux en valorisant les années de vie perdues par incapacité à hauteur de la valeur d'une année de vie divisée par deux).

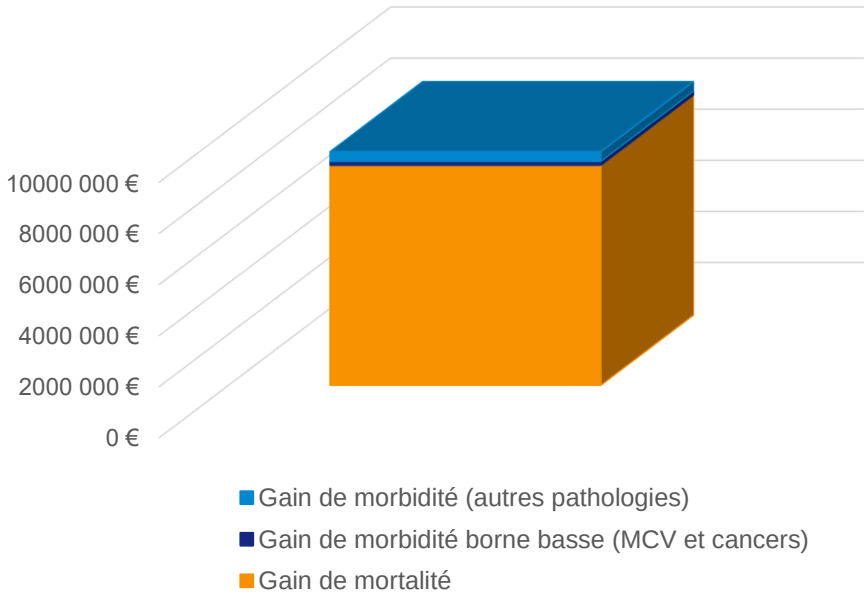
Dans le cas d'une population particulièrement jeune ou âgée, l'utilisateur de l'outil peut se reporter au bas du tableau de l'onglet « Résultats » pour connaître les résultats obtenus par l'approche par les années de vie perdues par pathologie.

- L'**onglet « Paramètres et valeurs »** synthétise les paramètres et valeurs monétaires utilisés dans la fiche de calcul « Résultats » (taille des sous-populations, prévalences et variations de l'inactivité physique, taux de mortalité générale et par pathologie, taux d'incidence des pathologies, valeurs monétaires – coûts intangibles et coûts médicaux).

Dans cet onglet, **l'utilisateur de l'outil peut, s'il le souhaite, personnaliser le scénario en modifiant les cases de couleur jaune : taille des sous-populations (20-39 ans et 40-74 ans), et évolution de l'inactivité physique pour chaque sous-population.**

- L'**onglet « Annexe »** permet en toute transparence d'analyser la sensibilité des résultats à certains paramètres ayant servi à l'estimation des coûts de morbidité (taux d'actualisation, valeur d'une année de vie par exemple). **Puisque les données entrées dans l'outil sont, pour rappel, datées (taux de mortalité, taux d'incidence des pathologies, coûts, etc.), une mise à jour doit être faite régulièrement et cet onglet « Annexe » a été conçu de manière à faciliter ces mises à jour, dont les modalités restent cependant à définir (par qui ? à quelle fréquence ?).**

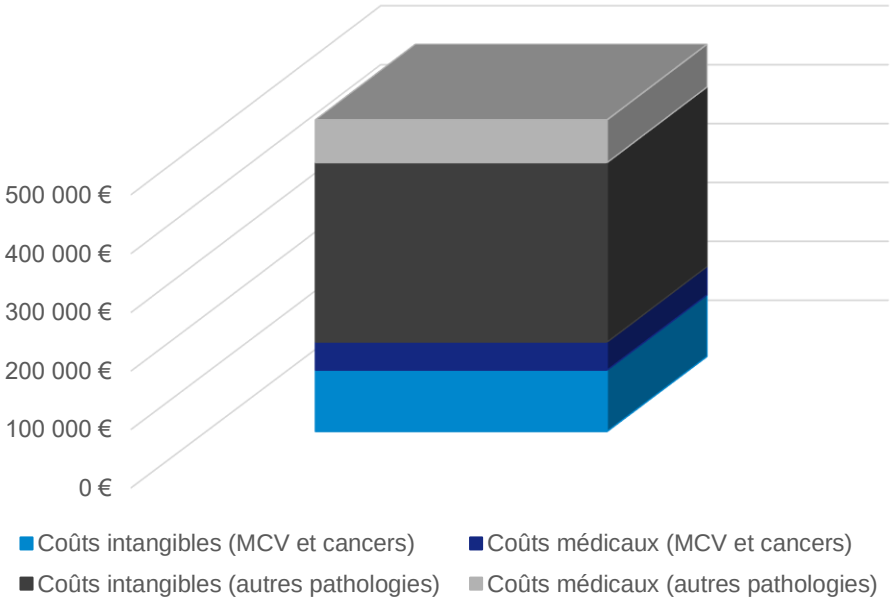
Figure 25 – Répartition du coût total entre mortalité et morbidité (population totale)



MCV : maladies cardiovasculaires.

Source : groupe Activité physique et groupe transversal

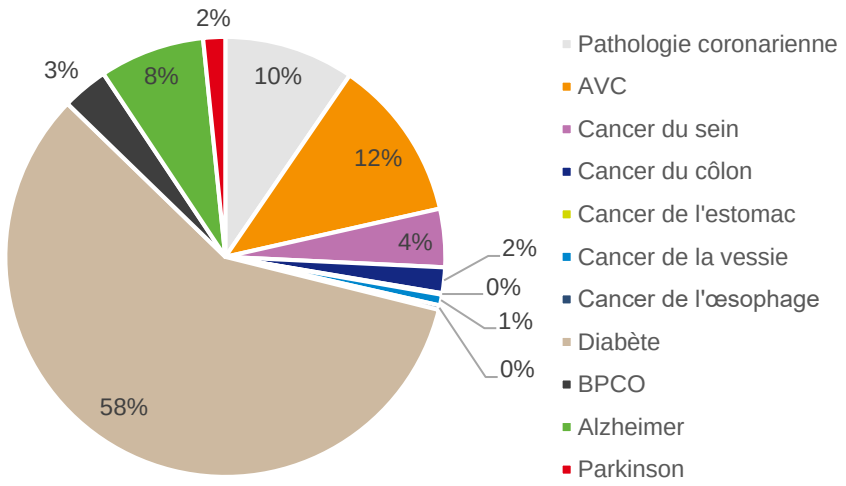
Figure 26 – Répartition du coût de morbidité entre coûts marchands et non marchands (population totale)



MCV : maladies cardiovasculaires.

Source : groupe Activité physique et groupe transversal

Figure 27 – Répartition du coût de morbidité par pathologie (population totale)



Source : groupe Activité physique et groupe transversal

5.2.3. Élaboration d'une grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique

Le groupe Activité physique a aussi eu pour ambition de donner une place à l'activité physique dans les réflexions portant sur l'aménagement de l'espace public, y compris dans les réflexions sur les liens entre aménagement et santé dans lesquelles l'accent est souvent porté sur les questions de pollution des milieux (air, sol), de nuisances sonores, ou d'activité physiqué réduite aux déplacements actifs.

Il a fait le choix de proposer une grille qui a vocation à être utilisée au stade de la conception d'un aménagement donné de l'espace public pour maximiser le potentiel d'activités physiques. Cette grille devrait faciliter les retours d'expérience et à terme le partage de bonnes pratiques. Elle se veut évolutive pour permettre d'accélérer nos progrès dans le domaine et s'assurer que les attributs de la grille restent en phase avec la réalité sociale, les avancées dans la connaissance et les données disponibles.

Principaux choix de construction de la grille

- **Cadrage**

Le groupe Activité physique a choisi de **limiter sa réflexion aux aménagements de l'espace public** favorables à l'activité physique au-delà des modes actifs de déplacement considérant :

– les avantages de ces lieux pour le développement de l'activité physique (large population bénéficiaire dont les « éloignés de la pratique », peu de restrictions d'accès, non axés sur le sport compétition, diversité des activités possibles, etc.) ;

– que les différences avec les installations sportives traditionnelles sont trop importantes (voir Encadré 24) pour que les deux types de lieux soient étudiés en même temps.

Ces aménagements de l'espace public ne généreront des bénéfices pour la santé que s'ils sont utilisés. Aussi, **c'est le potentiel de fréquentation et d'activité physique qui est étudié**, et non pas uniquement l'un ou l'autre. En effet :

– le potentiel de fréquentation, lorsqu'il est considéré seul, ne fournit pas une information suffisante dans la mesure où, y compris sans intégrer les usages transgressifs de tels lieux, les comportements varient fortement sur ces espaces (comportements sédentaires tels que la lecture sur un banc mais aussi activités physiques d'intensité élevée). À noter que c'est moins vrai dans les installations sportives (pas de comportements sédentaires *a priori*) ou sur les infrastructures dédiées aux déplacements actifs qui représentent la grande majorité des objets d'étude dans la littérature portant sur l'impact médico-économique d'un aménagement de l'espace public via l'augmentation de l'activité physique ;

– le potentiel d'activité physique, lorsqu'il est considéré seul, ne fournit pas une information suffisante dans la mesure où les bénéfices de santé peuvent être négligeables si l'aménagement est trop peu utilisé.

Par ailleurs, il convient de souligner que **seule l'activité physique pratiquée sur l'aménagement étudié est considérée à travers la grille** qui est proposée. Les déplacements d'activité physique sont en effet difficiles à évaluer. Les résultats des études ayant cherché à estimer l'impact d'un aménagement sur la pratique d'activité physique à l'aide de la méthode « différence de différence » (Veitch *et al.*, 2018)[1] ne permettent en effet pas de déterminer si la hausse de l'activité physique observée dans le parc aménagé s'explique par une nouvelle pratique ou par une pratique existant auparavant dans un autre lieu. Cela étant dit, **le potentiel d'activité physique estimé pour un futur aménagement peut difficilement être interprété comme une augmentation de l'activité physique de la population bénéficiaire de**

[1] L'étude de Veitch *et al.* (2018) évalue l'impact d'un aménagement de parc (construction d'une « aire de jeux ») en matière d'évolution du nombre de visiteurs du parc et de la pratique d'activité physique dans le parc, à l'aide d'une comparaison avec un parc « contrôle » non réaménagé. Les données obtenues à partir des observations SOPARC (*System for observing play and recreation in communities*) donnent des résultats significatifs d'augmentation de la fréquentation et de l'activité physique pratiquée dans le parc traité, relativement au parc contrôle.

l'aménagement[1]. C'est la raison pour laquelle **il ne peut pas être établi de lien direct entre cette grille d'analyse du potentiel de fréquentation et d'activité physique d'un aménagement et l'outil d'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique proposé plus haut** (section 5.2.2.).

Enfin, malgré la diversité des espaces publics susceptibles d'accueillir une activité physique (squares urbains, berges, esplanades, etc.), il a été décidé de produire une **grille unique d'analyse, valable quel que soit l'espace étudié** dans l'optique de faciliter son appropriation par les acteurs puisqu'ils pourront l'utiliser simultanément pour plusieurs espaces, dès lors qu'il est admis que l'enjeu est précisément d'offrir une combinaison de ces espaces sur un territoire donné pour répondre aux différents usages (zones de passage qui facilitent le recours aux mobilités actives, zones de destination où la durée de présence peut s'étendre dans la journée, etc.) (voir Encadré 27 ci-dessous). Qui plus est, la grille offre une souplesse d'utilisation lui permettant d'être utilisée quel que soit le niveau de maîtrise d'ouvrage (du très local au régional).

Encadré 27 – Intérêt d'une trame « activités physiques »

À l'instar des trames[2] verte et bleue (maillage des corridors biologiques et des réservoirs de biodiversité), une trame « activités physiques » permettrait d'assurer la continuité des espaces aménagés et de favoriser une pratique diversifiée. Les collectivités territoriales, déjà à la manœuvre pour développer la pratique de l'activité physique sur leur territoire, auraient, avec une trame « activités physiques », un dispositif clair et facile à appréhender, permettant de les accompagner dans un passage à l'action plus rapide.

- **Format et contenu de la grille d'analyse**

De nombreuses variables sont susceptibles d'influencer la fréquentation et / ou la pratique d'une activité physique sur l'espace public. Cela justifie de s'inscrire dans un cadre multicritère. Néanmoins, **les seules variables retenues sont celles :**

– **relevant du stade de la conception de l'aménagement par le maître d'ouvrage ;**

[1] Pour le développement de son outil Heat, l'OMS rappelle à ce sujet qu'« il ne faut pas supposer que toute augmentation de la pratique du vélo ou de la marche mène automatiquement à une hausse correspondante de l'activité physique totale, et il convient de s'appuyer sur des études appliquant une correction pour les formes d'activité physique non liées aux transports » (OMS, 2017).

[2] La notion de « trame » renvoie à celle de « maillage », c'est-à-dire des différents espaces reliés entre eux.

– **pouvant être renseignées sans observations ou enquêtes** (voir Encadré 28), en application du principe de proportionnalité guidant les choix des différents groupes thématiques.

Encadré 28 – Choix de ne pas intégrer des variables renseignées par le biais d'observations et d'enquêtes

Des observations de terrain permettent d'apporter une information sur le type d'activité physique pratiquée au-delà d'un simple comptage de la fréquentation. De la même manière, les enquêtes de terrain peuvent apporter des informations supplémentaires sur la durée de la pratique et sur les éventuels déplacements d'activité physique.

L'opportunité de réaliser des observations et / ou des enquêtes dans le cadre d'une évaluation *ex ante* dépend toutefois de l'ampleur de la modification attendue des lieux et des comportements du fait du projet. Dans le cadre d'aménagements mineurs, des observations et enquêtes peuvent apporter des informations utiles au dimensionnement du projet, car elles permettent d'anticiper de futurs usages possibles en supposant que les comportements n'évolueront pas significativement. Toutefois, le coût des observations et enquêtes de terrain est difficilement justifiable dans le cadre d'aménagements mineurs, eux-mêmes peu coûteux. À l'inverse, dans le cadre d'aménagements de plus grande ampleur :

– les modifications de comportements attendues sont telles que les résultats des observations ne pourront pas être mobilisés pour dimensionner le projet. En revanche, ils devraient constituer un point de repère essentiel pour la réalisation d'évaluations *ex post* ;

– les résultats d'enquêtes préalables peuvent utilement éclairer les choix et justifier certains choix, mais le groupe Activité physique n'a pas souhaité que la réalisation d'enquêtes apparaisse comme un passage obligé, la difficulté à les réaliser devenant un obstacle à l'utilisation de la grille comme aide à la conception.

Enfin, le nombre d'attributs retenus est **limité à sept**. Il est volontairement réduit pour éviter les redondances et limiter ici l'effort à consentir par le porteur de projet. De la même façon, **le nombre de degrés par attribut est limité à trois** de manière à pouvoir ventiler la majorité des situations sans que cela soit trop coûteux.

La définition de chaque attribut et le choix des trois degrés par attribut reposent sur la littérature disponible et l'expertise des membres du groupe Activité physique. Sur cette base, plusieurs choix ont été faits :

– pour chaque attribut, les trois degrés classent trois situations envisageables selon un ordre de préférence (degré 1 < degré 2 < degré 3) établi sur la base de **critères** (ou « sous-attributs ») qui déterminent la fréquentation et / ou l'activité physique. Ce sont ces critères qui apparaissent dans la définition des degrés. Des **indications qualitatives** ont été privilégiées à des seuils chiffrés afin de laisser la possibilité au porteur de projet d'apprécier ces critères en fonction de l'environnement dans lequel il se situe, considérant qu'il est **difficile de préconiser un type d'aménagement (plutôt qu'un autre) sans tenir compte de l'environnement dans lequel on se trouve[1].** Chaque fois, le porteur de projet est encouragé à concevoir un projet relevant de la situation décrite dans le degré 3 ;

– aucune priorisation d'un attribut par rapport à un autre n'a été faite. De ce fait, sans coefficient de pondération accordé aux attributs pour refléter leur plus ou moins grande importance dans la conception de l'aménagement considéré, **la grille ne permet pas d'attribuer une note finale au projet.**

Les sept attributs retenus sont décrits ci-dessous. Les attributs non retenus sont listés dans l'Encadré 29 ci-dessous.

- **Attribut « Type et taille de l'espace »**

Le lien entre **espaces verts** et activité physique est largement démontré dans la littérature (Zhang *et al*., 2019 ; Edwards *et al.*, 2015 ; Timperio *et al*., 2008 ; McCormack *et al*., 2010). Par ailleurs, plus la **superficie** aménagée est grande, plus l'espace peut accueillir d'usagers et d'usages, y compris de pratiques d'activité physique, différents (Zhang *et al*., 2019 ; Cohen *et al*., 2010). C'est pourquoi, à l'aide des trois degrés retenus par le groupe Activité physique, le porteur de projet est incité à maximiser la verdure et / ou la superficie de l'espace qu'il aménage :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Type et taille de l'espace aménagé	Espace « non vert » de petite ou moyenne taille	Espace « vert » de petite ou moyenne taille OU espace « non vert » de grande taille	Espace « vert » de grande taille

Le porteur de projet apprécie la verdure (nombre de pelouses, d'arbres, de parterres, de plans d'eau, etc.) et la superficie en fonction de l'environnement dans lequel il se situe. Le caractère urbain ou non par exemple est susceptible d'influencer les attentes des usagers en matière de verdure et de superficie. À noter que c'est la superficie totale des lieux aménagés qui doit être considérée dans le cas d'un projet de type trame « activités physiques » (voir Encadré 27 ci-dessus).

[1] Par exemple, aménager des berges quand il n'y a pas de cours d'eau à proximité ne paraît pas être une option.

- **Attribut « Accessibilité physique »**

L'accessibilité physique représente la plus ou moins grande facilité avec laquelle on peut accéder à un lieu en mobilisant différents modes de transports.

Bien que les études soulignent le rôle de la proximité en tant que clé d'appropriation des lieux aménagés, l'attribut « accessibilité physique » ne se réduit pas ici à une notion de distance à parcourir ou à un temps de trajet. Il doit refléter la **diversité et la capacité des dessertes** (dessertes piétonnes, parkings vélo ou voitures, transports en commun, etc.), en considérant que l'existence d'une desserte conditionne la pratique et que l'accessibilité conditionne la régularité. À titre d'illustration, les places publiques sont par définition très accessibles, puisqu'elles constituent des lieux de passage.

Dans ce cadre, les trois degrés de l'attribut « accessibilité physique » sont naturellement définis de manière à inciter le porteur de projet à optimiser les dessertes et à minimiser les risques de saturation, en lien avec les structures compétentes (politiques de mobilité de la collectivité, service des voiries, etc.) :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Accessibilité physique	Desserte non / peu diversifiée et à capacité limitée	Dessertes peu diversifiées mais sans risque de saturation OU diversifiées mais à capacité limitée	Dessertes diversifiées sans risque de saturation

Le porteur de projet est invité à apprécier la diversité et la capacité de ses dessertes en fonction de l'environnement dans lequel le projet se situe. Le caractère urbain de l'espace, entre autres, détermine par exemple le potentiel d'usagers (qui détermine à son tour la capacité des dessertes à offrir) et leurs habitudes de déplacement (qui influencent sur le type de dessertes et la régularité des dessertes de transports publics à prévoir).

Note : La présence de **panneaux de signalisation** informant sur l'existence et la proximité de l'aménagement est également un facteur d'amélioration de l'accessibilité physique.

- **Attribut « Accessibilité temporelle »**

L'accessibilité temporelle représente la plus ou moins grande facilité avec laquelle on peut accéder à un lieu indépendamment de l'heure ou du jour. Elle reflète les **horaires et jours d'ouverture** mais également des éventuelles restrictions telles que l'absence d'**éclairage** (dont l'impact sur la pratique d'activités physiques est démontré dans la littérature, Zhang *et al.*, 2019) ou encore des **situations de saturation** de l'espace (quelle que soit la cause, y compris événement particulier ou périodique de type marché, brocante…).

Dans la mesure où l'impact d'une restriction donnée sur la fréquentation n'est pas toujours indépendant de toutes les autres restrictions (par exemple l'absence d'éclairage n'a

d'incidence que si le lieu est ouvert en soirée), le porteur de projet apprécie les restrictions dans leur ensemble et non indépendamment les unes des autres.

Pour garantir une bonne accessibilité temporelle, les trois degrés sont donc définis de manière à inciter le porteur de projet à limiter autant que possible ces restrictions :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Accessibilité temporelle	Les restrictions sont jugées importantes	Les restrictions sont jugées modérées	Les restrictions sont jugées faibles

Le porteur de projet est invité à apprécier les potentielles restrictions en fonction de l'environnement dans lequel il se situe, notamment son caractère urbain qui peut déterminer les rythmes de vie et les habitudes d'activité physique des potentiels usagers (le midi, le soir ou le week-end par exemple).

- **Attribut « Équipements dédiés à la pratique d'une activité physique »**

Par définition, la présence d'équipements dédiés à la pratique d'activités physiques influence directement la fréquentation du lieu et les usages qui y sont pratiqués (McCormack *et al*., 2010).

Alors que les attentes en matière d'usage de l'espace public sont moins connues que celles des équipements sportifs, en partie parce qu'ils s'adressent également à des personnes qui ne pratiquent pas encore, il est important de diversifier ces équipements dédiés à la pratique d'activités physiques afin de veiller à éviter des situations, rencontrées dans des quartiers prioritaires (ONPV, J & S, CGET, 2019), de sélection par une offre qui ne serait pas adaptée aux attentes des usagers.

Les degrés sont ainsi définis de manière à inciter le porteur de projet à diversifier les équipements et / ou à minimiser les risques de saturation :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Équipements dédiés à la pratique d'AP	Équipements absents ou peu diversifiés et de capacité limitée	Équipements peu diversifiés mais sans risque de saturation OU diversifiés mais de capacité limitée	Équipements diversifiés et sans risque de saturation

Le porteur de projet reste néanmoins libre de considérer les équipements dédiés à l'activité physique qu'il souhaite. Le terme « équipements » est entendu au sens large et peut couvrir des supports variés en rondins, des agrès de sports de type « parcours de santé », des tables de ping-pong, des murs d'escalade mais aussi des terrains de basket, foot, pétanque, etc., des chemins ou encore des aires de jeux. Le porteur de projet est invité à

apprécier leur diversité et leur capacité en fonction de la taille de l'espace qu'il aménage d'une part et du potentiel d'usagers et de leurs caractéristiques sociodémographiques[1] d'autre part, dès lors qu'elles influencent le type de pratique et sa fréquence.

Note : Il existe des phénomènes de mode et certains équipements ou lieux dédiés à la pratique d'une activité physique peuvent attirer plus que d'autres dans certains quartiers (basket de rue par exemple). La présence de panneaux d'incitation à la pratique d'une activité physique[2] ou offrant des consignes d'utilisation est également un atout pour maximiser l'usage des équipements mis à disposition ainsi que pour en assurer un usage correct, bien que le détournement de l'usage d'un équipement est aussi un indice de succès de l'aménagement. Par ailleurs, l'attention du porteur de projet est attirée sur la nécessité de prévoir une maintenance régulière des équipements susceptibles de se détériorer dans le temps (agrès de sports, aire de jeux, etc.) afin de garantir la sécurité des usagers et l'attractivité des aménagements.

- **Attribut « Équipements de confort »**

La présence d'équipements de confort tels que des WC, des fontaines à eau, des tables de pique-nique, des bancs, des préaux, des abris, etc. offre la possibilité d'allonger le temps de fréquentation du lieu et influence ainsi par conséquent également le nombre d'usagers et les usages y compris en matière d'activité physique (McCormack *et al.*, 2010).

Cela étant, les trois degrés de cet attribut sont définis de manière à inciter le porteur de projet à diversifier les équipements de confort et / ou à minimiser leur risque de saturation :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Équipements de confort	Équipements peu diversifiés et insuffisamment nombreux	Équipements peu diversifiés mais suffisamment nombreux OU diversifiés mais insuffisamment nombreux	Équipements diversifiés et suffisamment nombreux

Comme pour les équipements dédiés à l'activité physique, le porteur de projet est libre de considérer les équipements de confort qui lui paraissent pertinents. Il est invité à apprécier

[1] Les enquêtes sociologiques sur la pratique sportive indiquent notamment que : 1) la persistance de stéréotypes de genre peut expliquer l'absence de mixité dans certaines disciplines ; 2) l'âge est également un facteur de différenciation en raison de contraintes physiques imposées par certaines pratiques ou parce qu'elles nécessitent une pratique régulière ; 3) la nécessité de la régularité peut également expliquer des différences de pratique selon la composition du ménage et le temps disponible (nombre de congés, etc.).

[2] Selon Kaczynski *et al.* (2014) par exemple, les personnes exposées à la signalisation « Faites une promenade dans le parc ! Les médecins recommandent d'être actif seulement 30 minutes par jour pour vous aider à maintenir un poids sain et à prévenir de nombreuses maladies » (« *Take a walk around the park! Doctors recommend that being active just 30 minutes per day can help you maintain a healthy weight andward off many diseases* ») déclarent une intention de pratiquer une activité physique significativement plus élevée que celles non exposées.

leur diversité et leur capacité en fonction de la taille de l'espace et du potentiel d'usagers, lui-même déterminé par l'environnement dans lequel se situera l'espace aménagé. Il devra toutefois d'emblée prévoir leur entretien régulier.

- **Attribut « Autres lieux de pratique d'activités physiques à proximité »**

Comme pour tout type de bien, la demande adressée à un offreur varie avec la quantité et le type d'offres alternatives à proximité. Ici, le potentiel de fréquentation du lieu à aménager dépend de l'existence d'autres lieux dédiés à la pratique d'activités physiques à proximité.

Le porteur de projet est encouragé à tenir compte de tous les lieux permettant la pratique d'activités physiques, tant les équipements sportifs traditionnels que les aménagements de l'espace public de tout type.

Les trois degrés de cet attribut ont été définis de manière à privilégier l'implantation d'un nouveau projet dans des espaces plutôt sous-dotés en lieux de proximité de pratique d'activités physiques, avec une préférence pour les territoires sous-dotés quels que soient les types de lieux de pratique (espaces sportifs traditionnels ou espaces publics favorables à l'activité physique) plutôt que pour les territoires sous-dotés uniquement d'espaces publics :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Autres lieux de pratique d'activités physiques à proximité	Territoire correctement doté en installations sportives traditionnelles et en espaces publics favorables à l'activité physique	Territoire sous-doté en espaces publics favorables à l'activité physique	Territoire sous-doté en installations sportives traditionnelles et en espaces publics favorables à l'activité physique

Le périmètre à considérer peut s'apprécier à l'aide d'un temps de transport, plutôt que par une distance. Il reste à l'appréciation du porteur de projet qui peut fixer un seuil selon l'environnement dans lequel il se situe et selon le type d'aménagement proposé. On sait par exemple que les personnes sont prêtes à consentir un temps de déplacement plus long pour des sites emblématiques tels qu'une plage, une forêt… mais rarement pour une aire de jeux pour enfants.

Note : Le ministère chargé des Sports établit un recensement des équipements sportifs et espaces et sites de pratique[1] que le porteur de projet peut utiliser pour identifier une partie des lieux de pratique d'activités physiques déjà existants sur son territoire. À notre connaissance, il n'existe en revanche pas de base de données analogue répertoriant les espaces publics favorables à l'activité physique. Le porteur de projet est toutefois

[1] Voir le recensement des Équipements sportifs, espaces et sites de pratiques (mis à jour le 4 février 2021) et celui des Équipements sportifs en 2018 en France métropolitaine/Outre-mer.

encouragé à chercher à obtenir des informations sur le nombre de parcs, le kilométrage et le réseau des pistes cyclables, etc. que certains territoires mettent à disposition.

- **Attribut « Niveau d'activité physique de la population cible »**

Dans un objectif de santé publique, les personnes les plus exposées au risque d'inactivité physique justifient d'une attention particulière et il est nécessaire que leur soit garanti un accès à des lieux de pratique d'activités physiques.

Au travers des trois degrés proposés pour cet attribut, le porteur de projet est incité à privilégier une localisation permettant que l'aménagement bénéficie à une population jugée insuffisamment active. Il est proposé d'identifier cette population à partir des **facteurs de risque d'exposition à l'inactivité physique** :

	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Niveau d'activité physique de la population cible	Population moins exposée aux facteurs de risque d'inactivité physique	Population fortement exposée à un facteur de risque d'inactivité physique	Population fortement exposée à au moins deux facteurs de risque d'inactivité physique

À partir des facteurs positivement corrélés à l'activité physique (Anses, 2016, à partir de Bauman *et al.*, 2012 ; voir section 5.1.1. *supra*), il est établi ici que le sexe féminin, un âge élevé, un faible niveau d'éducation et un mauvais état de santé constituent autant de facteurs de risque d'inactivité physique. Cette liste n'est cependant pas exhaustive et le porteur de projet est libre d'apprécier le niveau d'activité physique de la population ciblée par son projet à l'aide d'autres variables ; une fine description de la population bénéficiaire cible étant, quoi qu'il en soit, une étape essentielle dans la définition du projet.

En tout état de cause, on notera que si le mauvais état de santé est retenu comme facteur de risque d'inactivité physique et que la population ciblée est plutôt en mauvaise santé, alors on répond déjà en partie à un objectif d'équité (ou encore universalisme proportionné), à savoir la volonté de cibler ceux qui en ont le plus besoin : les plus malades donc aussi les plus pauvres[1].

Note : Le périmètre considéré doit être établi en cohérence avec le périmètre retenu pour l'attribut « Autres lieux de pratique d'activités physiques ». À noter que l'IRIS (« îlots regroupés pour l'information statistique ») constitue l'échelon de données démographiques et foncières le plus précis sur la base duquel sont effectuées les statistiques courantes en France[2].

[1] La littérature sur le gradient social indique que les personnes les plus pauvres sont aussi les plus malades.

[2] Des indicateurs sur l'âge, le revenu ou le niveau d'éducation sont par exemple disponibles sur le site dédié aux statistiques locales de l'Insee.

Encadré 29 – Sélection des attributs

Une sélection d'attributs prioritaires a été effectuée afin de garantir une certaine opérationnalité à la grille. Plusieurs caractéristiques n'ont ainsi pas été retenues, soit par souci de proposer des attributs les plus indépendants possibles, soit par manque de consensus dans la littérature ou encore parce qu'ils ne semblaient pas pertinents au stade de la conception de l'aménagement :

Premièrement, l'impact du niveau de maintenance et d'entretien des équipements sur l'activité physique pratiquée dans un lieu ne semble pas faire consensus dans la littérature (non significatif dans la revue d'études quantitatives faite par Zhang *et al*. (2019), mais significatif dans la revue qualitative de McCormack *et al*. (2010)). Le groupe Activité physique a par ailleurs considéré qu'il était raisonnable de supposer que le porteur de projet s'assure d'une maintenance et d'un entretien *a minima* à court terme et qu'il n'était pas nécessaire d'attirer l'attention sur ce critère dans la grille, dont le nombre d'attributs doit rester limité pour qu'elle soit opérationnelle. Il a aussi considéré qu'il s'agissait d'un critère non de conception mais de pérennité de l'aménagement.

Par ailleurs, considérant d'une part que le porteur de projet s'assure de la sécurité du lieu qu'il aménage[1], et reconnaissant d'autre part que la sécurité peut être perçue différemment selon les personnes et qu'elle dépend en partie des usagers et non pas uniquement du lieu (McCormack *et al.* 2010), le groupe Activité physique a aussi fait le choix de ne pas retenir l'attribut « sécurité ». La revue faite par Zhang *et al*. (2019) montre d'ailleurs que la relation entre sécurité et activité physique n'est pas significative.

Un autre levier, notamment pour attirer les personnes les plus éloignées de la pratique, consiste à proposer un encadrement. Toutefois, cette « médiation » représente un coût humain et financier, et il est difficile de connaître le nombre de personnes qui deviennent autonomes après une pratique encadrée et celles qui restent dépendantes de l'encadrement. Qui plus est, le groupe a considéré que cet attribut ne relève pas directement du porteur de projet dans le cadre de la conception de l'aménagement.

Enfin, la dimension sociétale de l'espace et le cadre environnant (aménités paysagères, potentielles nuisances telles que le bruit, la pollution de l'air, etc.) constituent deux variables qui méritent l'attention du porteur de projet mais pour

[1] Il existe des signaux qui marquent la sécurité des lieux (présence d'un gardien, signalisation claire, entrée, horaires explicites, etc.).

lesquelles il n'a pas été possible de définir des attributs dont les trois degrés auraient été indépendants des attributs déjà retenus.

Grille clés en main

La grille, composée des sept attributs, doit être utilisée comme un outil d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique. À court terme, l'utilisation de la grille est volontaire. Pour faciliter son appropriation par les acteurs et sa diffusion, une version est proposée sous la forme d'un fichier Excel composé de plusieurs onglets[1] :

- **l'onglet « À lire en premier »** rappelle les objectifs de la grille et le contexte dans lequel elle doit être utilisée. Il décrit également le contenu des onglets suivants ;
- **l'onglet « Grille d'analyse »** constitue l'onglet principal. Il reprend la liste des attributs (en ligne), les critères (ou « sous-attributs ») associés à chacun d'entre eux, les conditions de qualification des attributs par le porteur de projet, et les degrés associés (en colonne) avec un code couleur permettant d'illustrer la préférence pour le degré 3 (en vert) relativement au degré 2 (en orange) et au degré 1 (en bleu).

Le porteur de projet est invité, pour chaque attribut, à indiquer le degré auquel son aménagement correspond dans la colonne « degré choisi ». La couleur associée au degré correspondant s'affiche, et permet facilement, après remplissage pour chacun des sept attributs, de visualiser si le projet est plus ou moins favorable à l'activité physique.

Note : Dans la colonne « explication » de cet onglet, les porteurs de projet volontaires sont invités à indiquer les données et informations ayant permis le choix du degré pour chaque attribut. Une remontée de ces informations auprès des commanditaires du groupe de travail a pour objectif d'**affiner la grille dans une démarche d'amélioration continue**. À terme, un partage de ces informations entre porteurs de projet (dont les modalités et le format restent à définir) pourrait contribuer à rendre la grille plus pertinente, donc à favoriser son utilisation (en identifiant par exemple des bases de données locales permettant de renseigner la capacité des dessertes de transport, la densité de parcs, ou encore l'état de santé d'une population à l'échelle locale, etc.). C'est dans ces deux optiques qu'un onglet **« Description projet »** a été ajouté afin de recueillir un minimum d'information sur le projet (localisation, maître d'ouvrage, date, etc.).

[1] Ce fichier Excel est disponible sur le site de France Stratégie.

Tableau 33 – Grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique

Attribut	Degré 1	Degré 2	Degré 3
Type et taille de l'espace aménagé	Espace « non vert » de petite ou moyenne taille	Espace « vert » de petite ou moyenne taille OU espace « non vert » de grande taille	Espace « vert » de grande taille
Accessibilité physique	Desserte non / peu diversifiée et à capacité limitée	Dessertes peu diversifiées mais sans risque de saturation OU diversifiées mais à capacité limitée	Dessertes diversifiées sans risque de saturation
Accessibilité temporelle	Les restrictions sont jugées importantes	Les restrictions sont jugées modérées	Les restrictions sont jugées faibles
Équipements dédiés à la pratique d'activité physique	Équipements absents ou peu diversifiés et de capacité limitée	Équipements peu diversifiés mais sans risque de saturation OU diversifiés mais de capacité limitée	Équipements diversifiés et sans risque de saturation
Équipements de confort	Équipements peu diversifiés et insuffisamment nombreux	Équipements peu diversifiés mais suffisamment nombreux OU diversifiés mais insuffisamment nombreux	Équipements diversifiés et suffisamment nombreux
Autres lieux de pratique d'activité physique à proximité	Territoire correctement doté en installations sportives traditionnelles et en espaces publics favorables à l'activité physique	Territoire sous-doté en espaces publics favorables à l'activité physique	Territoire sous-doté en installations sportives traditionnelles et en espaces publics favorables à l'activité physique
Niveau d'activité physique de la population	Population moins exposée aux facteurs de risque d'inactivité physique	Population fortement exposée à un facteur de risque d'inactivité physique	Population fortement exposée à au moins deux facteurs de risque d'inactivité physique

Source : groupe Activité physique

Si cette grille s'utilise dans le cadre de la conception d'un aménagement et donc *ex ante*, son utilisation ne vient toutefois pas en remplacement d'une évaluation *ex post*. Tout porteur de projet est en effet invité à s'assurer que la population cible, et peut-être au-delà, pratique effectivement une activité physique dans l'espace aménagé, à sa mise en service, mais aussi cinq ou dix ans après l'aménagement par exemple.

5.2.4. Complémentarité des deux outils

Tel que précisé précédemment (section 5.2.1 *supra*), compte tenu des connaissances disponibles à l'heure actuelle et du temps laissé au groupe Activité physique, ce dernier a choisi de proposer deux outils opérationnels, non articulés entre eux à ce stade :

– d'une part, un outil de calcul permettant d'évaluer, en euros, les bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique (section 5.2.2 *supra*). Pour rappel, l'utilisation de cet outil est conditionnée à la capacité de renseigner l'hypothèse d'augmentation de l'activité physique dans la population sous la forme d'une part de personnes, adultes et sans maladies chroniques préexistantes, devenant actives (au sens des recommandations de l'OMS) et le restant jusqu'au décès ;

– d'autre part, une grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique (section 5.2.3 *supra*). L'utilisation de cette grille doit permettre de maximiser le potentiel de fréquentation et d'activité physique du lieu aménagé. Cette grille ne permet toutefois pas d'apprécier quantitativement l'activité physique induite par l'aménagement et donc de quantifier la part de personnes devenant actives du fait de l'aménagement.

Ces deux outils sont complémentaires. **Les résultats obtenus à l'aide de l'outil de calcul des bénéfices de santé de l'activité physique peuvent être mobilisés en parallèle de l'utilisation de la grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique**. Ces bénéfices de santé constituent en effet autant d'arguments à prendre en compte et à mettre en regard des éventuels surcoûts qu'engendre la recherche de la maximisation du potentiel d'activité physique lors de l'aménagement d'un espace public (surcoût lié à un choix de localisation pour bénéficier à une population considérée comme étant particulièrement exposée aux facteurs de risque d'inactivité physique, ou tout simplement coût des agrès de sport à aménager et dont il faut assurer la maintenance pour garantir la sécurité des usagers).

Les bénéfices de santé étant collectifs, leur chiffrage peut également permettre de dépasser le cadre de décision local et alimenter des demandes de financement auprès de divers acteurs (agglomérations, Régions, État…)[1].

5.2.5. Recommandations pour être en mesure d'intégrer les bénéfices de santé de l'activité physique dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'aménagement de l'espace public

Mieux évaluer les bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique

Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour améliorer l'évaluation socioéconomique des bénéfices sanitaires de scénarios d'augmentation de l'activité physique proposée à travers

[1] De plus en plus, ce sont des financements tripartites (commune / agglomération, Région, État) qui contribuent au renouvellement urbain porté par l'Anru (Agence nationale de rénovation urbaine).

l'outil de calcul qui est aujourd'hui mis à disposition par le groupe Activité physique (section 5.2.2. *supra*). Leur présentation peut être structurée selon l'objectif poursuivi :

- permettre l'évaluation des bénéfices de santé liés à l'activité physique :
  - à d'autres échelles (locale, dans le temps, ou en distinguant l'activité physique de loisir et l'activité physique effectuée dans un cadre professionnel par exemple) ;
  - pour d'autres catégories de population (enfants / adolescents ou personnes atteintes de maladies chroniques par exemple) ;
  - en considérant d'autres scénarios d'augmentation de l'activité physique (augmentation temporaire de l'activité physique ou augmentation en-deçà des recommandations de l'OMS par exemple) ;
- améliorer :
  - la prise en compte des comorbidités entre pathologies attribuables à l'inactivité physique ;
  - l'estimation des coûts des pathologies attribuables à l'inactivité physique.

Ces pistes ne peuvent être concrétisées que sous réserve de prérequis indicatifs identifiés dans le tableau suivant.

L'atteinte de ces objectifs permettrait de réaliser une évaluation des bénéfices de santé sur plusieurs années d'augmentations différenciées de l'activité physique, y compris des augmentations temporaires. Cela permettrait par conséquent d'évaluer les bénéfices de santé liés à l'activité physique d'un projet donné d'aménagement de l'espace public. Pour que cette évaluation puisse être faite *ex ante*, il reste néanmoins nécessaire de savoir prévoir l'augmentation de l'activité physique induite par l'aménagement. D'autres travaux sont à entreprendre pour progresser sur cet axe. Ils sont discutés dans le point suivant.

Tableau 34 – Recommandations pour améliorer l'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé de scénarios d'augmentation de l'activité physique

Objectif	Sous-objectif	Prérequis
A.1 Permettre une évaluation à d'autres échelles que celle considérée actuellement	A.1.1 Permettre une évaluation locale.	Mesurer des taux de prévalence de l'(in)activité physique à l'échelle des régions.
		Différencier les données épidémiologiques (taux de mortalité et d'incidence des pathologies) à l'échelle des régions[1].

[1] Pour rappel, à ce jour, les données mobilisées issues de l'étude GBD France 2018 de l'OMS résultent d'un modèle calibré sur des données régionales au sens de l'OMS, ou suprarégionales, qui peuvent s'écarter des données produites par les systèmes de surveillance épidémiologique nationaux. Une étude GBD française,

dans l'outil (nationale, au temps *t*, et toutes activités physiques confondues).	A.1.2 Permettre l'évaluation d'une stratégie qui réduirait progressivement l'inactivité physique sur plusieurs années.	[Pour établir cette stratégie de réduction de l'inactivité physique : disposer de projections des déterminants de l'activité physique].
		Établir des projections des données épidémiologiques (taux de mortalité, taux d'incidence, durées des pathologies)[1], intégrant notamment les évolutions attendues des facteurs confondants et en premier lieu la sédentarité.
		Établir des projections des coûts médicaux[2].
	A.1.3 Permettre d'évaluer les effets dans un cadre de pratique donné (par exemple loisir ou professionnel)	Différencier les risques relatifs selon le cadre dans lequel l'activité physique est pratiquée[3].
		Différencier les taux de prévalence de l'activité physique selon le cadre dans lequel elle est pratiquée. Cela nécessite de combiner des questionnaires d'activité physique et des capteurs de mouvements pour la mesure de l'activité physique.
A.2 Permettre l'évaluation de bénéfices de santé pour d'autres populations que celle considérée actuellement dans l'outil (adultes sans pathologies chroniques préexistantes).	A.2.1 Permettre l'évaluation des bénéfices de santé d'améliorations de l'activité physique chez les enfants et les adolescents.	Calculer des risques relatifs pour les enfants et les adolescents. Cela nécessite d'intégrer dans les cohortes des sujets âgés de moins de 18 ans et d'allonger la durée des cohortes.
		Estimer des taux de prévalence de l'(in)activité physique chez les enfants. Leur estimation nécessite d'avoir recours à des questionnaires spécifiques[4]. (Pour rappel, les recommandations d'activité physique ne sont pas les mêmes pour les enfants et les adultes (voir OMS 2020)).
		Estimer les durées des pathologies spécifiquement chez les enfants (voir objectif A.5).
	A.2.2 Permettre l'évaluation des bénéfices de santé	Disposer des risques relatifs sur des populations déjà atteintes de maladies chroniques[5], qui tiennent également compte des comorbidités (voir objectif A.4).

sur trois ans, a été lancée en 2021 par Santé publique France, avec la Caisse nationale d'assurance maladie (Gallay *et al*., 2020).

[1] À titre d'illustration, l'OMS a réalisé des projections sur l'évolution des données épidémiologiques du *Global Burden of Disease* entre 2002 et 2030 (Mathers et Loncar, 2006). Une mise à jour de ces projections pour la période 2016-2060 est consultable en ligne sur le site de l'OMS.

[2] Seuls les coûts médicaux sont listés ici puisque les coûts intangibles évoluent principalement avec la durée des pathologies ou le nombre d'années de vie perdues (déjà listées dans le pré-requis précédent). Il peut en effet être considéré que les préférences collectives, qui déterminent les coefficients d'incapacité associés aux pathologies ainsi que les valeurs d'une vie statistique et d'une année de vie, sont relativement stables dans le temps.

[3] Par exemple, Holtermann *et al*. (2012) calculent des risques relatifs pour les arrêts maladie de longue durée différents selon que l'activité est professionnelle (*occupational physical activity*) ou de loisir (*leisure-time physical activity*).

[4] Pour rappel, l'enquête Esteban 2014-2016 donne déjà des résultats pour les enfants âgés de 6 à 17 ans, obtenus à l'aide du questionnaire développé par l'Équipe de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle de Santé publique France.

[5] Voir Inserm (2019).

	d'améliorations de l'activité physique chez des personnes déjà atteintes de pathologies chroniques.	Estimer des taux de prévalence de l'(in)activité physique chez les personnes atteintes de maladies chroniques.
A.3 Permettre l'évaluation d'autres scénarios d'augmentation de l'activité physique que celui considéré actuellement dans l'outil (passage du statut d'inactif à actif et maintien du statut d'actif jusqu'au décès).	A.3.1 Permettre l'évaluation d'améliorations temporaires de l'activité physique.	Pour chaque indicateur de santé, et si cela est pertinent pour différentes classes d'âge, estimer le temps de latence entre l'augmentation de l'activité physique et l'apparition du bénéfice de santé. (Rappel : dans l'outil proposé, il est fait l'hypothèse que les bénéfices sont immédiats par simplification.)
		Pour chaque indicateur de santé, et si cela est pertinent selon la durée de pratique et / ou l'âge auquel l'activité est pratiquée (notamment enfance ou non), estimer le temps de latence entre l'arrêt de l'activité physique et la disparition du bénéfice de santé.
	A.3.2 Permettre l'évaluation d'améliorations de l'activité physique en deçà des recommandations d'activité physique, mais également au-delà des recommandations.	Calculer des risques relatifs associés à des variations de l'activité physique autres que le respect des recommandations de l'OMS[1].
		Caractériser le niveau de pratique d'activité physique de la population autrement qu'à travers le statut d'actif / inactif[2].

[1] Pour la mortalité, la méta-analyse d'Ekelund *et al.* (2019) permet par exemple de chiffrer des risques relatifs pour différentes durées hebdomadaires d'activité physique modérée à intense mais aussi pour différentes durées d'activité physique légère.

[2] Dans l'enquête Esteban 2014-2016, plusieurs indicateurs ont par exemple été considérés. En plus du pourcentage de personnes considérées comme actives au regard des recommandations de l'OMS, un niveau d'activité physique en trois classes est calculé (niveau d'activité physique bas, modéré ou élevé) (voir tableau 1 pour la définition des classes).

A.4 Améliorer la prise en compte des comorbidités entre pathologies attribuables à l'inactivité physique.	Calculer des risques relatifs ajustés (par ex. en distinguant les facteurs de risque, les causes et les séquelles comme c'est pratiqué par l'OMS dans ses études GBD).
	Calculer des coûts ajustés[1] par pathologie (par ex. en distinguant les facteurs de risque, les causes et les séquelles comme c'est pratiqué par l'OMS dans ses études GBD).
A.5 Améliorer l'estimation des coûts des pathologies attribuables à l'inactivité physique.	Différencier la durée de la pathologie selon la catégorie d'âge[2] (en différenciant la durée de l'effet de la durée du traitement d'une part et la durée de la phase aiguë de celle de la phase chronique d'autre part).
	Conduire des études sur le coût des maladies en adoptant une approche par l'incidence.

Source : groupe Activité physique

Être en mesure d'évaluer ex ante *l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public*

L'évaluation *ex ante* de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public passe par le recours à une fonction de prédiction de l'activité physique induite. Les deux prérequis sont donc (voir Tableau 35 ci-dessous) :

– la construction de cette fonction de prédiction de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public ;

– la mise à disposition des données permettant de renseigner *ex ante* les variables explicatives de la fonction en question.

La réalisation de ces étapes de travail doit permettre *in fine* de rentrer les résultats obtenus à l'aide de cette fonction de prédiction de l'activité physique induite dans l'outil d'évaluation des bénéfices de santé de l'activité physique (lui-même amélioré à la suite de la prise en compte des recommandations du Tableau 34) et ainsi d'évaluer, en euros, les bénéfices de santé liés à l'activité physique d'un aménagement donné.

[1] D'après les travaux de Bruno Ventelou, les dépenses de santé des comorbidités sont super additives. Autrement dit, le coût de traitement de deux comorbidités est supérieur à la somme des coûts de chaque morbidité pris isolément.

[2] Pour rappel, le calcul d'une durée de la maladie selon la catégorie d'âge n'est pas possible lorsque la durée est calculée comme étant le ratio entre le taux de prévalence et le taux d'incidence. Les autres approches envisagées par le groupe ne sont valables qu'en l'absence de rémission possible (on aurait durée = âge moyen au décès – âge moyen au diagnostic) ou sous la contrainte de la disponibilité du modèle DISMOD (on aurait durée = 1/ probabilité de sortie de l'état « maladie » (celle-ci dépend de trois flux : rémission, mortalité spécifique et mortalité générale)) (voir Encadré 3).

Tableau 35 – Recommandations pour permettre *ex ante* la quantification de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public

Prérequis	Étapes de travail	Modalités / méthodes
B.1 Construire une fonction de prédiction de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public.	**B.1.1** Identifier le **périmètre** géographique à considérer.	Mesurer des **élasticités à la distance / au temps ou au coût de trajet** de la pratique d'activités physiques dans l'espace public[1].
	B.1.2 Sur ce périmètre, **identifier les *principaux* déterminants** de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public.	Réaliser des enquêtes de type ***Discrete choice experiment*** pour être en mesure d'apprécier l'importance relative de différentes variables (telles que les attributs de la grille d'aide à la conception d'un aménagement de l'espace public favorable à l'activité physique proposée ici : superficie, verdure, accessibilité physique et temporelle, équipements de confort ou dédiés à l'activité physique, etc.).
	B.1.3 Sur la base des principaux déterminants, sélectionner un **échantillon de sites représentatifs.**	
	B.1.4 Sur ces sites, **quantifier les liens de causalité** entre les principaux déterminants (identifiés ci-dessus) et l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public.	Conformément à la **méthode « différence de différence »**, réaliser des **observations de terrain** (protocole SOPARC, mesures avec accéléromètres[2]) et des **enquêtes de terrain** (incluant des questions sur les déplacements d'activité et plus largement sur l'activité pratiquée en dehors de l'aménagement étudié) **avant / après** aménagement sur un échantillon représentatif d'espaces publics (**aménagés et non aménagés**).
		Prolonger ces études avec des **enquêtes longitudinales** suffisamment longues pour être en mesure d'apprécier le maintien, ou non, dans le temps de l'activité physique induite par l'aménagement.
B.2 Mettre à disposition des bases de données mobilisables pour l'application de la fonction de prédiction ci-dessus.	**B.2.1** Généraliser la **remontée d'informations**.	**Formater** les informations à faire remonter de manière à permettre un calcul simple des indicateurs retenus comme variables explicatives de l'activité physique induite par un aménagement de l'espace public (par exemple, densité de lieux de pratique d'activités physiques à une échelle donnée).
		Encourager la remontée d'informations en facilitant le processus (par exemple, plateformes en ligne ou mutualisation avec des démarches déjà existantes) et en organisant des réunions d'échanges de pratiques.
	B.2.2 Constituer des **bases de données** et les diffuser, tout en anticipant leur besoin de mise à jour.	

Source : groupe Activité physique

[1] Des travaux scientifiques ont déjà estimé des élasticités pour la pratique d'activités physiques de manière générale (Anokye *et al*., 2014) ou encore pour une pratique dans des parcs (Toftager *et al*., 2011) ou des équipements sportifs traditionnels (Karusisi *et al*., 2013).

[2] L'indicateur retenu pour caractériser l'activité physique induite doit être identique à celui utilisé dans l'outil d'évaluation des bénéfices de santé de l'activité physique.

CHAPITRE 3

RECOMMANDATIONS

1. Appropriation et adaptation des outils d'évaluation existants

1.1. Intérêts des outils d'évaluation des effets de santé des investissements publics

Pour rappel, l'objectif de l'évaluation socioéconomique est d'apprécier, avec des critères plus transparents, l'utilité des choix et l'intérêt collectif des projets d'investissement public ou des politiques publiques, voire de les comparer de ce point de vue. Cette évaluation est d'autant plus nécessaire qu'il s'agit de fonds publics, par nature rares.

Bien que la construction d'outils et de valeurs clés en main repose sur des choix méthodologiques et des hypothèses parfois simplificatrices, leur utilisation permet de **faciliter l'intégration à l'évaluation socioéconomique *ex ante* des effets de santé qui, en l'absence d'outils et de valeurs, ne seraient pas comptabilisés**, comme si la santé humaine ne comptait pas pour prendre des décisions de politiques publiques et faire des choix d'investissements publics. Cette restriction du champ d'appréciation du projet ou de la politique n'aide d'ailleurs pas à une meilleure acceptabilité des interventions par la collectivité.

Jusqu'à présent, des outils clés en main étaient disponibles pour une première intégration :

- des effets sur la santé liés à l'insécurité, au bruit et à la pollution atmosphérique dans les évaluations de projets d'infrastructures de transport **à condition** de savoir renseigner *ex ante* un nombre de kilomètres parcourus par mode de transport avant et après projet (voir les travaux de la Commission Quinet de 2013) ;
- des effets sur la santé liés à l'activité physique, la pollution de l'air et l'accidentalité dans les évaluations de projets d'investissement ou de politiques publiques de promotion des modes actifs **à condition** de savoir caractériser *ex ante* les déplacements (distances parcourues, temps de trajets ou répartition modale) avant et après projet / politique (voir l'outil Heat de l'OMS) ;

- des effets sur la santé liés à la pollution de l'air extérieur de tous types de projets d'investissement public ou de politiques publiques **à condition** de savoir renseigner *ex ante* une variation d'émissions exprimée en tonnes de polluants attribuable au projet ou à la politique (voir le coût à la tonne de polluant du *Handbook* de la Commission européenne par exemple).

Grâce au travail conduit ici, **des outils clés en main sont désormais disponibles** pour une première intégration :

- des effets psychologiques dans les évaluations de programmes d'actions de prévention des inondations **à condition** de savoir renseigner *ex ante* le nombre de personnes en zone inondable (selon le type de logement et la hauteur d'eau) avant et après projet (voir l'application « Inondations » de ce rapport, section 2 du Chapitre 2) ;
- des effets sur la santé liés aux températures intérieures basses dans les évaluations d'actions de rénovation énergétique des logements **à condition** de savoir renseigner *ex ante, a minima*, le nombre de logements inefficaces au plan énergétique avant et après projet (voir l'application « Inefficacité énergétique des logements » de ce rapport, section 3 du Chapitre 2) ;
- de la gêne causée par le bruit dans les évaluations de tous types de projets d'investissement **à condition** de savoir renseigner *ex ante* le nombre de personnes exposées par niveau sonore avant et après projet, ce qui reste cependant rarement le cas (voir le coût par personne exposée dans l'application « Bruit de chantier » de ce rapport, section 4 du Chapitre 2) ;
- des effets sur la santé liés à l'activité physique dans les évaluations de tous types de projets d'investissement ou de politiques publiques **à condition** de pouvoir renseigner *ex ante* la part de personnes inactives (au sens des recommandations de l'OMS) avant et après mise en place du projet ou de la politique, ce qui reste délicat (voir l'application « Activité physique dans l'espace public » de ce rapport, section 5 du Chapitre 2).

Si elle est répliquée sur différents cas, l'approche proposée dans l'application « Bruit de chantier » de ce rapport (section 4 du Chapitre 2) devrait également permettre de disposer, à terme, d'outils permettant d'intégrer le coût, pour les riverains de chantiers, de la gêne causée par le bruit, dans les évaluations de tous types de projets d'investissement en ne renseignant *ex ante* qu'un nombre de jours de chantier par phase de travaux.

Par ailleurs, une **valeur monétaire** était déjà disponible pour évaluer le bénéfice / coût en matière de mortalité de n'importe quel projet ou politique dès lors qu'il est possible de quantifier *ex ante* un nombre de décès évités ou causés (voir la valeur tutélaire d'une vie statistique, Quinet, 2013).

Grâce au travail conduit ici, des **valeurs monétaires** sont maintenant disponibles pour différents événements de morbidité (état de stress post-traumatique, syndrome coronaire aigu, AVC, diabète, cancers, BPCO, Alzheimer, Parkinson, etc.).

Les objectifs de l'utilisation la plus large possible de ces outils et valeurs sont principalement :

- dans une démarche d'amélioration continue, de **bénéficier de retours d'expérience (REX)** suffisamment nombreux pour, sur cette base et en fonction de l'amélioration des connaissances disponibles (voir section 2.1. *infra*), pouvoir améliorer les outils. Dans les REX, il s'agit également de justifier tout écart à la méthode proposée le cas échéant et présenter les résultats obtenus avec la méthode recommandée et avec la méthode retenue comme alternative de manière à pouvoir apprécier l'impact d'un écart à la méthode recommandée ;
- sur cette base, **d'homogénéiser les pratiques** et ainsi de remplacer les tentatives exploratoires (isolées de ce fait), et par conséquent difficilement appréciables positivement ou négativement ;
- *in fine*, d'**aller vers la normalisation de ces outils** pour renforcer encore leur crédibilité et donc leur utilisation (dans la lignée de ce qui est déjà proposé avec, par exemple, le guide méthodologique sur l'analyse multicritère des projets de prévention des inondations ou encore le référentiel méthodologique pour l'évaluation des projets de transport).

Dans certains cas, toutefois, le porteur de projet, bureau d'études ou service de l'État ne dispose pas d'outil opérationnel explicitement dédié à l'évaluation socioéconomique *ex ante* à exécuter. Compte tenu de l'objectif poursuivi par une telle évaluation (voir *supra*), l'incertitude qui entoure les résultats d'études existantes ou leur transfert à un autre contexte que celui de l'étude ne devrait cependant pas conduire à exclure ce qui ne saurait pas être évalué de façon parfaite. Une première prise en compte, même imparfaite, constitue en effet en pratique une réelle avancée pour le calcul socioéconomique et aide à la prise de conscience de son intérêt. Cette première évaluation peut en outre être ajustée en identifiant et en appréciant autant que possible les risques de sous-estimation ou de surestimation à l'aide de l'analyse d'incertitude qui reste recommandée, quelles que soient les méthodes et données sur lesquelles repose l'évaluation.

Ceci étant, **il est recommandé de s'interroger sur les possibilités de mobiliser dans d'autres contextes les outils déjà développés**, sachant qu'en l'absence de pratique d'évaluation dédiée à un contexte donné et en l'absence de transfert d'une méthode ou d'une démarche à d'autres contextes, les effets de santé sont considérés comme nuls dans les évaluations. Pour éviter de se trouver dans cette situation, développer des outils d'évaluation ou procéder à des évaluations doit impliquer d'accepter de faire des

hypothèses supplémentaires, dans l'attente d'outils plus adaptés. À titre d'illustration, les valeurs Quinet de la pollution atmosphérique et du bruit (exprimées, pour rappel, par véhicule.kilomètre), initialement élaborées pour alimenter les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'infrastructures de transport, sont aujourd'hui largement mobilisées dans les évaluations socioéconomiques de projets pour lesquels il est possible d'anticiper, à partir d'hypothèses fondées scientifiquement (au moins partiellement), des modifications dans les déplacements (par exemple, l'évaluation de la mise en place de services publics en ligne dans les Hautes Alpes, De Brux et Brûlebois, 2017).

Si les résultats des quatre applications thématiques retenues par le groupe de travail montrent que l'évaluation des coûts et bénéfices sanitaires est possible, qu'elle aboutit à des montants significatifs et qu'elle éclaire la décision publique (voire contribue à la déterminer), ils offrent aussi des possibilités et des pistes d'intégration des effets de santé dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de divers projets d'investissement public ou de politiques publiques, au-delà de ceux pour lesquels ils ont été élaborés initialement. La section suivante propose à cette fin une première liste, par nature non exhaustive, de domaines ou secteurs qui pourraient ainsi bénéficier d'un transfert des approches ou résultats du groupe de travail.

1.2. Transferts et prolongements possibles des outils d'évaluation et valeurs monétaires élaborés par le groupe de travail

Des caractéristiques liées à l'intervention étudiée (par exemple, bien public ou bien privé), à la nature de l'exposition (notammentchoisie ou subie, unique ou répétée) et au type d'effets de santé associés sont apparus comme susceptibles de conditionner la capacité à transférer des outils ou valeurs existants.

Dommages psychologiques des inondations

Dès lors que le projet évalué permet de réduire l'exposition au risque d'inondation (par exemple, prise en compte du risque inondation dans un projet d'urbanisme) et qu'il est possible de cartographier l'aléa (hauteur d'eau) avec et sans projet, il est possible d'évaluer les dommages psychologiques évités par la réduction du risque inondation directement à l'aide de la méthode proposée dans ce rapport (voir section 2.2.3. du Chapitre 2) (le cas échéant, en faisant une hypothèse sur la répartition des habitants entre logements de plain-pied ou non si l'information n'est pas disponible).

La valeur monétaire d'un état de stress post-traumatique (ESPT) produite par le groupe[1] peut aussi être utilisée pour l'évaluation :

– d'autres politiques de prévention de risques susceptibles également d'être à l'origine d'un traumatisme (qu'il s'agisse de risques naturels de type avalanches, effondrement de cavités souterraines, tremblements de terre, etc., ou encore de risques industriels comme l'explosion d'AZF à Toulouse) ;

– de politiques de sécurité routière (ex. accidents), sécurité au travail (ex. risques d'accidents ou de contamination), sécurité en ville (ex. agressions), sûreté (ex. terrorisme), etc. ;

– de programmes, voire de modalités d'intervention ou d'organisation de gestion de crise, tels que ceux des services départementaux d'incendie et de secours (SDIS).

Effets sur la santé des températures intérieures basses des logements

La méthode d'évaluation des bénéfices de santé des actions de rénovation énergétique proposée dans ce rapport (voir section 3.2.3. du Chapitre 2) peut être utilisée pour évaluer tout type de projets qui permettent de faire sortir des personnes de la précarité énergétique, tels que la construction de logements sociaux ou des projets de requalification de copropriétés dégradées qui devraient permettre, y compris par ricochet, de reloger des personnes en situation de précarité énergétique.

La problématique des températures intérieures basses n'est par ailleurs pas limitée aux logements « classiques ». Elle peut être rencontrée, dans d'autres contextes, sur les campus universitaires, les prisons, les Ehpad, etc. Elle peut également être liée à d'autres facteurs que l'inefficacité énergétique intrinsèque du logement, notamment la dégradation, le cas échéant temporaire, de l'habitat et/ou des équipements de chauffage, suite à une catastrophe naturelle (inondations, par exemple), en particulier lorsque celle-ci a lieu en hiver.

Au-delà de la question des moisissures, souvent liées aux températures intérieures basses, qui a été écartée ici, il conviendrait, dans un contexte de changement climatique avec des vagues de chaleur plus fréquentes et intenses qu'auparavant, de transposer l'approche proposée dans le rapport aux **températures élevées**, d'une part parce qu'il est démontré qu'elles peuvent également être liées à l'inefficacité énergétique du logement et d'autre part parce que ce sont les mêmes personnes qui sont les plus vulnérables au froid et à la chaleur (notamment les personnes âgées ou les malades).

Plus largement, les conditions de logement sont associées à **d'autres risques** également susceptibles d'avoir des effets sur la santé et qui justifieraient une attention particulière

[1] Voir point « Estimation du coût d'un état de stress post traumatique » de la section 2.2.2. du Chapitre 2.

dans le cadre d'une évaluation des bénéfices de la rénovation d'un logement. À titre d'illustration, on peut recenser la présence de plomb (saturnisme) ou d'autres polluants chimiques qui déterminent à la fois la qualité de l'air intérieur et le risque d'intoxications (monoxyde de carbone), l'insécurité dans le logement (éclairage inadéquat, surfaces irrégulières, escaliers dégradés, etc.) et les risques d'accidents (chutes, incendies, électrocution, etc.), la pollution sonore (à l'extérieur ou l'intérieur du logement), etc. Pour rappel, la méthode anglaise « *Housing health and safety rating system* » (HHSRS) répertorie 29 risques pour la santé et la sécurité associés au logement ; de même, le Domiscore, en France, répertorie 16 thématiques permettant de repérer des situations à risque dans les logements (voir section 3.1.2. du Chapitre 2).

Enfin, les conditions de logement peuvent également affecter les **performances scolaires** en déterminant les conditions de travail des élèves à la maison. Au-delà du logement, des problématiques similaires de santé et de réussite scolaire peuvent être rencontrées pour les **bâtiments scolaires**. Ainsi, la performance de ces structures joue sur les mêmes risques associés au logement ayant été mentionnés dans ce rapport, par le biais des températures intérieures, de la qualité de l'air ou encore de la pollution sonore[1].

Gêne causée par le bruit de chantier

Les outils qui ont vocation à être développés pour être en mesure, à terme, d'intégrer le coût du bruit des chantiers dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* (en répliquant sur d'autres sites la démarche suivie par le groupe de travail sur un cas d'étude, voir section 4.2.3. du Chapitre 2) devraient pouvoir être utilisés pour tout type de projet ayant une phase chantier, mais aussi chaque fois qu'une décision permet d'éviter un chantier, de réduire sa durée[2] ou de localiser un chantier dans une zone susceptible d'exposer moins de personnes (par exemple, réhabilitation plutôt que construction neuve) ; le tout en conciliant la décision avec des objectifs de réduction de l'artificialisation et de renouvellement urbain.

L'approche proposée sur le bruit pourrait, de plus, être utilement adaptée pour évaluer le coût **d'autres nuisances causées par un chantier**, de type pollutions de l'air, vibrations, le cas échéant accidentalité, etc., en faisant progresser les connaissances sur ces thématiques qui sont aujourd'hui plus ou moins matures. Il importe effectivement de ne pas sous-estimer un effet au motif qu'il ne serait que temporaire. Plusieurs mois, voire

[1] Par exemple, Levain *et al*. (2015) étudient l'impact de l'exposition au bruit en façade des bâtiments scolaires sur la performance des élèves de CE2.

[2] Les « bases vie » peuvent également faire office de « mur anti-bruit » si elles sont astucieusement placées sur le chantier. Il convient aussi de s'interroger sur l'importance de la coordination entre les interventions successives sur un chantier (par exemple des déviations successives des réseaux avec remise en état intermédiaire).

plusieurs années, de chantier correspondent à une nuisance effective. De plus, il revient à l'évaluateur de ne pas relativiser les nuisances des chantiers au motif que l'investissement ou l'aménagement répond à un objectif d'intérêt général. Intégrer la phase chantier dans les évaluations socioéconomiques permettrait d'éviter cet écueil.

Par ailleurs, **d'autres populations** pourraient, sous certaines conditions, être considérées lors de l'intégration du coût du bruit des chantiers dans les évaluations. Si seuls les effets sur la santé des riverains autour du chantier sont pris en compte dans l'approche retenue par le groupe, les ouvriers travaillant sur les chantiers sont également exposés à des niveaux de bruit autant sinon plus élevés que les riverains (étant donné leur proximité immédiate des sources d'émission) et ce, de manière répétitive en raison de leur intervention successive sur différents chantiers. Ils sont donc exposés à des effets sur la santé aussi bien extra-auditifs (stress ou risque accru d'accidents) qu'auditifs (troubles de l'audition), bien qu'ils bénéficient d'un cadre réglementaire et de mesures de protection (casques anti-bruit notamment). Il convient ainsi de s'interroger sur la prise en compte dans les évaluations des effets spécifiquement subis par les travailleurs sur les chantiers, en gardant néanmoins à l'esprit qu'un scénario de référence fixé conventionnellement en situation de plein emploi revient à considérer que les travailleurs auraient été exposés sur un autre chantier en l'absence du projet évalué.

Bénéfices de santé de l'activité physique

Les leviers de promotion de l'activité physique sont divers. Ceci étant, l'outil d'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé d'une réduction de l'inactivité physique dans la population (voir section 5.2.2. du Chapitre 2) peut être utilisé pour de nombreuses applications, de manière plus ou moins intuitive, et notamment :

– des politiques de promotion des déplacements actifs ;

– des projets d'aménagement de l'espace public (dont les espaces verts) et de tous types de lieux de vie collectifs : établissements pénitentiaires, écoles, campus universitaires, Ehpad, mais aussi zones d'activité, centre d'affaires, espaces intérieurs (ex. ascenseurs/escaliers) ou extérieurs communs d'habitats collectifs (ex. espace vert attenant à une résidence) ;

– des programmes de promotion de l'activité physique auprès de publics captifs temporaires ou permanents : dans les écoles, les établissements pénitentiaires, les établissements hospitaliers de moyen séjour, les Ehpad ;

– l'accueil de compétitions sportives nationales, voire internationales. À titre d'illustration, l'évaluation socioéconomique des Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024, demandée par la délégation interministérielle, offrira notamment l'occasion de s'interroger sur l'incidence que peut avoir la mise en exergue médiatique d'une pratique sportive de haut niveau sur une pratique quotidienne d'activité physique.

2. Amélioration continue de la boîte à outils d'évaluation des effets de santé des investissements publics

Les outils aujourd'hui élaborés dans le cadre de ce groupe de travail offrent des possibilités d'intégration des effets de santé dans les évaluations socioéconomiques de divers types de projets d'investissement public ou de politiques publiques comme vu précédemment (voir section 1.2. *supra*), mais ils doivent être évolutifs pour rester en phase avec la réalité sociale et économique, les avancées dans la connaissance et les données disponibles (voir section 2.1. *infra*). Il est également utile, voire nécessaire, de construire de nouveaux outils pour des domaines ou secteurs où le transfert d'outils déjà existants n'est pas pertinent (voir section 2.2. *infra*).

2.1. Prérequis pour l'amélioration des outils d'évaluation existants

Dans une démarche d'amélioration continue, il convient généralement de tenir compte :

- de la mise à disposition de nouvelles données et de l'amélioration des connaissances à toutes les étapes de la chaîne d'effets (voir section 2.1.1. *infra*) ;
- de nouveaux critères d'évaluation d'un projet d'investissement public ou d'une politique publique (voir section 2.1.2. *infra*).

Afin de capitaliser autant que possible sur les pistes envisagées pour la première version des outils mais non concrétisées, le groupe formule ici des préconisations concernant des travaux de recherche à conduire ou des données à collecter.

Pour garantir cette démarche d'amélioration continue, le groupe de travail s'est aussi efforcé :

- de **rendre transparent l'ensemble de la démarche de construction des outils**, de manière à permettre ultérieurement une réappropriation facile des travaux et réflexions par d'autres acteurs ;
- de réduire autant que faire se peut **le coût de la mise à jour régulière des outils** en donnant accès aux résultats intermédiaires et en offrant la possibilité de modifier certains paramètres directement dans les fichiers Excel mis à disposition – bien que l'avantage de ces outils, pour leurs utilisateurs, est de synthétiser plusieurs niveaux d'information sans nécessité de les maîtriser tous (par exemple, valeur monétaire et part respective des différentes pathologies associées au phénomène étudié).

Cela dit, si les dates de mise à jour des outils dépendront directement des avancées dans la connaissance et des pratiques d'évaluation, elles doivent être fixées en amont de manière à garantir qu'elles soient effectivement réalisées, mais sans pour autant pénaliser l'appropriation des outils par les acteurs, par des mises à jour trop fréquentes par exemple.

Prise en compte de nouvelles données ou connaissances

Les nouvelles connaissances à intégrer sont de divers types.

a) Connaissance des liens entre le projet ou la politique évalués et les déterminants de santé (au sens de la Figure 5)

De manière générale, pour faire progresser les connaissances sur les incidences des projets d'investissement public ou politiques publiques, le groupe de travail préconise :

- **de systématiser les évaluations socioéconomiques *ex post*** (en les rendant obligatoires au-delà d'un certain montant d'investissement, par exemple) et, dans ces évaluations :
  - d'être transparent sur les données mobilisées, la méthode employée et, le cas échéant, les hypothèses formulées ;
  - de proposer une analyse des facteurs explicatifs des résultats les plus importants (qu'il s'agisse ou non de caractéristiques propres au projet ou à la politique étudiée) ;
  - de lister les principales limites et points de vigilance pour l'interprétation des résultats.

Un cadre d'évaluation *ex post* pourrait être proposé. Les évaluations *ex post* pourraient être répétées dans le temps (sur un même projet ou pour un ensemble de projets similaires) afin d'être en mesure d'apprécier les impacts à plusieurs échelles de temps (court, moyen et long terme) et d'identifier, entre autres, les éventuels **changements de préférences** influençant les comportements qui déterminent directement l'incidence d'un projet d'investissement public ou d'une politique publique sur les déterminants de santé (par exemple, aversion au risque perçu qui détermine les comportements lors d'une inondation, préférence pour le confort dans le logement qui induit un éventuel effet rebond post-rénovation énergétique, etc.). Reproduire des évaluations sur des projets similaires dans le temps est par ailleurs particulièrement justifié quand une forme prise par le **progrès technique** paraît susceptible de jouer sur l'incidence d'un projet d'investissement sur un déterminant de santé (engins de chantier moins bruyants ou meilleure isolation contre ces bruits, systèmes de chauffage ou d'isolation plus performants, etc.).

- **d'encourager la remontée d'information auprès des financeurs et des autorités publiques compétentes, à la fois sur :**
  - **les déterminants de santé** (exposition au bruit, niveau d'activité physique, etc.) susceptibles d'être modifiés par la mise en place du projet d'investissement ou de la politique publique, afin de disposer de cartographies relatives à l'état de ces

déterminants en amont du projet ou de la politique (état initial avant réalisation du projet) ;

– **les projets d'investissement et de politiques publiques.** L'analyse de ces informations devra permettre d'apprécier la représentativité des projets et politiques pour lesquels on dispose d'évaluations *ex post* et la pertinence d'effectuer des transferts de résultats.

Ceci étant dit, il convient ici de s'assurer, d'une part, que les déterminants de santé sont bien pris en compte dans les évaluations socioéconomiques *ex post* réalisées et, d'autre part, que les caractéristiques propres aux projets d'investissement et aux politiques publiques évalués étant susceptibles d'avoir une influence sur l'évolution des déterminants de santé soient bien renseignées dans les données remontées.

Dans un souci d'intégrer des enjeux d'équité, il serait par ailleurs judicieux, lorsque cela est pertinent, de **différencier les résultats selon des catégories de population déjà plus ou moins exposées** (voir section suivante).

Concernant les quatre applications étudiées dans le rapport, des efforts (en matière de collecte de données, de mise en place de projets de recherche, etc.) seraient justifiés, selon le groupe de travail, en particulier pour :

- **Inondations** : évaluer l'impact d'un Papi sur les variables susceptibles d'expliquer un effet de santé post-inondation (notamment, sans être limitatif, l'impact psychologique de type ESPT) autre que la hauteur d'eau (délai d'évacuation, durée du logement temporaire, temps d'attente avant relogement, etc.) ;
- **Inefficacité énergétique des logements** : évaluer l'impact *dans le temps* d'une rénovation énergétique sur la précarité énergétique (qui résulte de l'association entre des ressources du ménage insuffisantes et l'inefficacité énergétique du logement) en intégrant le fait que l'évolution des prix des énergies est susceptible de faire basculer à nouveau un ménage dans la précarité énergétique après une rénovation qui s'avère insuffisamment ambitieuse ; ou encore être en mesure d'intégrer un critère de revenu lors du ciblage des logements susceptibles de causer des effets de santé (voir Encadré 12) afin de ne pas exclure de l'analyse les ménages en situation de précarité du fait de leurs faibles revenus bien que dans un logement étiqueté D ou E par exemple ;
- **Bruit de chantier** : constituer une base de données représentative à l'échelle nationale permettant de dresser une typologie de chantiers pertinente au regard du bruit occasionné et d'associer à chaque phase de travaux de chaque type de chantier une journée « type » facile à modéliser ensuite (types d'engin et leur fonctionnement) ; ou encore apprécier l'effet de mesures de réduction du bruit (mur anti-bruit, phasage du chantier, etc.) sur les niveaux d'exposition des riverains et des travailleurs ;

- **Activité physique dans l'espace public** : apprécier, d'une part, la répartition entre activité physique reportée (depuis un autre lieu) et l'activité physique induite suite à l'aménagement de nouveaux lieux de pratique (cela peut passer par une étude plus fine des déterminants de l'activité physique comme par l'estimation d'élasticités à la distance de la pratique d'activité physique) et, d'autre part, la durée du maintien dans le temps de l'augmentation d'activité physique induite par un aménagement.

b) Connaissances des liens entre déterminants de santé et indicateurs de santé

Pour faire progresser les connaissances des liens entre déterminants de santé et indicateurs de santé, il est nécessaire, en plus d'encourager la remontée d'information sur les déterminants de santé, de **multiplier les enquêtes étiologiques**, qui permettent d'établir des liens de causalité entre un facteur d'exposition (ou déterminant de santé, tel que la pollution de l'air, le bruit, l'inactivité physique, etc.) et une pathologie. Ces enquêtes doivent, dans la mesure du possible, être menées en France ou dans des contextes proches, en faisant éventuellement évoluer le traitement des facteurs confondants. À noter à ce sujet que le récent rapport interministériel intitulé *La santé-environnement. Recherche, expertise et décision publiques* recommande « d'accélérer la mise en relation des données environnementales et de santé » (CGEDD, IGAS, IGF *et al.*, 2020).

Toujours dans l'optique d'intégrer des enjeux d'équité, il serait par ailleurs appréciable de concevoir ces enquêtes de manière à pouvoir **disposer de résultats différenciés selon des catégories de population plus ou moins vulnérables** (voir section suivante).

Concernant les quatre applications étudiées dans le rapport, le groupe de travail juge que des efforts particuliers seraient justifiés notamment pour :

- **Inondations :** systématiser un suivi des populations post-inondation dans le temps[1] pour mieux apprécier la probabilité de subir un effet de santé (impact psychologique et autres effets de santé de type blessures) et être en mesure de différencier cette probabilité selon la hauteur d'eau atteinte et toutes autres variables pertinentes (délai d'évacuation, durée du relogement, etc.) sur lesquelles un effet du Papi pourrait être estimé (voir *supra*) ;
- **Inefficacité énergétique des logements** : réévaluer le lien entre d'une part la consommation d'énergie et les caractéristiques des occupants (revenu notamment) et d'autre part la probabilité d'un effet délétère sur la santé en distinguant les énergies de chauffage et le type de logement (individuel *versus* collectif) et en intégrant un ensemble plus large d'effets sur la santé que les quatre effets retenus dans les travaux

[1] Extrait du guide CGEDD et Cerema (2019) : « Dans la mesure où il n'apparaît pas possible de recenser ces traumatismes au lendemain de la crise (dans la mesure où ils peuvent n'apparaître qu'à moyen ou long terme), il est important que les démarches « APRÈS inondation » soient l'occasion de récolter ces informations qui permettront par la suite d'estimer les impacts psychologiques causés par la catastrophe. »

du service des études médicales d'EDF basés sur une méthode anglaise réalisés avec la R & D d'EDF, l'université de Warwick et la société Cemka[1] ;

- **Bruit de chantier** : construire des courbes dose-réponse adaptées au contexte européen pour la gêne, les troubles du sommeil et les maladies cardiovasculaires spécifiques au bruit de chantier ;
- **Activité physique dans l'espace public** : disposer de risques relatifs pour des populations spécifiques telles que les enfants/adolescents ou les personnes atteintes de maladies chroniques, et qui tiendraient compte du cadre dans lequel l'activité physique est pratiquée (loisir *versus* cadre professionnel) et pouvoir mesurer le gain de santé induit par une augmentation temporaire d'activité physique en fonction de l'âge (par exemple, par tranche de cinq ans).

c) Connaissances permettant de construire des valeurs monétaires des effets de santé

Enfin, plusieurs pistes identifiées par le groupe de travail doivent être envisagées pour :

- mettre à jour les recommandations du gouvernement pour la valorisation monétaire de la mortalité, et notamment :
  - **réinterroger les méthodes d'estimation et les montants des valeurs tutélaires de la vie statistique (VVS) et de l'année de vie (VAV)** au regard des dernières études (par exemple sur l'évolution de la VVS avec l'âge) et des préférences de la société qui ont été révélées récemment, notamment dans le cadre de la crise sanitaire du Covid-19[2] ;
  - statuer sur les **conditions d'utilisation de la VVS et de la VAV** (pour quels types de population ? quels types de risque ?).
- disposer de valeurs monétaires pour la morbidité, et notamment :
  - permettre une **approche par l'incidence** et lancer des études longitidunales permettant d'apprécier **la durée des pathologies**, le cas échéant en distinguant une durée spécifique au traitement utile pour le calcul du coût médical et une durée totale de la pathologie utile pour le calcul du coût intangible. Cette estimation de la durée devra être mise à jour d'autant plus régulièrement[3] que le progrès technique se traduit

[1] Pour rappel, les quatre effets retenus par le Building Research Establishment (BRE) pour le calcul des coûts médicaux directs de l'inefficacité énergétique des logements au Royaume-Uni et basés sur le système HHSRS sont : l'infarctus du myocarde suivi du décès, l'infarctus du myocarde non suivi du décès, l'infection sévère de l'appareil respiratoire et la pneumonie traitée en ville.

[2] La demande pour la réduction d'un risque dépend du contexte sur l'ensemble des risques auxquels fait face l'individu.

[3] Pour rappel, les données d'incidence et de prévalence des études GBD, à partir desquelles les durées des pathologies ont été estimées par le groupe transversal, sont actuellement obtenues à l'aide de modèles

par une évolution de la durée des maladies avec un diagnostic plus précoce et / ou une réduction de la mortalité et / ou une réduction du temps de traitement. En tout état de cause, le recours à un estimateur plus robuste que le ratio prévalence/incidence permettrait de lever l'hypothèse de stationnarité du système, peu réaliste pour certaines pathologies (pour rappel, l'une des pistes envisagées est de retenir l'inverse de la probabilité de sortie de l'état maladie, voir Encadré 3) ;

- approfondir / statuer sur les fondements théoriques de la **valorisation monétaire d'années de vie ajustées sur la qualité ou sur l'incapacité**[1], et si cette approche reste privilégiée relativement à l'approche par le CAP (voir *infra*) :
  - affiner l'estimation de la valeur monétaire à retenir (en cherchant, entre autres, à expliquer la surestimation de la valeur monétaire par QALY ou DALY par rapport au consentement à payer, CAP) (Ryen et Svensson, 2015) ;
  - améliorer l'évaluation et l'accessibiité des coefficients de qualité de vie ou d'incapacité associés à différents niveaux de sévérité de pathologies ;

- faire une revue critique des méthodes de valorisation des effets qui ont à la fois une composante morbidité et une composante mortalité (par exemple, les cancers) et plus particulièrement s'interroger sur l'intérêt que peuvent avoir les estimations de CAP pour différents profils génériques de pathologies tels que ceux estimés par Cameron et DeShazo (2013) (Encadré 5) ;
- faciliter **l'exploitation des données de l'Assurance maladie** pour l'estimation des coûts marchands (coûts médicaux et indemnités versées) en mettant à disposition des données à fine granularité (plutôt que par exemple « démences dont maladie d'Alzheimer »), en permettant une analyse cohérente avec l'histoire naturelle des maladies[2] et leurs phases (par exemple, phase de diagnostic, phase de contrôle, phase terminale), tout en gardant à l'esprit qu'il est d'autant plus important d'actualiser régulièrement l'estimation des coûts médicaux que le progrès technique peut induire en même temps une baisse des coûts unitaires (médicaments, hospitalisation) et des traitements plus efficaces mais plus coûteux (en cancérologie notamment) ;
- faire progresser les connaissances permettant d'évaluer les **coûts indirects**, en dépassant l'approche du capital humain et ses limites pour les pertes de production

régionaux. Au fur et à mesure que le calcul socioéconomique se développe, d'autres bases de données nationales mériteraient d'être utilisées.

[1] Pour rappel (voir Encadré 6), un pourcentage de la VVS, égal à 1-score d'utilité, peut aussi être retenu pour valoriser des pathologies chroniques sans rémission/guérison. Pour les autres pathologies, le pourcentage à retenir correspondrait au ratio entre le nombre de QALY perdus et l'espérance de vie.

[2] Par exemple, l'histoire naturelle de la maladie cardiaque ischémique est la suivante : angine de poitrine, puis infarctus du myocarde suivi d'une insuffisance cardiaque.

mais aussi en récoltant des données qui permettraient d'apprécier les pertes d'activités domestiques et de loisirs liées à la maladie ;

- selon les méthodes retenues pour évaluer chaque composante de coût pour chaque maladie (coûts médicaux, coûts intangibles, etc.), s'interroger sur les **risques de double-compte** (lors de l'agrégation des composantes de coût de morbidité pour un cas de maladie donnée, mais aussi lors de l'addition des coûts de mortalité et de morbidité dans le cas d'une maladie létale) et formuler des recommandations pour les minimiser.

Intégration d'autres critères d'évaluation

Dépasser le critère d'efficacité dans l'évaluation des politiques publiques et projets d'investissement public répond également à un **enjeu d'acceptabilité** de ces politiques ou projets. Dans cette perspective, le groupe de travail a considéré l'enjeu **d'équité**, qui permet d'identifier les bénéficiaires et les éventuels perdants (les pertes ne peuvent être compensées qu'après avoir été identifiées et une compensation pour les perdants, lorsqu'elle est possible, suppose également de les identifier) de manière à être en mesure de minimiser les contestations et de réduire les coûts associés (réparation de dégradations, retards, etc.).

Là où l'égalité stricte implique que l'ensemble des membres d'une société dispose des mêmes ressources, l'**équité** peut s'apparenter à un principe d'égalité « des chances », en plaçant tout le monde sur « la même ligne de départ » et en offrant à tous les mêmes opportunités, sans pour autant exiger que le point d'arrivée soit le même pour tous (Observatoire des inégalités[1]). Si les documents de cadrage de l'évaluation socioéconomique mentionnent des effets redistributifs (par exemple, rapport Quinet 2013, rapport France Stratégie et DG Trésor, 2017), ils ne proposent aucune méthode pour prendre en compte l'**équité** dans les évaluations socioéconomiques de projet[2].

On parle d'**inégalités** quand « une personne ou un groupe détient des ressources, exerce des pratiques ou a accès à des biens et services socialement hiérarchisés », sous-entendu « et qu'une partie des autres ne détient pas » (Observatoire des inégalités[3]).

En santé, il est admis que les politiques de prévention mises en place (par exemple, dépistage de différents cancers, du VIH, etc.) peuvent avoir des résultats différenciés selon la population. Ainsi, des résultats en moyenne favorables de ces dispositifs sur la détection

[1] Observatoire des inégalités (2021), « Qu'est-ce que l'équité ? », article mis en ligne le 20 février.

[2] À titre de comparaison, dans certains pays, comme aux Pays-Bas, les décisions dans le secteur de la santé se basent sur des analyses coût-efficacité qui modulent la valeur seuil du gain par QALY en fonction de la sévérité de la maladie (20 000 euros, 50 000 euros et 80 000 euros ; la valeur étant d'autant plus élevée que le niveau de sévérité de la maladie est important) (Versteegh *et al*., 2019).

[3] Observatoire des inégalités (2021), « Qu'est-ce qu'une inégalité ? », article mis en ligne le 23 décembre.

et la prise en charge d'événements de santé peuvent cacher un accroissement des inégalités de santé, lorsque certaines catégories de la population n'ont pas pu en bénéficier (soit parce qu'elles ne font pas partie des publics « prioritaires » ciblés par la politique ou qu'elles ont été mal identifiées comme telles, soit par un manque d'accès à l'information sur son existence, soit aussi du fait d'une moindre familiarité culturelle avec les questions de prévention en santé[1]).

En amont de la détection et de la prise en charge des événements de santé, il faut aussi distinguer :

– les **inégalités d'exposition** aux facteurs de risque ;

– les **inégalités de vulnérabilité et / ou de résilience**. La vulnérabilité fait référence aux conditions prédisposant la personne exposée à subir un effet sur la santé. En physique, la résilience désigne la capacité d'un matériau à reprendre sa forme après une déformation. Dès les années 1950, cette notion a été utilisée pour désigner la capacité des personnes à pouvoir vivre des situations difficiles sans que celles-ci les affectent à long terme. Les facteurs de vulnérabilité ou de résilience (revenu, âge, sexe, etc.) constituent autant de variables de contrôle dans l'élaboration des fonctions exposition-risque faisant le lien entre une variation donnée de l'exposition à un facteur de risque et un effet sur la santé.

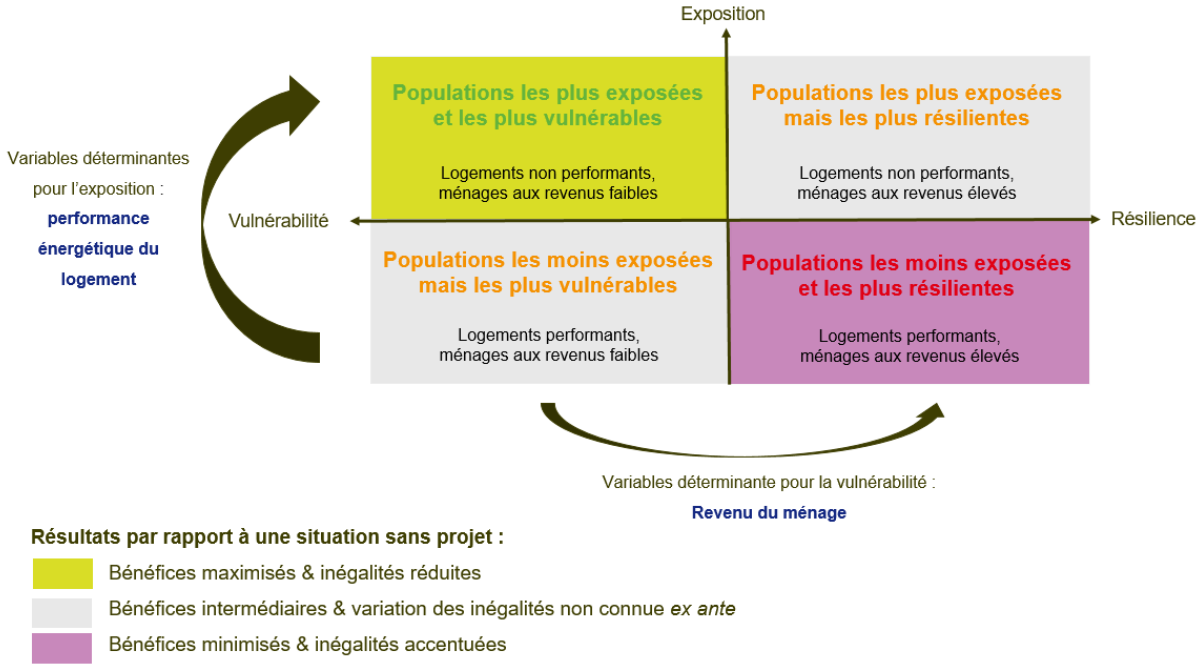
Bien qu'il reste difficile d'identifier les populations les plus exposées à un risque en raison de la diversité des facteurs à prendre en compte (type de polluant considéré, périmètre géographique étudié, mobilité des personnes, déterminants socioéconomiques, etc.), des possibilités de cumul d'exposition (bruit, pollution de l'air, etc.) et d'un manque d'accès à certaines données, les outils d'évaluation socioéconomique des effets de santé de projets d'investissement public ou de politiques publiques permettent, le plus souvent, de tenir compte des différences de niveaux d'exposition. Dans leurs travaux, les groupes thématiques ont d'ailleurs cherché à quantifier les conséquences sur la santé en fonction d'un critère de jugement reposant sur l'exposition (type de logement et hauteur d'eau pour l'impact psychologique d'une inondation, par exemple) ou sur un proxy de l'exposition (consommation d'énergie du logement pour les effets sur la santé d'une exposition à des températures intérieures basses, par exemple).

Moins appréhendés, les facteurs de vulnérabilité/résilience – qui dépassent le seul revenu (âge, localisation, habitudes de vie, etc.) – sont quant à eux rarement pris en compte dans les outils d'évaluation socioéconomique. En considérant une population moyenne du point de vue de la vulnérabilité/résilience, les bénéfices sont alors sous-estimés si le projet ou la politique étudiée cible en réalité des personnes plus vulnérables ou moins résilientes

[1] Les campagnes de dépistage systématique peuvent être ainsi perçues comme des tentatives de soumettre à un traitement davantage de personnes au profit des laboratoires et non de permettre un traitement plus précoce de personnes qui auraient été de toute façon prises en charge.

que la moyenne, et surestimés si le projet/la politique cible en réalité des personnes moins vulnérables ou plus résilientes que la moyenne (voir le cas de la rénovation énergétique de logements sur la Figure 28).

Figure 28 – Bénéfices de la rénovation énergétique des logements selon l'exposition et la vulnérabilité des ménages occupant les logements rénovés



Note : le lecteur est renvoyé à la section 3 du Chapitre 2 dédiée à la thématique de l'inefficacité énergétique des logements pour une explication des facteurs d'exposition et de vulnérabilité retenus ici.

Source : groupe transversal

En l'absence d'outils permettant d'apprécier la sensibilité des résultats d'un projet d'investissement ou d'une politique publique à l'hétérogénéité de la population bénéficiaire, une piste consisterait à **décomposer davantage la valeur actuelle nette (VAN) en quantifiant des effets différenciés entre catégories de population** pour mieux éclairer ces enjeux et les intégrer de manière simple dans les évaluations. Des indicateurs qualitatifs peuvent aussi être associés à la VAN dans les cas où le coût de collecte des données nécessaires à la construction de certains indicateurs est trop élevé. Dans les secteurs pour lesquels l'analyse coûts-bénéfices classique est peu développée, faute de reposer sur des bases de données consolidées, l'intégration d'indicateurs qualitatifs, notamment dans une démarche d'analyse multicritères, permet en effet d'introduire des critères de décision complémentaires à celui de la VAN (tels que des enjeux d'équité) pour compléter la portée de l'analyse tout en identifiant des indicateurs pertinents à traiter qui pourraient, à terme, faire l'objet d'une valorisation. Le risque de négliger ces critères, faute d'avoir pu les valoriser directement, existe néanmoins.

2.2. Construction de nouveaux outils d'évaluation adaptés à un secteur/domaine donné

Secteurs/domaines pour lesquels des outils doivent encore être élaborés

Actuellement, l'évaluation socioéconomique *ex ante* est, pour rappel, obligatoire pour les projets d'investissements publics civils financés par l'État, ses établissements publics, les établissements publics de santé ou les structures de coopération sanitaire, tous secteurs confondus (loi n° 2012-1558 du 31 décembre 2012). En France, elle n'est pas obligatoire pour évaluer les politiques publiques au sens large (comme une réglementation, un programme d'investissement, une disposition fiscale ou plus généralement des dépenses publiques de toute nature, aux échelles des collectivités locales). Le groupe de travail considère comme souhaitable que cette situation lacunaire évolue pour éclairer les choix d'investissements publics et de politiques publiques.

En effet, la méthode d'évaluation socioéconomique peut être en soi appliquée pour évaluer une loi / une réglementation, un programme d'investissement, des dépenses de politiques publiques, à différentes échelles. C'est notamment l'une des attentes du rapport A. Quinet (2019) qui parle d'« usage universel de la valeur de l'action pour le climat ».

Ceci dit, la mise à disposition d'outils clés en main d'évaluation des bénéfices de santé serait utile pour tous les domaines et secteurs faisant l'objet d'évaluations socioéconomiques, afin de s'assurer que des solutions ou politiques d'accompagnement ne soient pas oubliées alors qu'elles permettraient d'accroître la valeur des projets avec un bénéfice de santé. Dans la même optique de mieux apprécier l'intérêt ou le coût collectif d'une dépense, il est nécessaire d'étudier les projets ou les politiques susceptibles d'avoir des effets négatifs sur la santé.

Plusieurs domaines, directement en lien avec les déterminants de santé (voir Figure 5), manquent aujourd'hui d'outils et pourraient être des terrains d'application des méthodes proposées par le groupe de travail : alimentation et agriculture ; changement climatique (événements naturels extrêmes, concentration des pollens et allergènes, pathogènes zoonotiques, etc.) ; pollutions des milieux (autres que l'air) et des produits de consommation ; comportements et modes de vie tels que la consommation de tabac, d'alcool, de psychotropes, ou la sédentarité ; conditions de travail[1], etc.

[1] Se pose notamment la question de l'efficacité des systèmes de prévention ou d'équipements associés à différentes expositions (biologiques, chimiques ou physiques) au-delà des questions habituelles qu'aborde la médecine de prévention au travail. Il a aussi été constaté récemment que le développement du télétravail est également un exemple d'évolution des conditions de travail dont les répercussions sur la santé peuvent être non négligeables (entre autres en ce qu'il induit une réduction des déplacements actifs liés à l'activité professionnelle,ce qui peut aussi aboutir à un temps libre plus important pouvant être dédié à des activités favorables à la santé (activité physique, cuisine, loisirs, etc.).

Retour d'expérience du groupe de travail pour la construction d'outils d'évaluation adaptés à un secteur ou domaine donné

Pour élaborer des outils clés en main permettant facilement d'intégrer la dimension « santé » dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* d'un secteur en particulier, le groupe de travail considère qu'il est nécessaire :

- **de s'appuyer sur des expertises variées** (à condition qu'elles existent) allant de la connaissance des projets et politiques évalué(e)s (Papi, rénovations énergétiques, par exemple) jusqu'à celle des méthodes de valorisation monétaire des effets sur la santé, en commençant par la connaissance fine du phénomène à l'origine des effets sur la santé qui est étudié (bruit, inactivité physique, par exemple) ou encore des liens entre le déterminant de santé affecté et la santé (on dispose déjà de données permettant d'apprécier les bénéfices d'une activité physique sur la réduction de certaines pathologies, par exemple) ;
- **de savoir les rendre complémentaires** :
  - en identifiant, le plus en amont possible des réflexions, dans quelle mesure les contraintes et limites d'un champ de recherche donné conditionnent le recours aux résultats d'un autre champ de recherche ;
  - en sachant faire dialoguer des personnes expertes de domaines très variés, *a priori* éloignés, afin que l'ensemble des experts puisse finalement adhérer aux choix effectués et que les outils proposés bénéficient d'une validation de tous et donc d'une certaine crédibilité, compte tenu de la légitimité de chaque expert à valider les outils ;
- **de disposer d'un regard opérationnel** et suffisamment précis quant à :
  - la disponibilité des données pour l'évaluateur, qu'il s'agisse du porteur de projet, d'un bureau d'étude ou d'un service de l'État ;
  - ses compétences en la matière ;
  - les contraintes qu'il est susceptible de rencontrer pour réaliser l'évaluation (temps et budget limités, par exemple),

tout ceci afin d'anticiper les difficultés d'utilisation des outils à construire.

Pour rappel, l'avantage des outils clés en main pour intégrer les effets sur la santé dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* est qu'ils synthétisent plusieurs niveaux d'information et réduisent ainsi les efforts à consentir par ceux qui les utilisent. Ces efforts sont consentis en amont par ceux qui développent ces outils. Ils consistent notamment, selon le groupe de travail, à :

- **concevoir et dimensionner les outils en fonction des données disponibles pour les porteurs de projet**, par exemple en s'appuyant sur des **indicateurs déjà existants** et renseignés dans les évaluations (dans les travaux présentés ici, c'est le cas des variables retenues pour différencier le pourcentage d'ESPT post-inondation qui sont déjà renseignées dans l'AMC inondation) ou en permettant aux évaluateurs de valoriser les **informations spécifiques dont ils disposent** (c'est le cas pour l'identification des logements inefficaces thermiquement, qui peut être faite par l'évaluateur à partir de la consommation d'énergie si elle est connue, ou à partir du DPE) ;
- **s'assurer de la qualité des études dont on retient les résultats et de la qualité des bases de données mobilisées, en privilégiant :**
  - le recours à des résultats de **méta-analyses** : par exemple, dans les travaux du groupe, ont été retenues la méta-analyse de Chen et Liu (2015) pour le pourcentage d'ESPT post-inondation et celle d'Ekelund *et al.* (2019) pour le risque de mortalité associé à l'activité physique ;
  - des **sources de données** reconnues et communément utilisées : par exemple, le groupe de travail a retenu les études *Global Burden of Disease* de l'OMS pour le calcul des coefficients d'incapacité, de la durée de la maladie et du nombre d'années de vie perdues par pathologie et les cartographies des dépenses et pathologies de l'Assurance maladie pour le calcul des coûts médicaux ;
- **prêter une attention particulière aux conditions de transfert de résultats et de données**, en tenant compte des **facteurs explicatifs des résultats** : par exemple, le groupe de travail n'a pas retenu la courbe dose-réponse spécifique à la gêne causée par le bruit de chantier issue d'un article scientifique asiatique, compte tenu de l'importance des variations susceptibles d'intervenir quant aux facteurs déterminant la gêne entre l'Europe et l'Asie ;
- **respecter les recommandations déjà en vigueur** et notamment mobiliser les **valeurs tutélaires** lorsqu'elles existent (VVS, VAV, etc.) et appliquer les **règles en vigueur pour le calcul socioéconomique** (taux d'actualisation, par exemple) ;
- **minimiser autant que possible les risques de double-compte** (dans l'étape de construction des valeurs monétaires mais aussi lors de l'addition de plusieurs effets de santé) ;
- **refléter les incertitudes** (qui entourent les données d'entrée ou qui sont introduites par les hypothèses nécessaires à la construction d'outils et valeurs clés en main) en fournissant des **intervalles** plutôt que des valeurs uniques (par exemple, dans les travaux du groupe, plusieurs valeurs sont proposées pour le coût d'une journée ou d'une semaine de chantier selon la courbe dose-réponse retenue – bruit routier ou bruit ferroviaire – et plusieurs estimations des bénéfices de santé de l'activité physique sont

proposées selon le champ des pathologies retenues), en appréciant les **risques de sous- ou de sur-estimation** et en réalisant des **analyses de sensibilité**.

2.3. Pistes pour l'évaluateur dans l'attente de la mise à disposition d'outils d'évaluation adaptés à son secteur

S'il s'avère qu'aucun outil d'évaluation socioéconomique disponible clés en main n'est adapté, et dans l'attente de son élaboration, le défi consiste alors à prendre en compte la dimension santé *a minima* à l'aide d'une **approche quantitative mais non monétaire, voire, à défaut, d'une approche qualitative**. Il est en effet rappelé, dès le rapport Boiteux (2001), que dans une évaluation les éléments ne pouvant pas faire l'objet d'une quantification sont évoqués à titre qualitatif, non pas pour les considérer comme secondaires, mais pour indiquer que tous les effets doivent être traités. Pour ce faire, il est possible :

- de mobiliser certains éléments renseignés pour l'étude d'impact de l'évaluation environnementale du projet (par exemple, pour rappel, il existe une « Note technique relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières[1] » de février 2019) ;
- d'utiliser des référentiels existants[2] (par exemple, Isadora[3] pour urbanisme et santé, Domiscore[4] pour habitat et santé) pour tenter de déterminer si les déterminants de santé sont susceptibles d'être affectés par le projet en fonction de ses caractéristiques, et dans quel sens.

L'attention est attirée sur le fait que les outils d'évaluation monétaire existants ne couvrent pas toujours tous les effets sur la santé attribuables à un projet ou une politique (voir discussions sur les prolongements à envisager dans la section 1.2. *supra*), et que **le recours à l'un des outils d'évaluation n'enlève pas la nécessité et l'intérêt d'une approche qualitative par ailleurs**.

Ces éléments qualitatifs, en venant alimenter la remontée d'informations sur le projet ou la politique publique évaluée et leurs impacts attendus sur les déterminants de santé, pourront par ailleurs être mobilisés lors de la construction de futures boîtes à outils. Sachant que l'établissement des liens de causalité entre les choix faits (par exemple, design d'un campus universitaire avec différents espaces proposés) et leurs effets sur la santé constitue l'une

[1] Voir sur le site de Légifrance cette Note technique du 22 février 2019.

[2] À noter que parmi les fiches outil qu'il est prévu d'adosser au référentiel méthodologique de l'évaluation socioéconomique des opérations d'aménagement urbain (Baïetto-Beysson, 2022), l'une d'entre elles sera dédiée aux effets sur la santé.

[3] http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/documents/?tags%5B0%5D=isadora

[4] La grille Domiscore est disponible ici. À noter que Ezratty et Ormandy (2020) ont mis en perspective le Domiscore avec le HHSRS.

des principales difficultés à surmonter par ceux qui élaborent ces outils. Établir un état des lieux de la santé des publics considérés (établissements pénitentiaires, Ehpad, écoles, par exemple à partir des outils mis en place de médecine préventive associée à l'établissement) avant les aménagements et le comparer périodiquement à un état des lieux après l'aménagement constitue également une piste intéressante.

3. Intérêts de l'évaluation des effets de santé au-delà de l'évaluation socioéconomique *ex ante* d'investissements publics

Au-delà de l'évaluation socioéconomique de projets d'investissement public ou de politiques publiques, la quantification et la valorisation monétaire d'effets de santé peuvent servir plusieurs objectifs selon le groupe de travail, notamment :

- **Sensibiliser aux enjeux sanitaires** :
  - **la population**, avec des campagnes d'information (telles que celles qui existent déjà pour l'activité physique, le tabac ou l'alcool) en s'appuyant sur la connaissance des liens de causalité entre déterminants de santé et état de santé ;
  - **les décideurs publics**, en mettant en évidence, avec le chiffrage d'un coût de l'inaction, les conséquences que le manque d'intervention induit en matière de coûts financiers et plus largement de coûts économiques pour la société. Les incidences sur la santé se traduisent en effet par des dépenses publiques réelles, notamment des dépenses de soins remboursées par le système de sécurité sociale[1], au-delà d'autres dépenses publiques qui ne sont pas comptabilisées dans le coût de l'inaction (coût de la recherche publique ou de l'application de la réglementation, par exemple) ;
- **Inciter les acteurs privés à tenir compte des effets sur la santé dans leurs choix de production ou de consommation**. Par exemple, depuis 2014, une directive européenne (2014/24/UE) permet à l'acheteur public de prendre en compte le coût du cycle de vie comme critère de sélection pour les marchés de travaux, fournitures et services. Défini par la directive, le coût du cycle de vie comprend deux composantes : d'un côté, les coûts directs (ou « coût global ») supportés directement par l'acheteur (acquisition, livraison, utilisation, maintenance, fin de vie, etc.) et, de l'autre, les

[1] Ces dépenses peuvent être en partie compensées par la réduction de certaines autres dépenses publiques. Il peut s'agir de dépenses de soins évitées du fait de décès prématurés de personnes en affection longue durée (comptabilisées par exemple dans l'estimation du coût de la canicule de 2003, Delavière, 2009), ou de retraites non versées à des agents de la fonction publique du fait de décès prématurés (prises en compte par exemple dans le coût pour la santé des polluants de l'air intérieur, Anses, CSTB, OQAI, 2014).

externalités. Ces dernières doivent faire l'objet d'une valorisation monétaire pour pouvoir être intégrées au coût de cycle de vie[1]. Une alternative (en l'absence de valeurs monétaires) pourrait être d'intégrer systématiquement des critères qualitatifs reflétant la valeur des bénéfices sanitaires et une note approximative associée (par exemple, bénéfices très élevés = 4, moyennement élevés = 3, etc.) directement dans les cahiers des clauses techniques particulières des appels d'offres ;

- **Dimensionner des « dommages et intérêts »**. En cas de préjudice corporel ou psychologique, qui viendrait par exemple du non-respect de normes françaises ou européennes, une personne peut en effet agir en justice afin d'obtenir une réparation ou une compensation, c'est-à-dire le plus souvent des dommages et intérêts. Une évaluation du coût des effets délétères sur la santé à l'échelle de l'individu pourrait servir au dimensionnement de ces dommages et intérêts fixés par le juge[2] conformément à certaines nomenclatures[3].

4. Synthèse des retours d'expérience, recommandations et préconisations

En synthèse, le groupe de travail propose :

– un retour d'expérience pour construire des outils clés en main en l'état actuel des connaissances ;

– des recommandations pour l'utilisation des outils existants ;

– des préconisations pour être en mesure, à l'avenir, d'améliorer les outils clés en main existants.

[1] Par exemple, la directive 2009/33/CE relative à la promotion de véhicules de transport routier propres et économes en énergie « oblige les pouvoirs adjudicateurs, les entités adjudicatrices ainsi que certains opérateurs à tenir compte, lors de l'achat de véhicules de transport routier, des incidences énergétiques et environnementales qu'ont ces véhicules tout au long de leur cycle de vie, y compris la consommation d'énergie et les émissions de CO_2 et de certains polluants », et propose dans son annexe des coûts des émissions de CO_2, NOx, HCNM et particules.

[2] À titre d'illustrations : 1) au titre du préjudice *d'angoisse de mort* subi lors de la tempête Xynthia de 2010 par les personnes décédées (indemnisation qui bénéfice aux héritiers), le tribunal a condamné en novembre 2019 l'État, la commune de La Faute-sur-Mer et l'association syndicale chargée de l'entretien et du renforcement de la digue à verser au total 180 000 euros aux familles ; 2) la cour d'appel de Paris a décidé, en mars 2018, de verser 31 500 euros de dommages et intérêts à une voisine de la salle de concert du Zénith en raison des nuisances sonores provoquées par la salle de spectacles du parc de la Villette ; 3) le fonds d'indemnisation des victimes de l'amiante (FIVA) a enregistré, entre 2002 et 2012, 66 418 demandes d'indemnisation de victimes et 66 556 autres demandes (d'ayants droit et d'indemnisations complémentaires à la suite d'une aggravation). Les dépenses cumulées y afférentes se sont élevées à 2,782 milliards d'euros *;* 4) un fonds d'indemnisation en réparation des maladies causées par des pesticides a été créé en 2020 (uniquement pour la population relevant du régime agricole).

[3] Par exemple, voir la nomenclature Dintilhac (2005) qui fixe les postes de préjudices corporels.

Tableau 36 – Synthèse des retours d'expérience, recommandations et préconisations du groupe de travail

RETOURS D'EXPÉRIENCE pour construire aujourd'hui des outils clés en main spécifiques à un secteur	
REX 1	S'appuyer sur des expertises variées pour savoir rendre complémentaires : • les connaissances du projet et de ses impacts sur les déterminants de santé, • les connaissances des liens entre les déterminants de santé et les effets de santé, • les valeurs monétaires des effets de santé.
REX 2	Rendre transparent l'ensemble des étapes de construction des outils et des résultats intermédiaires pour minimiser le coût de leur mise à jour et ainsi garantir une démarche d'amélioration continue. *Les outils doivent en effet être évolutifs pour rester en phase avec la réalité sociale et économique, les avancées dans la connaissance et les données disponibles.*
REX 3	Concevoir et dimensionner les outils clés en main en fonction des données disponibles *ex ante* pour les porteurs de projet.
REX 4	Pour s'assurer de la qualité (représentativité, robustesse, etc.) des résultats : • privilégier le recours à des méta-analyses et à des sources de données reconnues et communément utilisées, • prêter une attention particulière aux conditions de transfert de résultats et données.
REX 5	Respecter les recommandations du calcul socioéconomique en vigueur et notamment : • appliquer les valeurs tutélaires (et leurs règles d'évolution dans le temps) fixées par le gouvernement, • actualiser (au taux recommandé par France Stratégie) les coûts sur toute la durée des effets de santé.
REX 6	Refléter les incertitudes (qui entourent les données d'entrée ou qui sont introduites par les hypothèses nécessaires à la construction d'outils et valeurs clés en main) à l'aide d'analyses de sensibilité et en fournissant des résultats sous forme d'intervalles.
RECOMMANDATIONS pour l'utilisation des outils clés en main existants	
R 1	Utiliser, voire adapter le cas échéant, les outils existants, même lorsque cela nécessite de formuler des hypothèses, de manière à proposer une première approximation des effets de santé permettant de leur donner un poids dans la prise de décision. Accompagner cette première estimation d'une analyse la plus transparente possible des risques de sous-estimation ou de surestimation.
R 2	Compléter l'analyse quantitative permise par les outils clés en main avec une approche qualitative permettant *a minima* de : • tenir compte des effets de santé pour lesquels il n'existe pas encore d'outils, • discuter, dans la mesure du possible, des effets différenciés entre groupes de population.

R 3	Partager un retour d'expérience en matière d'opérationnalité des outils et de résultats obtenus afin d'alimenter la démarche d'amélioration continue.
PRÉCONISATIONS pour être en mesure, à l'avenir, d'améliorer les outils existants *Note : seules les actions générales sont reprises ici. Le lecteur est renvoyé à la partie « pistes d'amélioration » de chaque application pour les actions spécifiques à l'un des quatre secteurs étudiés dans le rapport.* *Les modalités des actions recommandées ci-dessous devront être discutées et précisées par leurs promoteurs.*	
P 1	***Création des conditions à réunir pour établir des liens de causalité entre investissement public et exposition à un déterminant de santé*** Créer les conditions : • d'une remontée effective, auprès des financeurs et autorités publiques compétentes, d'informations relatives aux projets d'investissement public d'une part et aux déterminants de santé d'autre part, • d'une systématisation des évaluations socioéconomiques *ex post* des projets d'investissement public : – sur des investissements différents (pour tenir compte de leur diversité, laquelle justifie que des informations descriptives des projets soient rassemblées), – auprès de populations plus ou moins exposées (pour refléter les différences d'impacts entre personnes, ce qui justifie de rassembler des informations sur les déterminants de santé), – au fur et à mesure que se développent de nouveaux projets.
P 2	***Renforcement des connaissances des liens de causalité entre exposition à un déterminant de santé et indicateur de santé*** Estimer de nouveaux risques relatifs, en développant les enquêtes étiologiques : • en France ou dans des contextes proches, • auprès de populations plus ou moins vulnérables (pour refléter les différences d'impacts entre personnes), • en faisant évoluer le traitement des facteurs confondants (pour notamment être en mesure de traiter des situations de co- ou multi-exposition ou de comorbidité).
P 3	***Mise à jour des recommandations du gouvernement pour la valorisation monétaire de la mortalité*** • Réinterroger les méthodes d'estimation et les montants des valeurs tutélaires de la vie statistique et de l'année de vie au regard des travaux récents. • Statuer sur les conditions d'utilisation de ces deux valeurs (dans le temps, et selon l'âge, le risque, etc.).
P 4	***Création des conditions de réussite d'une approche par l'incidence pour la valorisation monétaire de la morbidité*** • Pour rendre possible une approche par l'incidence, lancer des études longitudinales permettant d'apprécier la durée des pathologies autrement que par le ratio prévalence/incidence. Le design des études devra permettre de distinguer la durée de la pathologie et la durée de traitement lorsque cela est pertinent.

	• Pour permettre l'intégration de ces durées dans des analyses de long terme, mettre à disposition des règles d'évolution qui reflètent notamment les conséquences du progrès technique (diagnostic plus précoce et/ou réduction de la mortalité).
P5	***Sélection d'une méthode de valorisation monétaire des pertes de bien-être associées à la maladie*** • Approfondir les fondements théoriques de la valorisation monétaire d'années de vie ajustées sur la qualité (QALY) ou l'incapacité (DALY) : – statuer sur l'indicateur de santé à privilégier (QALY, DALY) en tenant compte, parmi d'autres critères (encore à définir), de la possibilité d'améliorer, d'une part, l'estimation des coefficients de qualité de vie ou d'incapacité (estimation auprès d'une population française, ou proche, de coefficients pour des catégories de pathologies plus fines ou pour des niveaux de sévérité différents par exemple) et, d'autre part, l'accessibilité à ces coefficients. – définir la valeur monétaire à appliquer à chaque année de vie ajustée, à partir des travaux existants sur la valeur d'une année de vie et ceux sur l'estimation de consentement à payer par QALY ou DALY. • Confronter ces fondements théoriques à une revue critique de l'approche par le consentement à payer.
P6	***Amélioration de l'accessibilité aux données de l'Assurance maladie pour l'estimation de dépenses médicales*** • Pour disposer de coûts médicaux annuels robustes, faciliter l'exploitation des données d'Assurance maladie en : – mettant à disposition des données à fine granularité (ex. différencier les cancers), – permettant de chiffrer des coûts ajustés en cas de comorbidité. • Pour permettre l'intégration de ces coûts dans des analyses de long terme, mettre à disposition des règles d'évolution de ces valeurs qui tiennent notamment compte du progrès technique.
P7	***Proposition de méthodes d'évaluation des coûts d'opportunité associés à la maladie*** Faire progresser les connaissances permettant d'évaluer les coûts indirects de morbidité : pertes de production, pertes d'activités domestiques et de loisirs.

Source : groupe de travail

CONCLUSION GÉNÉRALE

Que retenir ?

La prise en compte des effets sur la santé dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public ou de politiques publiques est souvent réduite à des tentatives isolées et exploratoires. Le manque d'outils ou de valeurs monétaires permettant d'évaluer et de valoriser les effets relatifs à la santé des personnes apparaît comme l'une des raisons de leur absence des évaluations, ce qui revient à considérer qu'ils sont nuls lors de la prise de décision.

L'étape de valorisation monétaire des effets de santé se doit de reposer sur des méthodes standardisées et valables quel que soit l'effet étudié (en distinguant toutefois mortalité et morbidité) et ce qui le cause. Pour les effets de mortalité, la commission Quinet (2013) a fixé la **valeur d'une vie statistique** à 3 M€$_{2010}$. Dans l'attente d'une éventuelle mise à jour de cette valeur, il est recommandé de l'appliquer quel que soit le secteur, avec une croissance annuelle égale à celle du PIB/tête. La valorisation monétaire des effets de morbidité est plus complexe. Afin d'adopter une approche identique pour toutes les pathologies, il peut être recommandé, en l'état actuel des connaissances et des bases de données disponibles, de **valoriser un indicateur synthétique de santé (DALY) à l'aide de la valeur d'une année de vie tutélaire** (à diviser par deux dans une analyse de sensibilité) pour évaluer les coûts intangibles de morbidité, et de **mobiliser les coûts moyens des cas prévalents donnés par la cartographie des pathologies et des dépenses de l'Assurance maladie pour évaluer les dépenses médicales**. Les coûts doivent être estimés sur toute la durée de la pathologie dans une approche par l'incidence. Le choix de l'estimateur de la durée demeure néanmoins un point de difficulté. Enfin, la prise en compte de coûts indirects (perte de production, d'activités domestiques ou de loisirs) doit être approfondie.

L'étape de quantification des impacts sur la santé est quant à elle très spécifique au domaine étudié. En vue d'illustrer la faisabilité de l'intégration des effets de santé dans les évaluations socioéconomiques *ex ante* de projets d'investissement public ou de politiques publiques et son apport, quatre champs d'application ont été étudiés plus spécifiquement.

On retient que :

- **sortir un habitant de la zone inondable permet d'éviter en moyenne un dommage psychologique compris entre 1 600 euros et 7 400 euros** (le montant varie selon le type d'habitat (plain-pied ou non) et la hauteur d'eau à l'intérieur du logement en cas d'inondation) ;
- **rénover suffisamment un logement très énergivore permet d'éviter en moyenne un coût de santé de 7 500 euros chaque année.** Ce coût peut atteindre plus de 33 000 euros par an si le ménage se situe en dessous du seuil de pauvreté ;
- **éviter une journée d'exposition au bruit pour une personne permet d'éviter un coût compris entre 0,24 euros et 4 euros selon le niveau sonore.** Le coût évité par journée de travaux en moins dépend du type de chantier et de son environnement (densité de bâti et de population). Il peut se chiffrer en milliers d'euros ;
- **rendre une personne définitivement active (au sens du respect des recommandations de l'OMS en terme d'activité physique) permet d'éviter en moyenne un coût de 840 euros / an si la personne est âgée de 20 à 39 ans et de 23 275 euros / an si la personne est âgée de 40 à 74 ans.** En France, un coût annuel de 140 milliards d'euros serait évité si toutes les personnes inactives sans maladie chronique préexistante âgées de 20 à 74 ans devenaient actives et le restaient jusqu'à leur décès.

Comment poursuivre ?

Ces quatre applications, en plus d'offrir certaines pistes de transferts ou prolongements des résultats vers d'autres secteurs, encouragent à entreprendre de nouvelles démarches de construction d'outils clés en main. Pour ce faire, le groupe de travail recommande non seulement de s'appuyer sur des expertises variées, en les rendant complémentaires, et sur le cadre d'évaluation socioéconomique préexistant (valeurs tutélaires, taux d'actualisation recommandé, etc.). Il recommande aussi, en amont, de :

- **systématiser les enquêtes *ex post*** pour mieux apprécier l'impact des projets et des politiques publiques sur les déterminants de santé, aussi variés soient-ils : conditions environnementales et d'habitat, comportements tels que l'alimentation ou l'activité physique, etc. ;
- **multiplier les enquêtes épidémiologiques** pour mieux connaître les liens entre santé et déterminants de santé (en améliorant la prise en compte des facteurs confondants, des situations de multi ou co-exposition, et de l'existence de pathologies multifactorielles) ;
- **renforcer les bases de données** et leurs possibilités d'utilisation pour estimer les coûts tangibles et intangibles des effets de santé avec une approche par

l'incidence mais aussi permettre d'effectuer, à l'aide de ces bases de données, des projections des coûts unitaires et données épidémiologiques ;

- **réinterroger les méthodes d'estimation des coûts** intangibles de morbidité (CAP *versus* valorisation d'un indicateur de santé synthétique, choix de l'indicateur de santé, etc.) et de mortalité (valeur d'une vie statistique *versus* valeur d'une année de vie) ;
- ou enfin, dans tous ces travaux, **tenir compte des caractéristiques des personnes**, afin d'être en mesure de différencier les impacts d'un projet ou d'une politique selon plusieurs catégories de personnes et ainsi dépasser le simple critère d'efficience dans l'évaluation socioéconomique en intégrant des **enjeux d'équité**.

ANNEXES

ANNEXE 1

LETTRE DE MISSION

FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

Premier ministre
Secrétariat général pour l'investissement

Paris, le 13 janvier 2020

Objet : Groupe de travail sur l'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé des projets d'investissement public et politiques publiques

Madame, Monsieur les co-présidents,

De nombreux projets d'investissement public ou politiques publiques sont susceptibles d'avoir des effets non négligeables sur la santé des populations. La préoccupation de la société à leur égard est grandissante.

La loi de programmation des finances publiques du 31 décembre 2012 instaure l'obligation d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement civils financés par l'État et ses établissements publics. Ces dernières années, les évaluations réalisées par plusieurs porteurs de projets d'aménagement urbain, dont le financement de l'Etat et de ses établissements publics dépasse 100 millions d'euros, ont fait l'objet d'une contre-expertise indépendante par le Secrétariat général pour l'investissement : le village olympique et paralympique et le cluster des médias pour les jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024, l'opération de requalification des copropriétés dégradées de Clichy-sous-Bois, le franchissement urbain Pleyel, etc. Les rapports de contre-expertise de ces projets mettent en évidence que la prise en compte des effets sur la santé dans les évaluations est réduite à des tentatives isolées souvent exploratoires et mettent en avant la nécessité de proposer une méthodologie d'évaluation à la fois opérationnelle et robuste scientifiquement pour la valorisation des effets sur la santé des projets d'investissement.

Le Comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics, que je préside, mis en place par France Stratégie et le Secrétariat général pour l'investissement, a donc décidé de constituer un groupe de travail sur l'évaluation socioéconomique des bénéfices de santé des projets d'investissement public et politiques publiques.

Madame Lise Rochaix
Professeure de sciences économiques à l'Université de Paris I
Titulaire de la chaire Hospinnomics de Paris School of Economics

Monsieur Benoit Dervaux
Maître de conférence, économiste de la santé
Faculté de médecine de l'Université de Lille

Ce groupe de travail a pour mandat :

- d'établir un panorama des pratiques actuelles et des enjeux de l'application du calcul socioéconomique à la santé-environnement ;
- de documenter les enjeux et d'illustrer la faisabilité de l'application du calcul socioéconomique en santé-environnement en construisant des « jeux de valeurs monétaires » à partir de méthodes standardisées d'évaluation socio-économique d'impacts sanitaires pour plusieurs « cas d'études » , parmi lesquels les ouvrages de protection contre les inondations, les politiques de rénovation énergétique et les projets d'aménagement de lieux de pratique sportive. Des outils permettant de valoriser les effets sur la santé attribuables au bruit de la phase chantier de tout type de projet pourront également être proposés ;
- de formuler des recommandations pour l'application du calcul socio-économique en santé-environnement à partir du panorama qui aura été établi et des conditions de faisabilité qui auront été identifiées à l'aide des cas d'étude.

Les méthodologies ainsi partagées et validées ont vocation à être appliquées pour apprécier la valeur socioéconomique des effets sur la santé qu'occasionnent ces projets ou politiques. Au-delà des cas étudiés dans le cadre du groupe de travail, d'autres projets d'investissement ou politiques publiques présentent des effets sur la santé et leur évaluation pourra bénéficier des conclusions des travaux du groupe.

Vous avez accepté d'assurer la co-présidence de ce groupe de travail et je vous en remercie chaleureusement. Il réunira des représentants des ministères concernés, des experts et des chercheurs. Les services du Commissariat général du développement durable, du Secrétariat général pour l'investissement et de France Stratégie apporteront leurs concours à l'installation de ce groupe de travail, à l'animation des travaux et au secrétariat.

Vous présenterez les conclusions des travaux du groupe de travail au Comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics. La remise de votre rapport est attendue en mai 2021.

Nous vous prions de croire, Madame, Monsieur les co-présidents, à l'expression de ma meilleure considération.

Le président du comité d'experts des méthodes
d'évaluation socioéconomique des projets
d'investissement public

Roger Guesnerie

ANNEXE 2

COMPOSITION ET FONCTIONNEMENT DU GROUPE DE TRAVAIL

Modalités de fonctionnement du groupe de travail

Le groupe de travail (dans sa forme la plus large) s'est réuni à plusieurs occasions, et notamment lors :

– d'une **réunion de lancement du groupe de travail** (choix des cas d'étude, présentation des membres du groupe, modalités de fonctionnement et calendrier envisagés) le 16/01/20 ;

– d'une **réunion dédiée aux questions transversales** (évaluation des coûts médicaux et des coûts intangibles et prise en compte de l'équité dans l'évaluation socioéconomique des effets de santé de projets d'investissement public) le 05/02/21 ;

– d'une **réunion de restitution et appropriation des résultats** le 10/06/21.

Pour les quatre applications, les groupes thématiques ont avancé à l'aide de réunions plénières (en présence des deux co-présidents du groupe de travail, **Benoît Dervaux** et **Lise Rochaix**, et des pilotes du groupe de travail **Bénédicte Meurisse** et **Alice Robinet** de manière à assurer la cohérence entre les approches), de questionnaires adressés aux membres du groupe thématique et d'entretiens le cas échéant. Les membres de chaque groupe thématique ont été invités à relire une version préliminaire des parties thématiques du rapport. Précisément :

Inondations

Animé par **Bénédicte Meurisse**, le groupe Inondations s'est appuyé sur :

- les travaux du GT Dommages psychologiques des inondations, piloté par **Bénédicte Meurisse** (CGDD) et **Paul Guéro** (Cerema), et notamment :
- deux rasssemblements du GT les 29/01/18 et 18/12/18 ;

- trois entretiens individuels avec : **Philippe Pirard** (épidémiologiste, Santé publique France) le 07/03/18, **Bruno Gervais** (SDIS 17) le 26/03/18 et **Cécile Puechlong** (doctorante en psychologie, université de Nîmes) le 19/04/18 ;

- des échanges avec les membres du GT AMC inondation (GT en charge du développement de la méthode nationale d'évaluation socioéconomique des Papi piloté par le CGDD) lors de huit GT les 13/06/17, 11/09/17, 24/11/17, 18/06/18, 06/12/18, 14/03/19, 21/01/20 et 12/04/21.

Une première version du rapport thématique a été envoyée au groupe pour relecture le 27/01/21.

Inefficacité énergétique des logements

Animé par **Silvano Domergue** et **Claire-Lise Meynard**, le groupe Inefficacité énergétique s'est appuyé sur :

– une réunion de lancement avec revue de littérature et présentation de la démarche proposée par le CGDD le 20/01/20 ;

– une seconde réunion plénière prévue le 25/03/20, annulée (en raison du confinement) et remplacée par un questionnaire adressé au groupe le 08/04/20 visant à conforter la revue de littérature et à connaître l'avis du groupe sur les ajustements méthodologiques apportés par le CGDD après la première réunion ;

– des échanges écrits avec le service des études médicales d'EDF (**Véronique Ezratty**) concernant les principaux choix méthodologiques pour l'adaptation de la méthode anglaise au contexte français (seuil de consommation d'énergie, différenciation de la probabilité d'un effet de santé selon le revenu, etc.) ;

– une réunion d'atterrissage le 17/09/20.

Une première version du rapport thématique a été envoyée au groupe pour relecture le 04/12/20.

Bruit de chantier

Animé par **Laurence Hartmann** et **Jincheng Ni**, le groupe Bruit de chantier s'est appuyé sur :

– une liste de références bibliographiques établie par le Centre de ressources du développement durable (CGDD) ;

– quatre entretiens de préparation avec : **Emmanuel Thibier** le 13/02/20, **Goeffrey Pot** le 14/02/20, **Julien Maillard** et **Driss Samri** le 21/02/20 et **Anthony Cadène**, **Anne-Sophie Evrard**, **Fanny Mietlicki** et **Laetitia Nave** le 13/03/20 ;

– une réunion de lancement avec revue des connaissances disponibles et rappel des objectifs du groupe le 21/04/20 ;

– un questionnaire en ligne sur la pertinence et la faisabilité de répliquer l'approche *top-down* adoptée par la Commission Quinet pour établir les valeurs tutélaires du bruit exprimées en €/veh.km, adressé le 30/04/20 ;

– une deuxième réunion plénière le 02/06/20 ;

– une réunion thématique sur le choix du cas d'étude avec **Julien Maillard**, **Laetitia Nave** et **Étienne Pihouée** le 18/06/20 ;

– un entretien thématique sur les valeurs retenues par la Commission Quinet en 2013 avec Hélène Le Maitre (co-rapporteure du rapport Quinet 2013) le 19/06/20 ;

– une troisième réunion plénière le 08/07/20 ;

– une seconde réunion thématique sur la définition de la journée type de travaux avec **Julien Maillard** et **Étienne Pihouée** le 27/08/20 ;

– cinq questionnaires en ligne sur 1/ l'unité de temps à retenir, 2/ le cas des chantiers de nuit, 3/ l'extrapolation à d'autres phases de travaux et types de chantier, 4/ le cas des murs anti-bruit, 5/ l'extrapolation à d'autres densités de bâti et population, adressés le 02/09/20 ;

– une réunion d'atterrissage le 15/10/20.

Une première version du rapport thématique a été envoyée au groupe pour relecture le 14/12/20.

Activité physique dans l'espace public

Animé par **Sylvie Banoun**, le groupe Activité physique s'est appuyé sur :

– une liste de références bibliographiques établie par le Centre de ressources du développement durable (CGDD) ;

– trois entretiens de préparation avec : **Martine Duclos**, **Alain Fuch** et **Anne Vuillemin** le 26/05/20, **Christèle Gautier** le 27/05/20, **Éric Adamkiewicz**, **Gérard Baslé** et **Gilles Thöni** le 28/05/20 ;

– une réunion de lancement avec revue des connaissances disponibles et rappel des objectifs du groupe le 06/07/20 ;

– un questionnaire adressé le 14/08/20 visant à connaître l'avis du groupe sur des premières pistes de mobilisation des résultats de la littérature ;

– une deuxième réunion plénière le 28/10/20 ;

– trois réunions thématiques sur : la grille d'analyse d'un aménagement de l'espace public avec **Sandrine Manusset** le 24/11/20, le calcul des fractions attribuables avec **Anne Vuillemin** le 01/12/20 et la revue de littérature sur l'impact médico-économique des projets d'aménagement via une augmentation de l'activité physique avec **Antoine Noël-Racine** le 11/12/20 ;
– une troisième réunion plénière le 12/01/21 ;
– un entretien sur la quantification des bénéfices de santé avec **Serge Briançon** (épidémiologiste, université de Lorraine) et **Anne Vuillemin** le 10/02/21 ;
– une réunion d'atterrissage le 09/03/21.

Une première version du rapport thématique a été envoyée au groupe pour relecture le 26/04/21.

Questions transversales

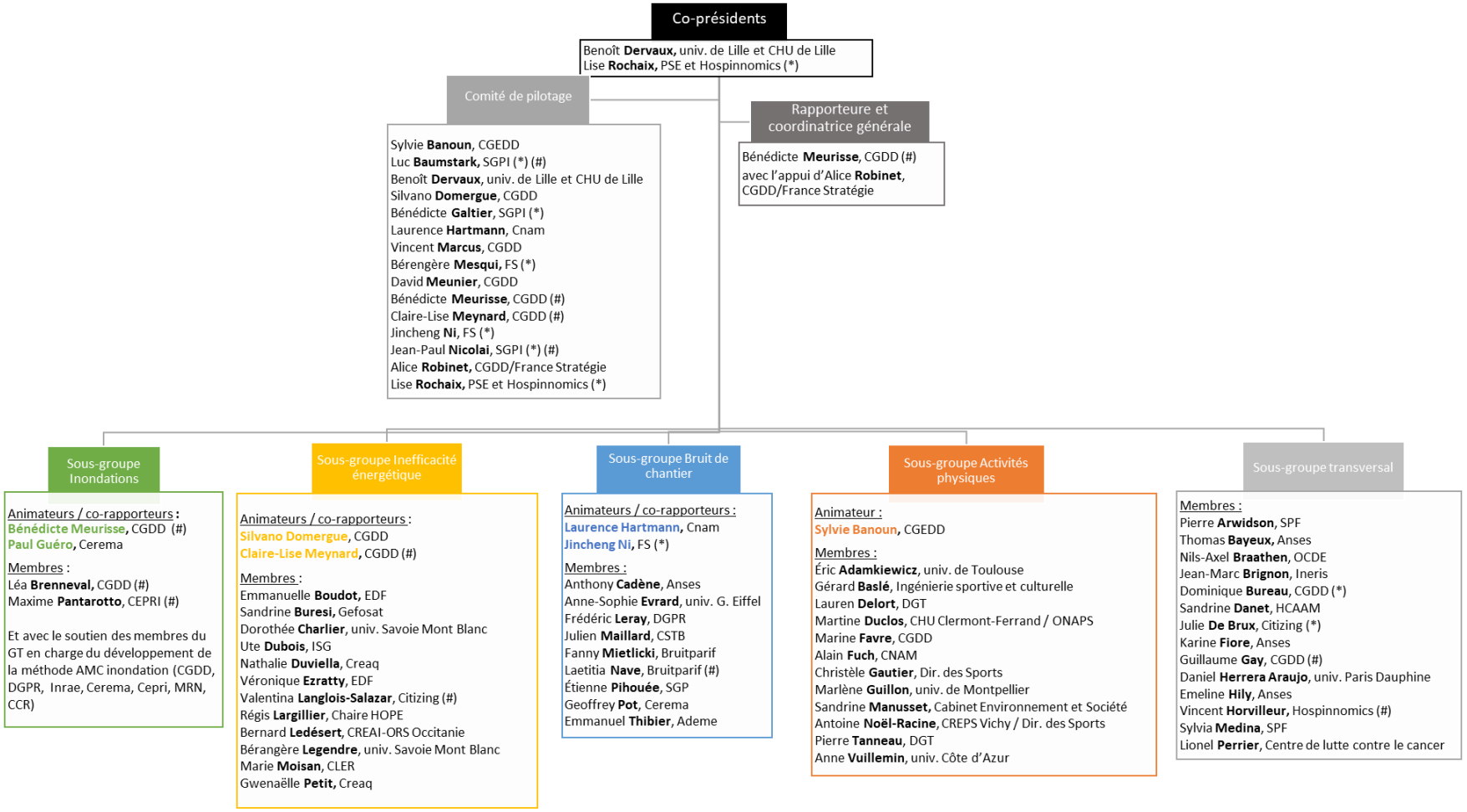
Avant la réunion transversale du 05/02/2021, deux réunions de travail ont permis de profiter de l'expertise sur la valorisation monétaire des effets de santé de **Daniel Herrera-Araujo** les 05/05/20 et 17/07/21. Les calculs des coûts ont ensuite été réalisés par **Benoît Dervaux**, **Vincent Horvilleur**, **Bénédicte Meurisse** et **Alice Robinet**.

L'Anses a également contribué aux réflexions transversales sous la forme de retours adressés sur un document de travail synthétisant les connaissances disponibles et les enjeux en santé-environnement.

Les réflexions sur la prise en compte de l'équité ont été initiées avec l'appui de **Vincent Horvilleur**.

À l'issue des travaux thématiques et transversaux, tous les membres du groupe de travail ont été invités à relire les Chapitres 1 et 2 début juin 2021, puis le Chapitre 3 courant juillet 2021 et enfin l'ensemble du rapport en septembre 2021.

Organigramme



(*) membre du comité d'experts des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'investissement public ; en poste au moment des travaux du GT.

ANNEXE 3

REVUE DE LITTÉRATURE DES COÛTS MÉDICAUX PAR PATHOLOGIE

La transposition du coût d'une maladie d'un pays à l'autre est toujours délicate tant l'organisation et le financement des systèmes de santé diffèrent au niveau international. Néanmoins, les valeurs issues d'une revue de littérature permettent de positionner les estimations obtenues à partir des données disponibles en France et des hypothèses émises par le groupe de travail. Pour chaque pathologie ou ensemble de pathologies, sont présentés :

– un diagramme de flux ;
– un tableau récapitulatif des principales caractéristiques des articles inclus ;
– un tableau de conversion des coûts pour fournir une valeur en euros 2018 ;
– une synthèse graphique des résultats en fonction de l'horizon temporel, pour les pathologies avec un nombre d'études incluses suffisant.

L'ensemble des pathologies considérées dans ce rapport n'a cependant pas pu être étudié dans les temps impartis. Seuls l'accident vasculaire cérébral (AVC) et les cancers ont été traités, par Eole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille). La méthode reste néanmoins valable pour toutes les pathologies.

Méthodologie

Les études concernant le coût de la maladie ont été recherchées en interrogeant la base medline via Pubmed. Les termes de la recherche étaient, pour l'accident vasculaire cérébral : Stroke [Title/abstract) AND (Cost-of illness [Title] OR COI [Title]) OR ((lifetime [Title] OR lifelong [Title] OR long-term [title] OR population-based [TItle) OR cohort [Title]) AND (Cost [Title] OR expense [Title] OR economic burden [Title])). Pour les pathologies cancéreuses, les mêmes termes que précédemment ont été employés dans la recherche avec l'utilisation de Cancer [Title/abstract) à la place de Stroke. La recherche a été limitée aux articles écrits en anglais ou en français, sans restriction temporelle.

La sélection des articles sur le résumé s'est faite selon plusieurs critères d'intérêt :

1) l'étude devait fournir un coût médical par cas (les pertes de productivité ont été recensées de manière complémentaire) (à défaut : « *Article ne correspondant pas à l'objectif recherché* ») ;

2) l'étude devait adopter une approche par l'incidence ; les études de type « Burden of Disease » adoptant une approche par la prévalence ont été exclues (à défaut : « *Article dont la méthodologie n'est pas celle recherchée* ») ;

3) la population devait être représentative de la population-cible ; les articles traitant d'une population sélectionnée (au regard du degré de sévérité, de l'âge, d'une étiologie particulière, etc.) ont été exclus (à défaut : « *Article ne correspondant pas à la population d'intérêt* ») ;

4) l'étude devait mesurer les coûts sur un période supérieure à 12 mois (à défaut : « *Article dont la méthodologie n'est pas celle recherchée* ») ;

5) l'étude devait concerner un pays appartenant à la classe des pays à revenus élevés selon la classification de la Banque mondiale (à défaut : « *Article ne correspondant pas à la population d'intérêt* »).

Les études de coût / efficacité et les travaux de nature strictement méthodologique n'ont pas été sélectionnés.

Les revues de littérature ont été exclues. Néanmoins, leurs références bibliographiques ont été croisées avec les articles identifiés dans la recherche.

Une grille de lecture a été construite pour recueillir les informations pertinentes, à savoir :

– le pays ;
– le mode de sélection des patients (cinq modalités : les patients sont identifiés à partir d'un registre épidémiologique, les patients appartiennent à une cohorte, les patients sont sélectionnés à partir des codes de diagnostic dans des bases médico-administratives, autre, non précisé) ;
– le nombre de patients (valeur : taille de l'échantillon) ;
– la perspective considérée pour le calcul des coûts (cinq modalités : système de santé, collective, sociétale, autre, non précisé) ;
– la typologie des coûts pris en compte (trois modalités : coûts directs médicaux, coûts directs totaux, coûts totaux (directs et indirects)) ;
– la méthodologie de calcul des coûts (quatre modalités : approche *bottom up*, approche *top down*, autre, non précisé) ;

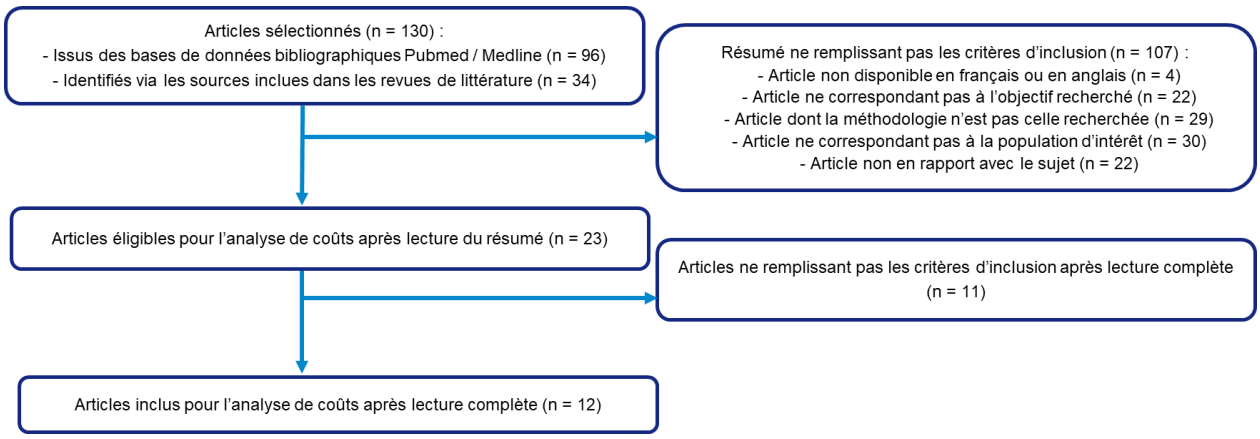
– la nature des coûts par patient (cinq modalités : coûts observés, coûts extrapolés, coûts issus d'une modélisation, autre, non précisé) ;
– la modalité de recueil des coûts (cinq modalités : bases de données médico-administratives, recueil direct auprès des patients, approche hybride, autre, non précisé) ;
– le contrefactuel (quatre modalités : comparaison à un groupe contrôle apparié, prise en compte des seuls coûts imputables à la maladie, aucun ajustement, non précisé) ;
– l'horizon temporel (valeur : nombre d'années de suivi) ;
– la devise (modalité : unité monétaire) ;
– l'année de référence prise pour les valeurs monétaires (valeur : année) ;
– les coûts par cas (unité monétaire/patient).

Ces critères étaient analysés indépendamment par deux lecteurs, un consensus était recherché en cas de discordance.

Les coûts sont exprimés en euros 2018. Conformément aux recommandations de bonnes pratiques, les coûts ont dans un premier temps été ajustés en fonction du taux d'inflation du pays [source indice général des prix à la consommation, OCDE] puis ont été convertis en euros par référence au taux de parité pouvoir d'achat (PPP) [OCDE].

Résultats

Figure A1 – Diagramme de flux – AVC



Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Tableau A1 – Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de littérature sur l'AVC

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'observations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contre-factuel	Actualisation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
Baeten 2010, Pays-Bas	1999	Cohorte	204	72,6	0,5	Vie entière	Payeur	Coûts directs médicaux	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Hybride	Groupe contrôle apparié	3	Euro	2003	38 709	*Non précisé*
Cadilhac 2009, Australie	1997	Cohorte	*Non précisé*	*Non précisé*	*Non précisé*	Vie entière	Sociétale	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Recueil direct (patient)	Coûts imputables uniquement	3	Dollar australien	2004	61 530	*Non précisé*
Caro 1999, Multicentrique	1998	Cohorte	1 341	70,5	*Non précisé*	Vie entière	Collective	Coûts totaux	*Bottom up*	Modélisation	Bases médico-administratives	*Non précisé*	6	Pound sterling	1996	*Non Précisé*	40 000
Cheon 2020, Corée du Sud	2006	Cohorte	13 994	65,7	10	Vie entière	Payeur	Coûts directs médicaux	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Bases médico administratives	Aucun	3	Won coréen*	2015	61 347 238,4	*Non précisé*
Dewey 2003, Australie	1997	Cohorte	*Non précisé*	*Non précisé*	*Non précisé*	Vie entière	Sociétale	Coûts totaux	*Bottom up*	Modélisation	Recueil direct (patient)	Coûts imputables uniquement	5	Dollar australien	1997	*Non précisé*	44 428
Gloede 2014, Australie	1997	Cohorte	292	74,4	*Non précisé*	Vie entière	Sociétale	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Recueil direct (patient)	Coûts imputables uniquement	3	Dollar australien*	2010	98 314,69	66 359
Kang 2011, Corée du Sud	2002	Autre	*Non précisé*	*Non précisé*	*Non précisé*	Vie entière	Sociétale	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases médico administratives	Coûts imputables uniquement	0	Won Coréen	2008	39 838 120,6	*Non précisé*
Kolominsky-Rabas 2006, Allemagne	1994	Registre épidé-miologique	821	73,7	2	Vie entière	Payeur	Coûts directs	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Approche hybride	Coûts imputables uniquement	3	Euro	2004	43 129	*Non précisé*
Lee 2007 États-Unis	1997	Cohorte	11 430	*Non précisé*	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts directs médicaux	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Bases médico-administratives	Aucun	0	Dollar américain	2001	50 303,88	*Non précisé*
Luengo-Fernandez 2012, Royaume-Uni	2002	Cohorte	729	75	*Non précisé*	5	Payeur	Coûts directs médicaux	*Bottom up*	Coûts observés	Bases médico administratives	Aucun	0	Pound sterling*	2009	16 474,24	*Non précisé*
Rudberg 2018, Suède	2012	Cohorte	297	81	*Non précisé*	3	Payeur	Coûts directs médicaux	*Bottom up*	Coûts observés	Bases médico administratives	*Non précisé*	0	Euro	2016	26 830	*Non précisé*
Taylor 1996, États-Unis	1990	Algorithme de sélection	*Non précisé*	*Non précisé*	2	Vie entière	Sociétale	Coûts directs	*Top down*	Modélisation	Bases médico-administratives	Aucun	5	Dollar américain	1990	43 501,92	103 576

* Dans certaines études, il est fait mention d'une conversion préalable de l'unité monétaire locale en une autre unité de référence pour les coûts (dont le taux est mentionné au sein de l'étude). Nous présentons ici les coûts dans leur unité monétaire d'origine.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

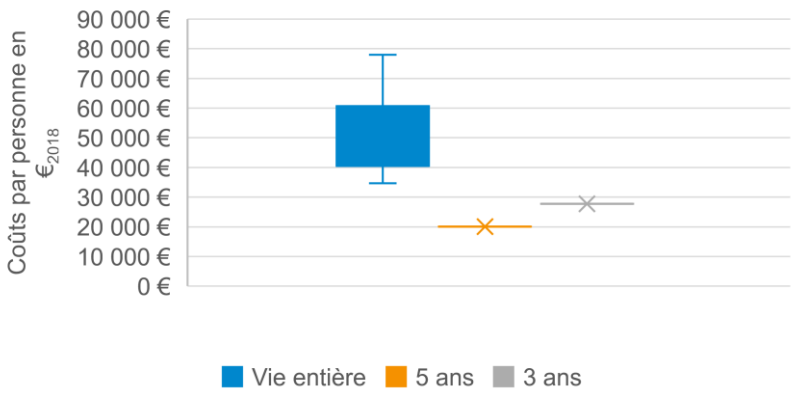
Tableau A2 – Conversion des coûts de l'AVC des études retenues

Premier auteur, année de publication, Pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (* à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA) **	Coûts par patient transformés en €2018 après utilisation du taux PPA
Baeten 2010, Pays-Bas	2003	Euro	Vie entière	38 709	1,30	50 410	1	**50 411**
Cadilhac 2009, Australie	2004	Dollar australien	Vie entière	61 530	1,44	88 300	0,460	**40 588**
Caro 1999, Multicentrique	1996	Pounds sterling	Vie entière	40 000*	1,59	63 780	0,684	**63 221**
Cheon 2020, Corée du Sud	2015	Won coréen	Vie entière	61 347 238	1,05	64 532 306	0,0007832	**50 539**
Dewey 2003, Australie	1997	Dollar australien	Vie entière	44 428*	1,70	75 468	0,460	**34 690**
Gloede 2014, Australie	2010	Dollar australien	Vie entière	98 314,69	1,17	115 073	0,460	**78 020**
Kang 2011, Corée du Sud	2008	Won coréen	Vie entière	39 838 120	1,29	51 335 332	0,0007832	**40 204**
Kolominsky-Rabas 2006, Allemagne	2004	Euro	Vie entière	43 129	1,28	55 011	1	**55 012**
Lee 2007, États-Unis	2001	Dollar américain	Vie entière	50 303,88	1,46	73 354	0,678	**49 734**
Luengo-Fernandez 2012, Royaume-Uni	2009	Pound sterling	5 ans	16 474	1,23	20 271	0,991	**20 094**
Rudberg 2018, Suède	2016	Euro	3 ans	26 830	1,04	27 778	1	**27 778**
Taylor 1996 États-Unis	1990	Dollar américain	Vie entière	43 501	2,03	88 117	0,678	**59 743**

** Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar américain = 0,678 euro).

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

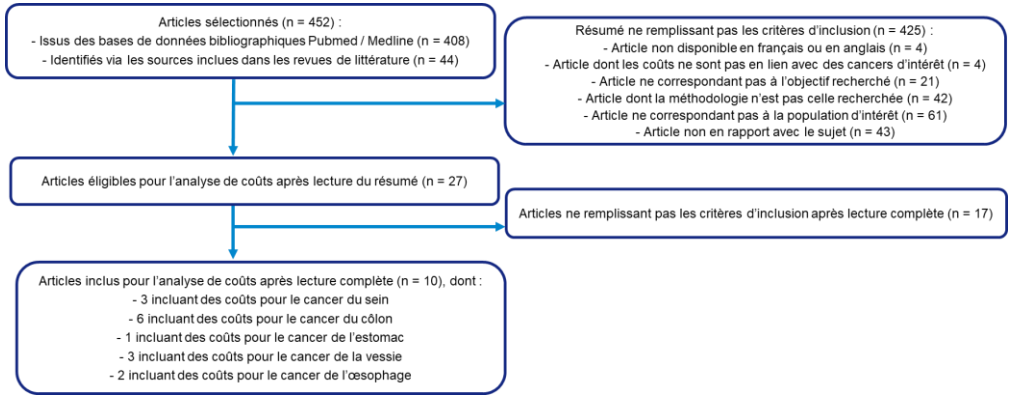
Figure A2 – Coût de l'AVC selon l'horizon temporel abordé dans l'étude



Note : pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un AVC à hauteur de 38 946 €$_{2018}$.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Figure A3 – Diagramme de flux – Cancers



Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Cancer du sein

Tableau A3 – Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de littérature sur le cancer du sein

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'obser-vations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contre-factuel	Actua-lisation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
De Oliveira 2016, Canada	1997	Registre épidémio-logique	68 147	63,4	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts directs	*Bottom up*	Modéli-sation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	5	Dollar canadien	2009	76 113	*Non précisé*
Lang 2012, Taïwan	1999	Cohorte	1661	50,7	*Non précisé*	10	*Non précisé*	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Modéli-sation	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	3	Dollar taiwanais	2002	614 386	*Non précisé*
Mittman 2014, Canada	2005	Registre épidémio-logique	39665	61,1	2	2	Payeur	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Coûts observés	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	Aucun	Dollar canadien	2008	41 686	*Non précisé*

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Tableau A4 – Conversion des coûts du cancer du sein des études retenues

Premier auteur, année de publication, pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA)**	Coûts par patient transformés en €$_{2018}$ après utilisation du taux PPA
De Oliveira 2016, Canada	2009	Dollar canadien	Vie entière	76 113	1,17	88 983	0,566	**50 359**
Lang 2012, Taïwan	2002	Dollar taiwanais	10	614 386	1,03	635 254	0,046	**29 339**
Mittmann 2014, Canada	2008	Dollar canadien	2	41 686	1,20	49 890	0,566	**28 235**

** Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar = 0,678 euro).

Note : pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un cancer du sein à hauteur de 46 968 €$_{2018}$.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Cancer du côlon

Tableau A5 – Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de littérature sur le cancer du côlon

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'obser-vations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contre-factuel	Actua-lisation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
Corral 2016, Espagne	2000	Cohorte	699	70,4	7	Vie entière	*Non précisé*	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	3	Euro	2006	35 207	*Non précisé*
De Oliveira 2016, Canada	1997	Registre épidémiologique	56 635	63,4	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	5	Dollar canadien	2009	68 686	*Non précisé*
Lang K 2009, États-Unis	1996	Cohorte	56 838	77,7	10	Vie entière	Autre (tiers payant)	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	3	Dollar américain	2006	28 686	*Non précisé*
Lang 2012, Taïwan	1999	Cohorte	2 992	64,7	*Non précisé*	Vie entière	*Non précisé*	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	3	Dollar taiwanais	2002	546 348	*Non précisé*
Ramsey 2002, Multicentrique	1984	Cohorte	47 470	76	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts médicaux directs (Excès)	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	3	Dollar américain	2000	14 461	*Non précisé*
Tilson 2012, Irlande	2004	Registre épidémiologique	4 268	*Non précisé*	*Non précisé*	5	Payeur	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	4	Euro	2008	39 607	*Non précisé*

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

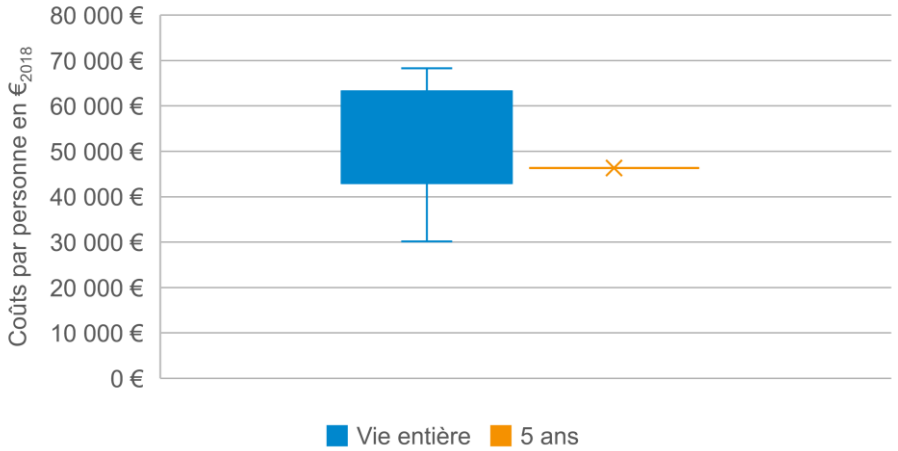
Tableau A6 – Conversion des coûts du cancer du côlon des études retenues

Premier auteur, année de publication, Pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (* à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA)**	Coûts par patient transformés en €$_{2018}$ après utilisation du taux PPA
Corral 2016, Espagne	2006	Euro	Vie entière	35 207	1,22	42 994	1,000	**42 994**
De Oliveira 2016, Canada	2009	Dollar canadien	Vie entière	68 686	1,17	80 300	0,566	**45 445**
Lang K 2009, États-Unis	2006	Dollar américain	Vie entière	28 686	1,29	36 885	1,475	**54 402**
Lang 2012, Taïwan	2002	Dollar taiwanais	Vie entière	546 348	1,20	653 260	0,046	**30 171**
Ramsey 2002, Multicentrique	2000	Dollar américain	Vie entière	14 461	1,51	21 800	1,475	**68 301**
Tilson 2012, Irlande	2008	Euro	5 ans	39 607	1,17	46 308	1,000	**46 308**

**Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar = 0,678 euro).

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Figure A4 – Coût du cancer du côlon selon l'horizon temporel abordé dans l'étude



Note : pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un cancer du côlon à hauteur de 26 716 €$_{2018}$.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Cancer de l'estomac

Tableau A7 – Principales caractéristiques de l'étude trouvée dans la revue de littérature sur le cancer de l'estomac

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'obser-vations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contrefactuel	Actuali-sation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
De Oliveira 2016, Canada	1997	Registre épidémiologique	7 889	63,4	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	5	Dollar canadien	2009	64 624	*Non précisé*

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Tableau A8 – Conversion des coûts du cancer de l'estomac de l'étude retenue

Premier auteur, année de publication, pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (* à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA) **	Coûts par patient transformés en €2018 après utilisation du taux PPA
De Oliveira 2016, Canada	2009	Dollar canadien	Vie entière	64 624	1,17	75 551	0,566	**42 758**

** Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar américain = 0,678 euro).

Note : pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un cancer de l'estomac à hauteur de 11 710 €2018.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Cancer de la vessie

Tableau A9 – Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de littérature sur le cancer de la vessie

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'obser-vations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contre-factuel	Actuali-sation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
Avritscher 2006, États-Unis	1991	Cohorte	208	65	5	Vie entière	Payeur	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	Aucun	Dollar américain	2005	65 159	*Non précisé*
De Oliveira 2016, Canada	1997	Registre épidémiologique	12 048	63,4	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	5	Dollar canadien	2009	50 036	*Non précisé*
Sloan 2020, États-Unis	1997	Registre épidémiologique	2 988	77	15 ans	15 ans	*Non précisé*	Coûts directs	*Bottom up*	Coûts observés	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	Aucun	Dollar américain	2018	42 011	*Non précisé*

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Tableau A10 – Conversion des coûts du cancer de la vessie des études retenues

Premier auteur, année de publication, Pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (* à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA)**	Coûts par patient transformés en €$_{2018}$ après utilisation du taux PPA
Avritscher 2006, États-Unis	2005	Dollar américain	Vie entière	65 159	1,33	86 624	1,475	**127 764**
De Oliveira 2016, Canada	2009	Dollar canadien	Vie entière	50 036	1,17	58 497	0,566	**33 106**
Sloan 2020, États-Unis	2018	Dollar américain	15 ans	42 011	1,02	43 037	1,475	**63 477**

**Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar = 0,678 euro).

Pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un cancer de la vessie à hauteur de 32 838 €$_{2018}$.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Cancer de l'oesophage

Tableau A11 – Principales caractéristiques des études incluses dans la revue de littérature sur le cancer de l'oesophage

Premier auteur, année, pays	Année de recueil des données	Sélection des patients	Nombre d'obser-vations	Âge moyen	Durée de suivi	Horizon temporel (en années)	Perspective	Nature des coûts	Approche	Méthode	Recueil des coûts	Contre-factuel	Actuali-sation (%)	Devise	Année de référence	Moyenne des coûts directs par cas	Moyenne des coûts totaux par cas
De Oliveira 2016, Canada	1997	Registre épidémiologique	4 261	63,4	*Non précisé*	Vie entière	Payeur	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Modélisation	Bases de données médico-administratives	Groupe contrôle apparié	5	Dollar canadien	2009	69 048	*Non précisé*
Lai 2020, Taïwan	2008	Registre épidémiologique	14 420	58, 4	*Non précisé*	Vie entière	Sociétale	Coûts médicaux directs	*Bottom up*	Coûts extrapolés (survie)	Bases de données médico-administratives	Coûts imputables uniquement	3	Dollar taiwanais*	2015	1 069 651,75	*Non précisé*

* Dans certaines études, il est fait mention d'une conversion préalable de l'unité monétaire locale en une autre unité de référence pour les coûts. Nous présentons ici les coûts dans leur unité monétaire d'origine.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Tableau A12 – Conversion des coûts du cancer de l'oesophage des études retenues

Premier auteur, année de publication, pays	Année de référence pour le coût	Devise	Horizon temporel	Coûts directs (* à défaut coûts totaux)	Taux d'inflation (Index des prix à la consommation)	Recalculés avec un taux d'inflation valeur actuelle 2018	Taux parité pouvoir d'achat (PPA) **	Coûts par patient transformés en €$_{2018}$ après utilisation du taux PPA
De Oliveira 2016, Canada	2009	Dollar canadien	Vie entière	69 048	1,17	80 723	0,835	**67 382**
Lai 2020, Taïwan	2015	Dollar taiwanais	Vie entière	1 069 652	1,20	1 278 967	0,046	**59 069**

** Les données de l'OCDE sur le taux de parité pouvoir d'achat indiquées sont celles fournies avec pour équivalent 1$US = PPA x devise locale. Les coûts transformés en euros après utilisation du taux PPA 2018 ont donc dans un premier temps été convertis en équivalent dollar américain avant d'être transformés en euros (1 dollar = 0,678 euro).

Note : pour mémoire, le groupe transversal a estimé les dépenses médicales d'un cancer de l'oesophage à hauteur de 11 181 €$_{2018}$.

Source : Éole Nyangwile, Élodie Bury et Benoît Dervaux (CHU de Lille) pour le groupe de travail

Références bibliographiques

Avritscher E. B., Cooksley C. D., Grossman H. B. *et al.* (2006), « Clinical model of lifetime cost of treating bladder cancer and associated complications », *Urology*, 68(3), septembre, p. 549-553.

Baeten S. A., van Exel N. J. A., Dirks M. *et al.* (2010), « Lifetime health effects and medical costs of integrated stroke services-a non-randomized controlled cluster-trial based life table approach », *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 8(1), novembre, p. 1-10.

Cadilhac D. A., Carter R., Thrift A. G. et Dewey H. M. (2009), « Estimating the long-term costs of ischemic and hemorrhagic stroke for Australia: new evidence derived from the North East Melbourne Stroke Incidence Study (NEMESIS) », *Stroke*, 40(3), janvier, p. 915-921.

Caro J. J. et Huybrechts K. F. (1999), « Stroke Treatment Economic Model (STEM): predicting long-term costs from functional status », *Stroke*, 30(12), décembre, p. 2574-2579.

Cheon S., Lee H., Won J., Jang B.-H. et Wang J.-D. (2020), « Lifetime risks and health impacts of hemorrhagic and ischemic stroke in South Korea », *Scientific Reports*, 10(1), septembre, p. 1-9.

Corral J., Castells X., Molins E. *et al.* (2016), « Long-term costs of colorectal cancer treatment in Spain », *BMC Health Services Research*, 16(1), février, p. 1-8.

de Oliveira C., Pataky R., Bremner K. E. *et al.* (2016), « Phase-specific and lifetime costs of cancer care in Ontario, Canada », *BMC Cancer*, 16(1), octobre, p. 1-12.

Dewey H. M., Thrift A. G., Mihalopoulos C. *et al.* (2003), « Lifetime cost of stroke subtypes in Australia: findings from the North East Melbourne Stroke Incidence Study (NEMESIS) », *Stroke*, 34(10), octobre, p. 2502-2507.

Gloede T. D., Halbach S. M., Thrift A. G. *et al.* (2014), « Long-term costs of stroke using 10-year longitudinal data from the North East Melbourne Stroke Incidence Study », *Stroke*, 45(11), novembre, p. 3389-3394.

Kang H. Y., Lim S. J., Suh H. S. et Liew D. (2011), « Estimating the lifetime economic burden of stroke according to the age of onset in South Korea: a cost of illness study », *MC Public Health*, 11(1), août, p. 1-10.

Kolominsky-Rabas P. L., Heuschmann P. U., Marschall D. *et al.* (2006), « Lifetime cost of ischemic stroke in Germany: results and national projections from a population-based stroke registry: the Erlangen Stroke Project », *Stroke*, 37(5), mai, p. 1179-1183.

Lai W.-W., Lin C.-N., Chang C.-C. et Wang J.-D. (2020), « Lifetime risks, expected years of life lost, and cost-per-life year of esophageal cancer in Taiwan », *Scientific Reports*, 10(1), février, p. 1-8.

Lang K., Lines L. M., Lee D. W. *et al.* (2009), « Lifetime and treatment-phase costs associated with colorectal cancer: evidence from SEER-Medicare data », *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 7(2), février, p. 198-204.

Lang H.-C. et Wu S.-L. (2012), « Lifetime costs of the top five cancers in Taiwan », *The European Journal of Health Economics*, 13(3), p. 347-353.

Lee W. C., Christensen M. C., Joshi A. V. et Pashos C. L. (2007), « Long-term cost of stroke subtypes among Medicare beneficiaries », *Cerebrovascular Diseases*, 23(1), janvier, p. 57-65.

Luengo-Fernandez R., Gray A. M. et Rothwell P. M. (2012), « A population-based study of hospital care costs during 5 years after transient ischemic attack and stroke », *Stroke*, 43(12), décembre, p. 3343-3351.

Mittmann N., Porter J. M., Rangrej J. *et al.* (2014), « Health system costs for stage-specific breast cancer: a population-based approach », *Current Oncology*, 21(6), décembre, p. 281-293.

Ramsey S. D., Berry K. et Etzioni R. (2002), « Lifetime cancer-attributable cost of care for long term survivors of colorectal cancer », *The American Journal of Gastroenterology*, 97(2), février, p. 440-445.

Rudberg A.-S., Berge E., Gustavsson A., Näsman P. et Lundström E. (2018), « Long-term health-related quality of life, survival and costs by different levels of functional outcome six months after stroke », *European Stroke Journal*, 3(2), juin, p. 157-164.

Sloan F. A., Yashkin A. P., Akushevich I. et Inman B. A. (2020), « Longitudinal patterns of cost and utilization of medicare beneficiaries with bladder cancer », *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*, 38(2), février, p. 39-e11.

Taylor T. N., Davis P. H., Torner J. C. *et al.* (1996), « Lifetime cost of stroke in the United States », *Stroke*, 27(9), septembre, p. 1459-1466.

Tilson L., Sharp L., Usher C. *et al.* (2012), « Cost of care for colorectal cancer in Ireland: a health care payer perspective », *The European Journal of Health Economics*, 13(4), août, p. 511-524.

ANNEXE 4

SIGLES ET ACRONYMES

ACB – Analyse coûts-bénéfices

Ademe – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (aujourd'hui, Agence de la transition écologique)

AEE – Agence européenne pour l'environnement

Afnor – Association française de normalisation

ALD – Affection de longue durée

AMC – Analyse multicritère

Anah – Agence nationale de l'habitat

Anses – Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

APA – Activité physique adaptée

AVC – Accident vasculaire cérébral

BRE – *Building Research Establishment*

CAP – Consentement à payer

CCR – Caisse centrale de réassurance

CEBR – *Centre of economics and business research*

Cepri – Centre européen de prevention du risque d'inondation

Cerema – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CGDD – Commissariat général au développement durable

CGEDD – Conseil général de l'environnement et du développement durable

CHU – Centre hospitalier universitaire

CNAMTS – Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés

CNAM – Caisse nationale d'assurance maladie

Cnam – Conservatoire national des arts et métiers

COFP – Coût d'opportunité des fonds publics

CoI – *Cost of illness*

CSTB – Centre scientifique et technique du bâtiment

DALY – *Disabled adjusted life years*

DGPR – Direction générale de la prevention des risques

DGT – Direction générale du trésor

DMA – Dommage moyen annuel

DEMA – Dommage évité moyen annuel

DPE – Diagnostic de performance énergétique

Echa – *European chemicals agency*

ECS – Eau chaude sanitaire

EPC (system) – *Energy performance certificate (rating)*

ESPT – État de stress post-traumatique

ExternE – *Externalities of Energy*

FS – France stratégie

GBD – *Global Burden of Disease*

GT – Groupe de travail

HAS – Haute Autorité de santé

HCAAM – Haut Conseil pour l'avenir de l'assurance maladie

Heat – *Health economic assessment tool*

HHSRS – *Housing health and safety rating system*

IHME – *Institute health metrics evaluation*

Ined – Institut national d'études démographiques

Ineris – Institut national de l'environnement industriel et des risques

Inserm – Institut national de la santé et de la recherche médicale

Irdes – Institut de recherche et de documentation en économie de la santé

Lden – *Level day evening night*

MET – Equivalent métabolique (*Metabolic equivalent of task*)

MRN – Mission risques naturels

MTE – Ministère de la transition écologique

OCDE – Organisation de coopération et de développement économiques

OMS – Organisation mondiale de la santé

ONAPS – Observatoire national de l'activité physique et de la sédentarité

ONPE – Observatoire national de la précarité énergétique

OQAI – Observatoire de la qualité de l'air intérieur

Needs – *New energy externalities developments for sustainability*

Papi – Programme d'actions de prévention des inondations

PNSE – Plan national santé environnement

REX – Retour d'expérience

Phébus – Nom de l'enquête intitulée *Performance de l'habitat, équipements, besoins et usages de l'énergie*

PL – Poids lourd

QALY – *Quality adjusted life years*

SAP – *Standard assessment procedure*

SDIS – Service départemental d'incendie et de secours

SGP – Société du grand Paris

SGPI – Secrétariat général pour l'investissement

SNDS – Système national des données de santé

SNGRI – Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation

SNSS – Stratégie nationale sport santé

Soparc – *System for observing play and recreation in communities*

SPF – Santé publique France

VAN – Valeur actuelle nette

VAV – Valeur d'une année de vie (= VOLY en anglais)

VL – Véhicule léger

VOLY – *Value of a life year* (=VAV en français)

VSL – *Value of a statistical life* (=VVS en français)

VSLY – *Value of a statistical life year* (=VAV en français)

VVS – Valeur d'une vie statistique (=VSL en anglais)

YLL – *Years of life lost*

YLD – *Years lost due to disability*

ZI – Zone inondable

GLOSSAIRE

Activité physique : Toute forme de mouvement corporel exécuté par les muscles squelettiques qui entraîne une augmentation de la dépense énergétique (Plan d'action mondial de l'OMS pour promouvoir l'activité physique 2018-2030). D'intensité variable (faible, modérée ou élevée), elle est réalisée lors d'activités professionnelles, lors des déplacements en modes actifs (marche et vélo), dans le cadre de la vie domestique et durant les loisirs.

Accessibilité : Elle peut être définie comme la plus ou moins grande facilité avec laquelle un lieu peut être atteint à partir d'un ou de plusieurs autres lieux, à l'aide de tout ou partie des moyens de transport existants. L'accessibilité ne renvoie pas uniquement à la seule capacité d'atteindre ou non un lieu donné, mais elle traduit également la pénibilité du déplacement et la difficulté de la mise en relation (L. Chapelon, Université Paul-Valéry de Montpellier).

Accident vasculaire cérébral (AVC) : Obstruction ou rupture d'un vaisseau sanguin dans le cerveau (Inserm).

Activité physique adaptée (APA) : Pratique dans un contexte d'activité du quotidien, de loisir, de sport ou d'exercices programmés, des mouvements corporels produits par les muscles squelettiques, basée sur les aptitudes et les motivations des personnes ayant des besoins spécifiques qui les empêchent de pratiquer dans des conditions ordinaires (Décret n° 2016-1990 du 30 décembre 2016 relatif aux conditions de dispensation de l'activité physique adaptée prescrite par le médecin traitant à des patients atteints d'une affection de longue durée). Ces personnes peuvent être atteintes de maladie chronique ou de handicap.

Activité sportive : voir « **Sport** ».

Actualisation : Technique permettant de comparer des coûts encourus et des bénéfices perçus à des années différentes, en ramenant à une même année l'ensemble des euros (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Aléa : Manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données (Plans de prévention des risques naturels prévisibles, 1999).

Alzheimer : Maladie qui résulte d'une lente dégénérescence des neurones, débutant au niveau de l'hippocampe (une structure cérébrale essentielle pour la mémoire) puis s'étendant au reste du cerveau. Elle est caractérisée par des troubles de la mémoire récente, des fonctions exécutives et de l'orientation dans le temps et l'espace. Le malade perd progressivement ses facultés cognitives et son autonomie (Inserm).

Analyse coûts-bénéfices : Approche quantitative destinée à déterminer si, ou dans quelle mesure, un investissement est opportun dans une perspective socioéconomique. Elle se différencie d'une analyse financière par le fait qu'elle considère tous les gains et les pertes d'un investissement. Elle doit en particulier donner lieu au calcul d'une valeur actuelle nette socioéconomique (voir *infra*) (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Analyse multicritère (AMC) : Outil de questionnement et d'analyse destiné à mettre en lumière les points forts et les points faibles d'un projet, notamment au regard de critères environnementaux, sociaux et sanitaires. L'AMC permet de dresser le bilan quantitatif et qualitatif d'un projet et de proposer et examiner des scénarios alternatifs, au regard des différents critères retenus. La pondération des critères est une étape fondamentale de l'analyse (Quinet, 2013, annexe 4).

Analyse de sensibilité : Technique analytique qui permet de tester l'impact de variations des variables d'entrée d'un projet (facteurs de production, prix, taux d'actualisation, etc.) sur les variables de sortie (VAN par exemple) (Quinet, 2013).

Analyse socioéconomique : Approche théorique appliquée à toute évaluation systématique quantitative d'un projet public ou privé, pour déterminer si, ou dans quelle mesure, le projet est opportun dans une perspective publique ou sociale. Elle se différencie d'une simple analyse financière par le fait qu'elle considère tous les gains et les pertes indépendamment du sujet auquel ils se réfèrent (Quinet, 2013).

Biais de mémorisation : Il entraîne un risque d'erreur lié au recueil d'informations anciennes (S. Bastide, CHU Nîmes Caremeau).

Biais de sélection : Il résulte de la façon de choisir et de suivre les sujets de l'échantillon. Une distorsion lors de la constitution de l'échantillon conduit à ce que la population dont est extrait l'échantillon (population source) est différente de la population pour laquelle on souhaite généraliser les résultats (population cible) ou à ce que les groupes de comparaison (exposés / non exposés ou cas / témoins) ne soient pas comparables (M. Mrabet, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat).

Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) : Maladie chronique inflammatoire des bronches, le plus souvent associée à d'autres maladies. Elle se caractérise par un rétrécissement progressif et une obstruction permanente des voies aériennes et des poumons, entrainant une gêne respiratoire (Inserm).

Bruit : Tout phénomène acoustique produisant une sensation généralement considérée comme désagréable ou gênante (Afnor).

Calcul socioéconomique : voir « **Analyse socioéconomique** ».

Cancer : Groupe de maladies se caractérisant par la multiplication et la propagation anarchiques de cellules anormales. Si les cellules cancéreuses ne sont pas éliminées, l'évolution de la maladie mène plus ou moins rapidement au décès de la personne (Fondation contre le cancer).

Changement climatique : Variation du climat due à des facteurs naturels ou humains (Insee).

Coefficient d'incapacité (*Disability weight*) : Facteur de pondération qui reflète la sévérité d'une maladie sur une échelle de 0 (qui correspond à un état de parfaite santé) à 1 (équivalent à un état de mort). En le multipliant par le nombre de cas incidents et la durée de la maladie, il est possible de calculer le nombre d'années de vie perdues à cause de cette maladie (OMS).

Coefficient de qualité de vie (score d'utilité) : Coefficient qui mesure l'utilité accordée à un état de santé sur une échelle de 0 (qui correspond à la mort) à 1 (état de parfaite santé) (Weinstein, 2009).

Consentement à payer (CAP) : Somme d'argent maximale qu'un individu est prêt à payer pour obtenir une amélioration environnementale ou pour éviter une dégradation environnementale (Norme ISO 14 008). [France Stratégie et DG Trésor, 2017 définit la **disponibilité à payer** comme la somme que les consommateurs sont prêts à payer pour un bien ou un service].

Contrefactuel (ou situation contrefactuelle) : Également appelé « option de référence » dans le calcul socioéconomique, il correspond à la situation qui prévaudrait dans le cas où l'investissement considéré ne serait pas réalisé (France Stratégie et DG Trésor, 2017). En santé, il correspond à la situation dans laquelle la personne ne serait pas atteinte de la pathologie étudiée.

Coût de l'inaction : Il représente les coûts supportés par la société humaine en l'absence d'amélioration de la qualité de l'environnement. Plusieurs scénarios peuvent être utilisés comme référence pour définir l'inaction et plusieurs types de coûts peuvent être considérés (voir OCDE, 2008).

Coûts directs : En santé, ils recouvrent les ressources consommées (en biens, en services, en temps) pour produire les interventions sous étude et pour la prise en charge suite à l'intervention (ex. soins de suivi, traitements concomitants…) (HAS, 2020).

Coûts indirects : En santé, ils recouvrent le coût des ressources rendues indisponibles du fait d'un état de santé dégradé ou d'un décès (HAS, 2020). Ils intègrent, par exemple, les pertes de productivité liées à la morbidité (absentéisme) et les pertes de revenu liées à la mortalité précoce.

Coûts intangibles : En santé, ils sont liés au stress, à l'anxiété, à la douleur, et de manière plus générale à toutes les pertes de bien-être et de qualité de vie vécues par le patient (www.medcost.fr).

Coûts médicaux (consommation de soin et biens médicaux) : Ils comprennent les dépenses de soin pour les particuliers (soins hospitaliers, soins de ville, transports sanitaires) et les dépenses en biens médicaux (médicaments et autres biens médicaux, à condition qu'ils soient consommés en dehors de l'hospitalisation) (Irdes).

Coût d'opportunité des fonds publics : Coefficient à affecter à tout euro de dépense et de recette publiques dans les calculs socioéconomiques, reflétant les distorsions introduites par les prélèvements fiscaux et les subventions, coûteux du point de vue de l'efficacité économique de la sphère marchande (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Déciles (de revenu) : Si on ordonne une distribution de salaires, de revenus, de chiffres d'affaires, etc., les déciles sont les valeurs qui partagent cette distribution en dix parties d'effectifs égaux. Ainsi, pour une distribution de salaires : le premier décile (noté généralement D1) est le salaire au-dessous duquel se situent 10 % des salaires et le neuvième décile (noté généralement D9) est le salaire au-dessous duquel se situent 90 % des salaires (Insee).

Densité de bâti : Elle correspond au rapport entre la surface de plancher et la surface totale du périmètre étudié. Elle est exprimée en surface de plancher / km² et dépend de la hauteur des bâtiments et de leur emprise au sol (Apur).

Densité démographique / de population : Elle correspond au nombre d'habitants rapporté à la superficie (Observatoire des territoires). Elle est exprimée en hab/km² ou en hab/ha.

Diabète de type 2 : Il correspond à un excès durable de la concentration de glucose dans le sang (hyperglycémie). Dans le cas du diabète de type 2, ce phénomène est provoqué par une perturbation du métabolisme glucidique. Si elle apparaît progressivement et insidieusement, la maladie a des conséquences graves, voire mortelles, à long terme (Inserm).

Effets cocktails : Lorsque des substances sans danger pour l'Homme individuellement peuvent devenir nocives lorsqu'elles sont mélangées (Inserm).

Effet rebond : Il désigne l'augmentation de la consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie ; ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation (Schneider *et al*., 2001).

Efficacité énergétique : Elle désigne le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner (www.connaissancedesenergies.org).

Énergie finale (kWhEF) : Énergie utilisée par le consommateur, c'est-à-dire après transformation des ressources naturelles en énergie et après le transport de celle-ci (Coenove).

Énergie primaire (kWhEP) : Énergie contenue dans les ressources naturelles, avant une éventuelle transformation (Coenove). Elle représente la quantité totale d'énergie nécessaire pour fournir la quantité d'énergie finale consommée par l'utilisateur, c'est-à-dire en rajoutant à cette énergie finale l'énergie nécessaire à sa production et à son transport, en intégrant les notions de rendement de production et les pertes. Des énergies comme le gaz, le pétrole, le bois sont des énergies primaires, car elles sont utilisables sans transformation. L'électricité n'est pas une énergie primaire : elle est obtenue par transformation de ressources naturelles dans des centrales de production avec un rendement moyen inférieur à 40 % et doit être acheminée jusqu'aux lieux d'utilisation (d'où des pertes de transport). Ainsi pour l'électricité, le taux de conversion d'énergie finale à énergie primaire est de 2,58, alors qu'il est de 1 (ou proche de 1) pour les autres énergies. L'énergie primaire est la seule manière de caractériser la quantité de ressources naturelles consommée et prélevée à la planète.

Enquête cas-témoins : Enquête auprès d'un échantillon de sujets malades (cas) et non malades (témoins) dont l'objectif est de comparer la répartition de facteurs de risque entre les cas et les témoins (P. Saint Pierre, Université Pierre et Marie Curie).

Enquête de cohorte : Suivi dans le temps (étude longitudinale) selon un protocole préétabli d'un groupe de sujets non malades exposés et non exposés dont l'objectif est de comparer la survenue de la maladie chez les exposés et les non exposés (P. Saint Pierre, Université Pierre et Marie Curie).

Enquête transversale : Enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population étudiée sans sélection sur l'exposition ou la maladie dont l'objectif est d'étudier l'association entre l'exposition et la maladie. Elle repose sur une image instantanée d'un phénomène à partir du recueil des informations au moment de l'inclusion (P. Saint Pierre, Université Pierre et Marie Curie).

Epidémiologie : Étude de la distribution et des déterminants d'une maladie dans des populations humaines, et application des résultats de cette étude dans la lutte contre cette maladie (Mac Mahon).

Équité : Elle s'apparente au principe d'égalité « des chances », en plaçant tout le monde sur « la même ligne de départ » et en offrant à tous les mêmes opportunités, sans pour autant exiger que le point d'arrivée soit le même pour tous (Observatoire des inégalités).

Espace public : Il désigne l'ensemble des espaces (généralement urbains) destinés à l'usage de tous, sans restriction. Il peut ainsi s'agir de tout espace de circulation (réseau viaire) ou de rassemblement (parc, place…). Au sens large, cette notion peut s'étendre aux espaces à caractère public ou semi-public qui relèvent de droit privé, mais sont accessibles à tous (par exemple, certains espaces commerciaux). L'espace public est à distinguer du domaine public, qui représente les terrains (et autres immeubles) appartenant de droit à une autorité publique, sans être nécessairement accessibles au public (collectivitesviables.org).

État de stress post-traumatique (ESPT) : voir « **Trouble du stress post-traumatique** ».

Évaluation contingente : Elle se fonde sur l'interrogation d'un échantillon d'individus que l'on met en situation de déterminer la valeur monétaire qu'ils accordent à un bien non-marchand. Le principe de la méthode repose sur la construction d'un scénario dans lequel on propose à la personne interrogée d'acquérir le bien (CGDD, 2013).

Évaluation environnementale : Elle a pour objet de décrire et apprécier, sous l'angle de l'étude d'impacts, les incidences notables directes et indirectes d'un projet sur de multiples facteurs environnementaux, dont la population et la santé humaine (article L.122-1 du code de l'environnement).

Évaluation *ex ante* : Évaluation préalable effectuée en vue de la décision d'investissement. Elle sert à concevoir l'investissement de la manière la plus cohérente et pertinente possible, fournit la base nécessaire pour la surveillance et les évaluations ultérieures et permet de s'assurer, dans toute la mesure du possible, que les objectifs sont pris en compte par le projet d'investissement (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Évaluation *ex post* : Évaluation effectuée un certain temps après la réalisation du projet. Elle a pour objet de vérifier l'impact effectif d'un investissement par comparaison avec les objectifs initiaux et les prévisions *ex ante* (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Expérimentation des choix : Dans cette méthode, le bien à évaluer est présenté à travers ses attributs, qui changent en fonction des choix présentés (scénarios) aux individus interrogés. Les individus ne sont pas directement interrogés sur leur CAP ou CAR mais ces derniers sont déduits des choix que ces personnes effectuent au sujet de ces scénarios (Norme ISO 14008).

Facteur confondant (ou facteur de confusion) : Facteur associé à la fois à l'exposition et à l'événement sans être une conséquence de l'exposition (c'est–à-dire sur le chemin causal) (Laboratoire Commun RISCA (*Research in Informatics and Statistics for Cohort-based Analyses*)).

Fonction de dommages : Dans l'AMC inondation, elle établit une relation quantifiée entre les paramètres d'aléas (le plus souvent, hauteur d'eau et durée de submersion) et le montant du dommage exprimé en euros (CGDD, 2019).

Fonction exposition-risque (dose-effet) : Elle explique les variations de l'effet d'une substance chimique que ce soit son intensité ou le pourcentage des individus qui répondent à un degré particulier de cet effet (A. Bensakhria).

Fraction attribuable : Part des cas (décès, maladies) qui pourraient être évités si un facteur de risque était éliminé (Strain et *et al.*, 2020).

Fraction préventive : Réduction de la morbidité ou mortalité observée en l'état actuel de l'exposition relativement à une situation dans laquelle toute la population serait exposée (à partir de Strain *et al.*, 2020).

Gêne : Sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé (OMS, 1980).

Inactivité physique : Absence d'activité physique ou niveau insuffisant par rapport aux recommandations actuelles en matière d'activité physique (Plan d'action mondial de l'OMS pour promouvoir l'activité physique 2018-2030). Voir « **Insuffisance d'activité physique** ».

Incidence : Nombre de nouveaux cas d'une pathologie observés pendant une période donnée (Insee).

Inefficacité énergétique : voir « **Efficacité énergétique** ». En France, elle est appréciée à l'aide du Diagnostic de performance énergétique (DPE).

Inégalité : Situation dans laquelle une personne ou un groupe détient des ressources, exerce des pratiques ou a accès à des biens et services socialement hiérarchisés, sous-entendu « et qu'une partie des autres ne détiennent pas » (Observatoire des inégalités).

Infarctus du myocarde : Destruction partielle du muscle cardiaque, due à l'obstruction d'une artère qui alimente le cœur en sang, et donc en oxygène (Inserm).

Inondation : Submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau (Géorisques).

Insuffisance d'activité physique : Niveau d'activité physique jugé insuffisant au regard des recommandations fixées par l'OMS à 150 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine (pour les adultes sans pathologie chronique ou handicap) (Plan d'action mondial de l'OMS pour promouvoir l'activité physique 2018-2030).

Méta-analyse : Méthode d'analyse statistique qui consiste à synthétiser et rassembler les résultats d'études indépendantes et à en extraire un résultat « global » (Shorten et Shorten, 2013).

***Odds ratio* :** Rapport entre la cote « présence de A / absence de A » parmi les individus exposés à B et la cote « présence de A / absence de A » parmi les individus non exposés à B. Il s'interprète *dans certaines circonstances* de la même façon qu'un risque relatif (voir ci-dessous) (Anses).

Parkinson : Maladie neurodégénérative caractérisée par la destruction d'une population spécifique de neurones, les neurones à dopamine de la substance noire du cerveau (Inserm).

Passoires énergétiques (ou thermiques) : Elles correspondent aux logements ayant une étiquette F ou G du diagnostic de performance énergétique (ancienne définition) (Ministère de la transition écologique).

Pathologies coronariennes (ou maladies coronaires) : Maladies qui se déclenchent lorsque l'approvisionnement en sang du muscle cardiaque (appelé myocarde) est interrompu ou bloqué (HAS).

Perturbateur endocrinien : Substance ou mélange de substances qui altère les fonctions du système endocrinien et de ce fait induit des effets néfastes dans un organisme intact, chez sa progéniture ou au sein de (sous)-populations (OMS).

Polluants de l'air intérieur : Ils sont classés selon leur nature : chimique (composés organiques volatils ou semi-volatils), biologique (virus, bactéries, moisissures, allergènes d'animaux domestiques, acariens) ou physique (particules, fibres d'amiante, fibres minérales artificielles, radon, champs électromagnétiques) (OQAI).

Pollution atmosphérique : Introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives (Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, 1996). Les principaux polluants de l'air extérieur sont les particules fines, les oxydes d'azote et l'ozone.

Pollution de l'eau : L'état des eaux de surface s'apprécie en fonction de leur état écologique (appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau) et de leur état chimique (déterminé au regard du respect des normes de qualité environnementales (NQE) par le biais de valeurs seuil). L'état des eaux souterraines s'apprécie à partir de leurs état chimique (voir *supra*) et quantitatif (lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de

la nécessaire alimentation des écosystèmes aquatiques) (eaufrance.fr). La pollution de l'eau se présente alors sous différentes formes : chimique (nitrate, phosphates, métaux lourds, PCB, produits phytosanitaires, hydrocarbures, micropolluants dont perturbateurs endocriniens), mais aussi bactériologique (effluents d'élevage, rejets domestiques).

Pollution des sols : Le sol est la couche supérieure de la croûte terrestre. Ressource non renouvelable, il est le produit d'interactions complexes entre le climat, la géologie, la végétation, l'activité biologique, le temps et l'utilisation des terres. Les polluants rencontrés sont très variés, d'origine organique (hydrocarbures, solvants…), minérale ou métallique (plomb, mercure…) (Ademe).

Pneumonie : Infection respiratoire aigüe infectant les poumons, causée par des agents infectieux, des bactéries, des virus ou des champignons (OMS).

Précarité énergétique : Est en situation de précarité énergétique toute personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions de l'habitat (Loi du 12 juillet 2010 portant sur l'engagement national pour l'environnement).

Préférence déclarée : Valeur monétaire d'un bien basée sur la déclaration d'un individu concernant la valeur qu'il attribue à ce bien dans le cadre d'une enquête, dans un marché construit ou hypothétique. (Norme ISO 14 008).

Préférence révélée : Valeur monétaire d'un bien non marchand déduite de la valeur accordée par un individu à un bien marchand (Norme ISO 14 008).

Prévalence : Nombre de cas de maladies enregistrés pour une population déterminée et englobant aussi bien les nouveaux cas que les anciens cas (Ined).

Préventions primaire, secondaire et tertiaire : La prévention consiste à éviter l'apparition, le développement ou l'aggravation de maladies ou d'incapacités. La prévention primaire agit en amont de la maladie (ex : vaccination et action sur les facteurs de risque), la prévention secondaire agit à un stade précoce de son évolution (dépistages) et la prévention tertiaire agit sur les complications et les risques de récidive (HAS).

Prix hédonistes ou hédoniques (méthode) : Méthode statistique pour isoler le « prix » implicite de chacune des caractéristiques d'un bien marchand ayant un impact plus ou moins important sur le prix du bien concerné. Par exemple, les variations des prix fonciers peuvent être utilisées pour révéler la valeur monétaire associée à un bien hors marché, tel que la proximité d'espaces verts, ou un déclin de la qualité de l'environnement, tel que la pollution de l'air. Les prix hédonistes peuvent aussi être utilisés pour expliquer la variation des salaires en fonction des emplois, en tenant compte des différents risques, et pour ainsi estimer la prime de risque versée (Norme ISO 14 008).

Proportionnalité (principe) : Principe selon lequel l'évaluation socioéconomique doit être d'autant plus documentée que le projet est important (importance financière au regard des standards du secteur) (Charpin *et al.* 2016).

Ratio bénéfices/coûts : Il s'agit d'un indicateur d'efficience indiquant le gain rapporté par euro investi dans le projet.

Rénovation énergétique : Elle désigne l'ensemble des travaux visant à diminuer la consommation énergétique d'un bâtiment (renovation-info-service.gouv.fr). Elle consiste à améliorer l'isolation et / ou à changer le système de chauffage et d'eau chaude sanitaire et / ou la ventilation et la régulation et le pilotage des équipements.

Résilience : En physique, la résilience désigne la capacité d'un matériau à reprendre sa forme après une déformation. Dès les années 1950, cette notion a été utilisée pour désigner la capacité des personnes à pouvoir vivre des situations difficiles sans que celles-ci les affectent à long terme (Tisseron *et al.*, -).

Revenu par unité de consommation : Il correspond au revenu par « équivalent adulte ». Il est calculé en rapportant le revenu disponible du ménage au nombre d'unités de consommation (UC) qui le composent. L'UC est un système de pondération qui permet de comparer les niveaux de vie de ménages de tailles ou de compositions différentes. Il tient compte des économies d'échelle au sein du ménage et attribue un coefficient à chaque membre du ménage (le plus souvent : 1 UC pour le premier adulte du ménage, 0,5 UC pour les autres personnes de 14 ans ou plus et 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans) (Insee).

Revue systématique : Elle est le résultat d'une démarche scientifique rigoureuse constituée de plusieurs étapes bien définies, incluant une recherche de littérature systématique, une évaluation de la qualité de chaque étude considérée et une synthèse, quantifiée ou narrative, des résultats obtenus (Cochrane).

Risque relatif : Il permet d'exprimer l'association entre une exposition (à un traitement ou un facteur de risque) et une maladie : c'est le facteur par lequel le risque de maladie est multiplié en présence de l'exposition (Anses). Il se calcule à partir du ratio des probabilités que l'événement se produise dans chacun des groupes (exposés et non exposés).

Santé : État de complet bien-être physique, mental et social, qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité (OMS).

Santé environnementale : Elle comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement (OMS).

Sédentarité : Situation d'éveil caractérisée par une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 METs en position assise ou allongée (Tremblay *et al.*, 2017).

Seuil de pauvreté : Il correspond à 60 % du niveau de vie médian de la population (Insee).

Sport : Activité qui met l'accent sur l'effort physique, l'habileté et / ou la coordination mains-yeux, avec des éléments de compétition où les règles et les modèles de comportement régissant l'activité existent officiellement par l'entremise d'organisations ; et qui peut être pratiquée individuellement ou en équipe (Plan d'action mondial de l'OMS pour promouvoir l'activité physique 2018-2030).

Taux d'effort énergétique : Part des dépenses totales d'énergie dans le logement sur le revenu disponible du ménage (ONPE).

Trouble du stress post-traumatique (TSPT) : Syndrome se développant après l'exposition à un ou plusieurs événements traumatiques qui s'articule autour de quatre types de symptômes : reviviscences (souvenirs, rêves répétitifs, réactions dissociatives de type flash-back, ...), évitement (l'individu tente d'éviter les situations et les facteurs déclencheurs qui pourraient lui rappeler l'événement traumatisant), altération négative des cognitions et de l'humeur et altération marquée de l'éveil et de la réactivité. Le diagnostic de TSPT est posé si les symptômes persistent au-delà d'un mois (à partir du manuel diagnostique et statistiques des troubles mentaux).

Valeur actuelle nette (VAN) (socioéconomique) : Somme des avantages positifs et négatifs résultant d'un projet, actualisés à une année de référence à l'aide du taux d'actualisation socioéconomique, évalués dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Valeur tutélaire : Valeur donnée à un bien non marchand, définie par la puissance publique, représentant sa valeur (ou son coût) pour la collectivité et destinée à être utilisée dans les calculs socioéconomiques (France Stratégie et DG Trésor, 2017).

Valeur d'une année de vie (VAV) : Elle représente la valeur qu'une population donnée attribue *ex ante* au fait qu'une personne non spécifiée gagne une année de vie (à partir de la définition de la valeur d'une vie statistique ci-dessous). Elle peut être calculée à partir de la valeur d'une vie statistique et peut être utilisée pour évaluer des politiques, investissements ou régulations qui affectent une population particulièrement jeune ou âgée.

Valeur d'une vie statistique (VVS) : Elle représente la valeur qu'une population donnée attribue *ex ante* au fait d'éviter le décès d'une personne non spécifiée. La VVS a pour base la somme d'argent que chaque individu est prêt à payer pour une réduction donnée du risque de décès prématuré (OCDE, 2012). Elle permet d'évaluer l'impact d'une dépense, d'une réglementation, d'un investissement sur le risque décès (Quinet, 2013).

Vulnérabilité : Pour un système, elle représente une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages (Ademe). En santé, elle fait référence aux conditions prédisposant la personne exposée à subir un effet sur la santé. Les individus vulnérables en santé ont une plus grande probabilité de connaître, à exposition égale face à un risque, des conséquences délétères sur leur santé (Heard, 2011).

BIBLIOGRAPHIE

Références citées dans l'avant-propos et l'introduction générale

Baïetto-Beysson S. (2022), *Référentiel méthodologique de l'évaluation socioéconomique des opérations d'aménagement urbain*, France Stratégie/Secrétariat général pour l'investissement/ministère de la Transition écologique, mars.

de Brux J. et Delarue F. (2018), *Contre-expertise de l'évaluation socio-économique du projet du Village Olympique et Paralympique*, rapport au secrétaire général pour l'investissement, novembre.

de Brux J., Mevel A., Ni J. et Quinet E. (2018), *Évaluation socioéconomique de Météo-France*, rapport au ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, France Stratégie, juin.

de Brux J. et Morel d'Arleux J. (2017), *Contre-expertise de l'évaluation socio-économique du projet de reconstruction du centre pénitentiaire de Bordeaux-Gradignan*, rapport au commissaire général à l'investissement, mai.

de Brux J., Salazar-Aristizabal V. et Mevel A. (2019), *Évaluation socio-économique de l'ORCOD-IN du quartier du Bas-Clichy, à Clichy-sous-Bois*, CITIZING pour l'Établissement public foncier d'Île-de-France.

Fougère D. et Heim A. (2019), *L'évaluation socioéconomique de l'investissement social*, France Stratégie, document de travail n° 2019-06, novembre.

France Stratégie et DG Trésor (2017), *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, décembre.

Quinet E. (2019), *L'évaluation socioéconomique des projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche*, France Stratégie, février.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Références citées dans le Chapitre 1

Ademe (2021), *Estimation du coût social du bruit en France et analyse de mesures d'évitement simultané du coût social du bruit et de la pollution de l'air*, octobre.

Alberini A. et Ščasný M. (2018), « The benefits of avoiding cancer (or dying from cancer): evidence from a four-country study », *Journal of Health Economics*, 57, janvier, p. 249-262.

Anses, CSTB et OQAI (2014), *Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur*, rapport d'étude, avril.

Cameron T. A. et DeShazo J. R. (2013), « Demand for health risk reductions », *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1), p. 87-109.

Cameron T. A. et DeShazo J. R. (2012), « Handbook to accompany "demand for health risk reductions" and related papers », *Oregon Undergraduate Research Journal* (OURJ), juillet.

Cameron T. A., DeShazo J. R. et Johnson E. H. (2008), « Willingness to pay for health risk reductions: Differences by type of illness », Working Paper, juin.

Claxton K., Martin S., Soares M. *et al.* (2015), *Methods for the estimation of the National Institute for Health and Care Excellence cost-effectiveness threshold*, annexe 1, *Systematic review of the literature on the cost-effectiveness threshold*.

Defra/Environment Agency (2005), *The Appraisal of Human-Related Intangible Impacts of Flooding*, R&D Technical Report.

Desaigues B., Ami D., Hutchison M. *et al.* (2007), *Final Report on the Monetary Valuation of Mortality and Morbidity Risks from Air Pollution*.

Drees (2020), *Les dépenses de santé en 2019. Résultats des comptes de la santé – édition 2020*, sous la dir. de Marc C., Héam J.-C., Mikou M. *et al.*, Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques, coll. « Panoramas de la Drees – Santé », septembre.

Echa (2016), « Valuing selected health impacts of chemicals », Conference Proceedings, European Chemicals Agency, février.

EPA (2010), *Guidelines for Preparing Economic Analyses*, National Center for Environmental Economics, décembre.

ExternE (2005), *Externalities of Energy: Methodology – Update*, Commission européenne, janvier.

Ezratty V., Ormandy D., Laurent M. H. *et al.* (2018), « Évaluation des coûts et des bénéfices pour la santé de la rénovation énergétique en France », *Environnement, risques et santé*, 17(4), juillet-août, p. 401-410.

France Stratégie et DG Trésor (2017), *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, décembre.

Gallay A., Rachas A., Gastaldi-Ménager C. *et al.* (2020), « The French national Global Burden of Disease (GBD) evaluation project », *European Journal of Public Health*, 30(S5), septembre.

Gentry E.P. et Viscusi W.P. (2016), « The fatality and morbidity components of the value of statistical life », *Journal of Health Economics*, 46, mars, p. 90-99.

Haagsma J.A., Maertens de Noordhout C., Polinder S. *et al.* (2015), « Assessing disability weights based on the responses of 30,660 people from four European countries », *Popular Health Metrics*, 13(10), avril.

Hammitt J. K. et Haninger K. (2017), « Valuing nonfatal health risk as a function of illness severity and duration: Benefit transfer using QALYs », *Journal of Environmental Economics and Management*, 82, p. 17-38.

Hammitt J. K. et Liu J. T. (2004), « Effects of disease type and latency on the value of mortality risk », *Journal of Risk and Uncertainty*, 28(1), p. 73-95.

HAS (2020), *Choix méthodologiques pour l'évaluation économique à la HAS*, Haute Autorité de santé, juillet.

HAS (2014), *Valeurs de référence pour l'évaluation économique en santé. Revue de littérature*, Haute Autorité de santé, décembre.

Herrera-Araujo D., Hammitt J. K. et Rheinberger C. M. (2020), « Theoretical bounds on the value of improved health », *Journal of Health Economics*, 72, juilllet.

Hutubessy R., Chisholm D. et Edejer T. T. T. (2003), « Generalized cost-effectiveness analysis for national-level priority-setting in the health sector », *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 1(1), décembre, p. 1-13.

Kenkel D. (2006), « WTP-and QALY-based approaches to valuing health for policy: common ground and disputed territory », *Environmental & Resource Economics*, 34(3), juillet, p. 419-437.

Krabbe P. F., Stouthard M. E., Essink-Bot M. L. et Bonsel G. J. (1999), « The effect of adding a cognitive dimension to the EuroQol multiattribute health-status classification system », *Journal of Clinical Epidemiology*, 52(4), avril, p. 293-301.

McDonald R. L., Chilton S. M., Jones-Lee M. W. et Metcalf H. R. T. (2016), « Dread and latency impacts on a VSL for cancer risk reductions », *Journal of Risk and Uncertainty*, 52(2), avril, p. 137-161.

Neumann P. J., Cohen J. T. et Weinstein M. C. (2014), « Updating cost-effectiveness—the curious resilience of the $50,000-per-QALY threshold », *The New England Journal of Medecine*, 371(9), août, p. 796-797.

OCDE (2012), *La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports*, Paris, Éditions OCDE.

OMS (2013), *Climate Change and Health: A Tool to Estimate Health and Adaptation Costs*, Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

OMS (2013), « La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC », communiqué de presse, Organisation mondiale de la santé, 17 octobre.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Rheinberger C. M., Herrera-Araujo D. et Hammitt J. K. (2016), « The value of disease prevention vs treatment », *Journal of Health Economics*, 50, décembre, p. 247-255.

Robberstad B. (2009), « QALYs vs DALYs vs LYs gained: What are the differences, and what difference do they make for health care priority setting? », *Norsk Epidemiologi*, 15(2), octobre.

Robinson L. A., Hammitt J. K. et O'Keeffe L. (2019), « Valuing mortality risk reductions in global benefit-cost analysis », *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 10(S1), janvier, p. 15-50.

Ryen L. et Svensson M. (2015), « The willingness to pay for a quality adjusted life year: a review of the empirical literature », *Health Economics*, 24(10), octobre, p. 1289-1301.

Salomon J. A., Vos T., Hogan D. R. *et al.* (2012), « Common values in assessing health outcomes from disease and injury: disability weights measurement study for the Global Burden of Disease Study 2010 », *The Lancet*, 380(9859), décembre, p. 2129-2143.

Sarlat G. (2004), « Dépenses et recettes de l'assurance maladie, mythes et réalités », *Les Tribunes de la santé*, (3), p. 51-69.

Schwarzinger M., Stouthard M. E. A., Burström K. et Nord E. (2003), « Cross-national agreement on disability weights: the European Disability Weights Project », *Population Health Metrics*, 1(1), novembre, p. 1-11.

Sénat (2015), *Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur le coût économique et financier de la pollution de l'air*, juillet.

Spicer R. S. et Miller T. R. (2010), *Uncertainty Analysis of Quality Adjusted Life Years Lost. Final Report to the National Highway Traffic Safety Administration*, février.

Sullivan P. W. et Ghushchyan V. (2006), « Preference-based EQ-5D index scores for chronic conditions in the United States », *Medical Decision Making*, 26(4), juillet-août, p. 410-420.

Sullivan P. W., Slejko J. F., Sculpher M. J. et Ghushchyan V. (2011), « Catalogue of EQ-5D scores for the United Kingdom », *Medical Decision Making*, 31(6), novembre-décembre, p. 800-804.

Tarricone R. (2006), « Cost-of-illness analysis: what room in health economics? », *Health Policy*, 77(1), juin, p. 51-63.

Téhard B., Detournay B., Borget I., Roze S. et De Pouvourville G. (2020), « Value of a QALY for France: A new approach to propose acceptable reference values », *Value in Health*, 23(8), août, p. 985-993.

Tengs T. O. et Wallace A. (2000), « One thousand health-related quality-of-life estimates », *Medical Care*, 38(6), juin, p. 583-637.

Trasande L., Zoeller R. T., Hass U. *et al.* (2016), « Burden of disease and costs of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European Union: an updated analysis », *Andrology*, 4(4), juillet, p. 565-572.

Tsuchiya A. et Dolan P. (2005), « The QALY model and individual preferences for health states and health profiles over time: a systematic review of the literature », *Medical Decision Making*, 25(4), juillet-août, p. 460-467.

US Department of Health and Human Services (2018), *Guidelines for Regulatory Impact Analysis 2016*.

Van Wilder L., Rammant E., Clays E. *et al.* (2019), « A comprehensive catalogue of EQ-5D scores in chronic disease: results of a systematic review », *Quality of Life Research*, 28(12), décembre, p. 3153-3161.

Ye Z., Ma J., Liu F., Wang C., Zhou Z. et Sun L. (2021), « A systematic review and meta-regression of studies eliciting willingness-to-pay per quality-adjusted life year in the general population », *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 22(1), janvier, p. 53-61.

Références citées dans l'application « Inondations »

Ahern M., Kovats R. S., Wilkinson P., Few R. et Matthies F. (2005), « Global health impacts of floods: epidemiologic evidence », *Epidemiologic Reviews*, 27(1), juillet, p. 36-46.

CCR et Météo-France (2018), *Impact du changement climatique sur les dommages assurés. Étude 2018, Scénarios RCP 8.5*, Caisse centrale de réassurance et Météo-France, juin.

CGDD (2022), *Comment évaluer les dommages psychologiques évités par la prévention des inondations ?*, de Meurisse B. et Guéro P. Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », mars.

CGDD (2019), *L'évaluation socio-économique des projets de prévention des inondations en France*, de Meurisse B. et Nicklaus D., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », juin.

CGDD (2018), *Analyse multicritère des projets de gestion des inondations. Guide méthodologique 2018*, Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Balises », mars.

CGEDD et Cerema (2019), *Guide méthodologique « APRÈS inondation ». Organisation de la collecte des données issues des REX inondation*, Conseil général de l'environnement et du développement durable, juillet.

Champonnois V. et Chanel C. (2016), « How useful are (Censored) Quantile Regressions for Contingent Valuation? Evidence from a flood survey », Working Papers, French Association of Environmental and Resource Economists.

Chen L. et Liu A. (2015), « The incidence of posttraumatic stress disorder after floods: a meta-analysis », *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 9(3), juin, p. 329-333.

Colbeau-Justin L., Casal A. et Barnay J. (2003), *Étude de la vulnérabilité psychologique de l'habitant face au risque d'inondation – Inondations de la Bretagne et de la Saône. Analyse du corpus de données recueillies par EDATER et Bruno Ledoux Consultants*, LPE – UMR 8069.

Creach A. (2015), Cartographie et analyse économique de la vulnérabilité du littoral atlantique français face au risque de submersion marine (Doctoral dissertation, Université de Nantes).

Dai W., Wang J., Kaminga A. C. *et al.* (2016), « Predictors of recovery from posttraumatic stress disorder after the dongting lake flood in China: a 13–14 year follow-up study », *BMC Psychiatry*, 16(1), novembre, 1-9.

Defra/Environment Agency (2005), *The Appraisal of Human-Related Intangible Impacts of Flooding*, R&D Technical Report.

Delavière M. (2009), *Impacts du changement climatique sur la santé en France. Éléments de coûts : exemples de la canicule et des inondations*, ministère de la Santé et des Sports, mai.

DGPR (2011), *Première évaluation nationale des risques d'inondation. Principaux résultats – EPRI 2011*, Direction générale de la Prévention des risques, juillet.

Fekete A. (2009), « Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(2), mars.

Fernandez A., Black J., Jones M. *et al.* (2015), « Flooding and mental health: a systematic mapping review », *PloS One*, 10(4), avril.

Fewtrell L. et Kay D. (2008), « An attempt to quantify the health impacts of flooding in the UK using an urban case study », *Public Health*, 122(5), mai, p. 446-451.

Foudi S., Osés-Eraso N. et Galarraga I. (2017), « The effect of flooding on mental health: Lessons learned for building resilience », *Water Resources Research*, 53(7), juillet, p. 5831-5844.

Herrera-Araujo D., Hammitt J. K. et Rheinberger C. M. (2020), « Theoretical bounds on the value of improved health », *Journal of Health Economics*, 72, juilllet.

Jakubicka T., Vos F., Phalkey R., Guha-Sapir D. et Marx M. (2010), *Health Impacts of Floods in Europe: Data Gaps and Information Needs from a Spatial Perspective*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).

Jonkman S. N. (2007), *Loss of Life Estimation in Flood Risk Assessment: Theory and Applications*, thèse, janvier.

Jonkman S. N. et Kelman I. (2005), « An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths », *Disasters*, 29(1), mars, p. 75-97.

Joseph R. D., Proverbs D. G. et Lamond J. E. (2015), « Assessing the value of intangible benefits of property level flood risk adaptation (PLFRA) measures », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 79(2), juillet, p. 1275-1297.

Kessler R. C., Aguilar-Gaxiola S., Alonso J. *et al.* (2017), « Trauma and PTSD in the WHO world mental health surveys », *European Journal of Psychotraumatology*, 8(S5), octobre.

Lamond J. E., Joseph R. D. et Proverbs D. G. (2015), « An exploration of factors affecting the long term psychological impact and deterioration of mental health in flooded households », *Environmental Research*, 140, juillet, p. 325-334.

Lowe D., Ebi K. L. et Forsberg B. (2013), « Factors increasing vulnerability to health effects before, during and after floods », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), décembre, p. 7015-7067.

Maltais D., Lachance L., Fortin M. *et al.* (2000), « L'état de santé psychologique et physique des sinistrés des inondations de juillet 1996 : étude comparative entre sinistrés et non sinistrés », *Santé mentale au Québec*, 25(1), printemps, p. 116-137.

Mason V., Andrews H. et Upton D. (2010), « The psychological impact of exposure to floods », *Psychology, Health and Medicine*, 15(1), janvier, p. 61-73.

McMillen C., North C., Mosley M. et Smith E. (2002), « Untangling the psychiatric comorbidity of posttraumatic stress disorder in a sample of flood survivors », *Comprehensive Psychiatry*, 43(6), novembre-décembre, p. 478-485.

Menne B. et Murray V. (2013), *Floods in the WHO European Region: Health Effects and their Prevention*, Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

Owusu S., Wright G. et Arthur S. (2015), « Public attitudes towards flooding and property-level flood protection measures », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 77(3), mars, p. 1963-1978.

Neria Y., Nandi A. et Galea S. (2008), « Posttraumatic stress disorder following disasters: a systematic review », *Psychological Medicine*, 38(4), avril, p. 467-480.

Paranjothy S., Gallacher J., Amlôt R. *et al.* (2011), « Psychosocial impact of the summer 2007 floods in England », *BMC Public Health*, 11(1), mars.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Rufat S. (2017), « Comment analyser la vulnérabilité aux inondations ? Approches quantitatives, qualitatives, francophones et anglophones », *Annales de géographie*, 2017/3, p. 287-312).

Rufat S., Tate E., Burton C. G. et Maroof A. S. (2015), « Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14(4), décembre, p. 470-486.

Six C., Mantey K., Franke F., Pascal L. et Malfait P. (2008), *Étude des conséquences psychologiques des inondations à partir des bases de données de l'Assurance maladie – département du Gard*, Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire.

Stouthard M. E., Essink-Bot M. L., Bonsel G. J. *et al.* (1997), *Disability weights for diseases in the Netherlands*, Inst. Sociale Geneeskunde.

Tapsell S. (2009), *Developing A Conceptual Model of Flood Impacts upon Human Health*, FLOODsite Projet Report, février, T10-09-02.

Verger P., Aulagnier M., Schwoebel V. et Lang T. (2005), *Démarches épidémiologiques après une catastrophe. Anticiper les catastrophes : enjeux de santé publique, connaissances, outils et méthodes*, ministère de l'Écologie et du développement durable, Paris, La Documentation française.

Verger P., Rotily M., Hunault C. *et al.* (2003), « Assessment of exposure to a flood disaster in a mental-health study », *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 13(6), p. 436-442.

Vinet F. (2017), « Flood impacts on loss of life and human health », in *Floods*, t. I, *Risk Knowledge*, Amsterdam, Elsevier, p. 33-51.

Vinet F., Boissier L. et Defossez S. (2011), « La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles : deux inondations récentes en France (Xynthia, Var, 2010) », *VertigO*, 11(2).

Waite T. D., Chaintarli K., Beck C. R. *et al.* (2017), « The English national cohort study of flooding and health: cross-sectional analysis of mental health outcomes at year one », *BMC Public Health*, 17(1), janvier.

Références citées dans l'application « Inefficacité énergétique des logements »

Ahrendt D., Dubois H., Jungblut J. M. *et al.* (2016), *Inadequate Housing in Europe: Costs and Consequences*, Eurofound.

Ambrosio G., Belaid F., Bair S. et Teissier O. (2015), *Analyse de la précarité énergétique à la lumière de l'enquête PHÉBUS*, Observatoire national de la précarité énergétique, octobre.

Anah (2010), *Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat. Mode d'emploi,* Agence nationale de l'habitat, novembre.

Barnes M., Butt S. et Tomaszewski W. (2008), *The Dynamics of Bad Housing: the Impact of Bad Housing on the Living Standards of children*, Londres, National Centre for Social Research.

Braubach M., Jacobs D. E et Ormandy D. (2011), *Environmental Burden of Disease Associated with Inadequate Housing: A Method Guide to the Quantification of Health Effects of Selected Housing Risks in the WHO European Region*, Organisation mondiale de la santé.

CGDD (2022), *Rénovation énergétique des logements : des bénéfices de santé significatifs*, de Domergue S., Meynard C.-L., Meurisse B. et Robinet A., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », mars.

CGDD (2021), *Projet de loi climat et résilience : évaluation de l'obligation de rénovation des logements indécents du parc locatif privé*, de Domergue S., Chabrol F. et Giraudet L.-G., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », juin.

Chapman R., Preval N. et Howden-Chapman P. (2017), « How economic analysis can contribute to understanding the links between housing and health », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(9), août.

CREAI-ORS Languedoc-Roussillon et GEFOSAT (2016), *Évolution de la consommation de soins à la suite de travaux de réhabilitation de logements*, rapport final PREBAT/Ademe, juillet.

De Brux J., Salazar-Aristizabal V. et Mevel A. (2019), *Évaluation socio-économique de l'ORCOD-IN du quartier du Bas-Clichy, à Clichy-sous-Bois*, CITIZING pour l'Établissement public foncier d'Île-de-France.

Diel R., Vandeputte J., de Vries G. *et al.* (2014), « Costs of tuberculosis disease in the European Union: a systematic analysis and cost calculation », *European Respiratory Journal*, 43(2), février, p. 554-565.

Dubreuil D. (2017), *Coûts et bénéfices d'un plan de rénovation des passoires énergétiques à horizon 2025. Étude économique*, février.

Ezratty V et Ormandy D. (2020), « Assessing the health impacts of housing conditions: The French Domiscore in light of experience gained from the English housing and health safety rating system (HHSRS) development », *Environnement, risques et santé*, 19(6), p. 400-403.

Ezratty V., Ormandy D., Laurent M. H. *et al.* (2018), « Évaluation des coûts et des bénéfices pour la santé de la rénovation énergétique en France », *Environnement, risques et santé*, 17(4), juillet-août, p. 401-410.

Ezratty V., Ormandy D., Laurent M. H. *et al.* (2017), « Fuel poverty in France: Adapting an English methodology to assess the health cost implications », *Indoor and Built Environment*, 26(7), juin, p. 999-1008.

Fujiwara D. et Dolan P. (2014), *Valuing Mental Health: How a Subjective Wellbeing Approach Can Show Just How Much it Matters*, Londres, UK Council for Psychotherapy.

Guthmann J.P., Laporal S., Lévy-Bruhl D. (2020), « La tuberculose maladie en France en 2018. Faible incidence nationale, forte incidence dans certains territoires et groupes de population », *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 10-11, p. 196-203.

HCSP (2020), *Élaboration d'un outil de caractérisation d'un habitat du point de vue de la santé et du bien-être – Le « Domiscore »*, rapport de faisabilité, Haut Conseil de la santé publique.

Herrera-Araujo D., Hammitt J. K. et Rheinberger C. M. (2020), « Theoretical bounds on the value of improved health », *Journal of Health Economics*, 72, juilllet.

HHSRS (2003), *Statistical Evidence to Support the Housing Health and Safety Rating System*, t. I, *Project Report*, Londres, University of Warwick, London School of Hygiene and Tropical Medicine - Office of the Deputy Prime Minister.

HHSRS (2000), *Housing Health and Safety Rating System. Guidance (Version 1)*, Londres, Department of the Environment, Transport and the Regions.

Housing Europe (2015), *The State of Housing in the EU 2015*, Bruxelles, Housing Europe.

Howden-Chapman P., Crane J., Matheson A. *et al.* (2005), « Retrofitting houses with insulation to reduce health inequalities: aims and methods of a clustered, randomised community-based trial », *Social Science & Medicine*, 61(12), décembre, p. 2600-2610.

Lacroix E. et Jusot F. (2014), « Fuel Poverty is it harmful for health? Evidence from French health survey data », communication dans le cadre de la conférence *Journées des économistes de la santé français (JESF)*, décembre.

Ledésert B. (2013), *Liens entre précarité énergétique et santé : analyse conjointe des enquêtes réalisées dans l'Hérault et le Douaisis*, Montpellier, CREAI-ORS Languedoc-Roussillon.

Marmot M., Geddes I., Bloomer E., Allen J. et Goldblatt P. (2011), *The Health Impacts of Cold Homes and Fuel Poverty*, Londres, Friends of the Earth et Marmot Review Team.

Merly-Alpa T., Riedinger N. et Baudry M. (2020), *Le parc de logements par classe de consommation énergétique*, Observatoire national de la rénovation énergétique, document de travail n° 49, septembre.

Mu Z., Chen P.-L., Geng F.-H. *et al.* (2017), « Synergistic effects of temperature and humidity on the symptoms of COPD patients », *International Journal of Biometeorology*, 61(11), mai, p. 1919-1925.

OMS (2018), *WHO Housing and Health Guidelines*, Web Annex B, *Report of the Systematic Review on the Effect of Indoor Cold on Health*, Organisation mondiale de la santé.

ONPE (2020), *Tableau de bord de la précarité énergétique. Édition 2020 (2e semestre)*, Observatoire national de la précarité énergétique.

Ormandy D. (2009), « The right to healthy housing: Putting health at the centre of English housing policies », in Conseil d'État (2009), *Rapport public 2009. Droit au logement, droit du logement*, Paris, La Documentation française, p. 439-454.

Poortinga W., Rodgers S. E., Lyons R. A. *et al.* (2018), *The Health Impacts of Energy Performance Investments in Low-income Areas: A Mixed-Methods Approach*, Southampton, NIHR Journals Library.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Rafenberg C. (2015), *Estimation des coûts pour le système de soins français de cinq maladies respiratoires et des hospitalisations attribuables à la pollution de l'air*, Commissariat général au développement durable, coll. « Études et documents », avril.

Rudge J. (2011), « Indoor cold and mortality », in Braubach M., Jacobs D. E et Ormandy D. (2011), *Environmental Burden of Disease Associated with Inadequate Housing: A Method Guide to the Quantification of Health Effects of Selected Housing Risks in the WHO European Region*, Organisation mondiale de la santé, p. 81-95.

Wookey R., Bone A., Carmichael C. et Crossley A. (2014), *Minimum home temperature thresholds for health in winter. A systematic literature review*, Londres, Public Health England.

Références citées dans l'application « Bruit de chantiers »

Ademe (2021), *Estimation du coût social du bruit en France et analyse de mesures d'évitement simultané du coût social du bruit et de la pollution de l'air*, octobre.

Ademe (2016), *Analyse bibliographique des travaux français et européens. Le coût social des pollutions sonores*, étude réalisée pour le compte du CNB et de l'ADEME par EY, mai.

AEE (2020), *Environmental Noise in Europe – 2020*, rapport n° 22/2019, Agence européenne pour l'environnement.

AEE (2010), *Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects*, rapport technique n° 11/2010, Agence européenne pour l'environnement.

Atelier parisien d'urbanisme (2014), *Observatoire des quartiers de gare du Grand Paris. Monographie du quartier de gare Champigny Centre*, mai.

Babisch W. (2002), « The noise/stress concept, risk assessment and research needs », *Noise and Health*, 4(16), p. 1-11.

Bickel P., Friedrich R., Burgess A. *et al.* (2006), *HEATCO – Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment*, IER University Stuttgart.

Bruitparif (2019), *Impacts sanitaires du bruit des transports dans la zone dense de la région Île-de-France*, rapport d'étude, février.

CGDD (2022), *Le coût des nuisances sonores des chantiers : quelle intégration dans les évaluations socio-économiques de projets ?*, de Meurisse B., Robinet A., Hartmann L. et Ni J., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », mars.

Commission européenne (2012), *Assessment of the Health and Environmental Benefits of REACH. Part A – Methodology*, avril.

Conseil national du bruit (2013), *Bruit des chantiers. Missions incombant aux acteurs d'une opération de construction pour limiter les nuisances*, coll. « Les guides du CNB », n° 4.

Croutte P. et Lautié S. (2017), *Qualité de vie et nuisances sonores. Opinion et comportements des Franciliens*, rapport d'étude Crédoc/Bruitparif, juin.

Evrard A.-S., Lefèvre M., Baudin C., et al. (2020), *Bruit des avions et santé des riverains d'aéroport. L'étude nationale Debats – Résultats à l'inclusion*, université Gustave Eiffel, octobre.

Georges F., Heroux M-E., Fong K. et OMS (2013), « Public health and economic burden of environmental noise », congrès Internoise 2013, Innsbruck.

Guski R., Schreckenberg D. et Schuemer R. (2017), « WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), décembre.

Hamon-Cholet S. et Sandret N. (2007), *Accidents et conditions de travail*, coll. « Premières informations », n° 31.2, Dares, août.

HEATCO (2006), voir Bickel *et al*. (2016).

Herrera-Araujo D., Hammitt J. K. et Rheinberger C. M. (2020), « Theoretical bounds on the value of improved health », *Journal of Health Economics*, 72, juilllet.

Institut national de santé publique du Québec (2018), *Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie*, guide, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, septembre.

Jung S., Kang H, Choi J. et Hong T. (2020), « Quantitative health impact assessment of construction noise exposure on the nearby region for noise barrier optimization », *Building and Environment*, 176, avril.

Lan Y., Roberts H., Kwan M. P. et Helbich M. (2020), « Transportation noise exposure and anxiety: a systematic review and meta-analysis », *Environmental Research*, 191, août, p. 110-118.

Levain J.-P., Mauny F., Pujol S. *et al.* (2015), « Exposition au bruit et performance scolaire des élèves de CE2 », *Psychologie française*, 60(1), mars, p. 35-49.

Liu Y., Xia B., Cui C. et Skitmore M. (2017), « Community response to construction noise in three central cities of Zhejiang province, China », *Environmental Pollution*, 230, novembre, p. 1009-1017.

Miedema H. M. E. et Vos H. (2004), « Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day–evening–night level (DENL) and their confidence intervals », *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(1), juillet, p. 334-343.

Navrud S. (2002), *The State-of-the-art on Economic Valuation of Noise*, Final Report to European Commission DG Environment, avril.

Neumann P. J., Cohen J. T. et Weinstein, M. C. (2014), « Updating cost-effectiveness—the curious resilience of the $50,000-per-QALY threshold », *The New England Journal of Medecine*, 371(9), août, p. 796-797.

OMS (2018), *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

OMS (2011), *Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*, Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

OMS (2009), *Night Noise Guidelines for Europe*, dirigé par Hurtley C., Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

OMS (1980), *Environmental Health Critera 12 – Noise*, WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Noise & World Health Organization, Organisation mondiale de la santé.

Quinet A. (2019), *La valeur de l'action pour le climat. Une valeur tutélaire du carbonne pour évaluer les investissements et les politiques publiques*, rapport de la commission présidée par Alain Quinet, France Stratégie, février.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Sétra (2011), *Maîtrise du bruit des chantiers de construction des infrastructures de transports terrestres*, guide méthodologique, Service d'études techniques des routes et autoroutes.

Société du Grand Paris (2019), *Livre blanc Silence Chantier*, janvier.

van Essen H., van Wijngaarden L., Schroten A. *et al.* (2019), *Handbook on the External Costs of Transport – Version 2019*, Commission européenne, juin.

Xiao J., Li X. et Zhang Z. (2016), « DALY-based health risk assessment of construction noise in Beijing, China », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(11), novembre.

Zou C., Zhu R., Tao Z., Ouyang D. et Chen Y. (2020), « Evaluation of Building Construction-Induced Noise and Vibration Impact on Residents », *Sustainability*, 12(4), février.

Références citées dans l'application « Activité physique dans l'espace public »

Alt R., Binder A., Helmenstein C., Kleissner A. et Krabb P. (2015), *Der volkswirtschaftliche Nutzen von Bewegung. Volkswirtschaftlicher Nutzen von Bewegung, volkswirtschaftliche Kosten von Inaktivität und Potenziale von mehr Bewegung*, SportsEconAustria Institut für Sportökonomie, rapport de recherche, décembre.

Anokye N. K., Pokhrel S. et Fox-Rushby J. (2014), « Economic analysis of participation in physical activity in England: implications for health policy », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11(1), p. 1-12.

Anses (2016), *Actualisation des repères du PNNS. Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité*, de Barthélémy J. C., Berthouze-Aranda S., Bigard A. *et al.*, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, février.

Apur (2016), *Étude pour le développement de parcours sportifs et d'équipements en accès libre dans l'espace public parisien*, Atelier parisien d'urbanisme, septembre.

Aquatias S., Arnal J. F., Rivière D. *et al.* (2008), *Activité physique. Contextes et effets sur la santé*, rapport, Paris, Inserm.

Arem H., Moore S. C., Patel A. *et al.* (2015), « Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship », *JAMA Internal Medicine*, 175(6), juin, p. 959-967.

Baïetto-Beysson S. (2022), *Référentiel méthodologique de l'évaluation socioéconomique des opérations d'aménagement urbain*, France Stratégie/Secrétariat général pour l'investissement/ministère de la Transition écologique, mars.

Bauman A. E., Reis R. S., Sallis J. F., Wells J. C. *et al.* (2012), « Correlates of physical activity: why are some people physically active and others not? », *The Lancet*, 380(9838), juillet, p. 258-271.

Boiche J., Fervers B., Freyssenet D. *et al.* (2019), *Activité physique. Prévention et traitement des maladies chroniques*, Inserm, Montrouge, EDP Sciences, coll. « Expertise collective ».

Candari C. J., Cylus J. et Nolte E. (2017), *Assessing the economic costs of unhealthy diets and low physical acitivity: an evidence review and proposed framework*, Copenhague, Organisation mondiale de la santé.

CGDD (2022), *L'intégration des bénéfices de santé liés à l'activité physique dans la conception des projets d'aménagement*, de Meurisse B., Robinet A. et Banoun S., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », mars.

Chen H., Zhang S.M., Schwarzschild M.A., Hernán M.A. et Ascherio A. (2005), « Physical activity and the risk of Parkinson disease », *Neurology*, 64(4), février, p. 664-669.

Citizing (2018), « Évaluation socio-économique des aménagements des abords du complexe sportif Georges Hébert à Reims », FNTP, 1re édition des Victoires de l'investissement local, novembre.

Cohen D. A., Marsh T., Williamson S. *et al.* (2010), « Parks and physical activity: why are some parks used more than others? », *Preventive Medicine*, 50(S1), janvier, S9-S12.

Dallat M. A. T., Soerjomataram I., Hunter R. F. *et al.* (2014), « Urban greenways have the potential to increase physical activity levels cost-effectively », *The European Journal of Public Health*, 24(2), avril, p. 190-195.

Deguilhem P. et Juanico R. (2016), *Promouvoir l'activité physique et sportive pour tous et tout au long de la vie. Des enjeux partagés dans et hors de l'école*, rapport de Deguilhem P. et Juanico R. au Premier ministre, septembre.

Ding D., Lawson K. D., Kolbe-Alexander T. L. *et al.* (2016), « The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases », *The Lancet*, 388(10051), septembre, p. 1311-1324.

Direction des Sports (2018), « Activité physique et sportive, santé et qualité des finances publiques »,», *SportEco – Note d'analyse* n° 11, ministère des Sports, janvier.

Edwards N., Hooper P., Trapp G. S. *et al.* (2013), « Development of a Public Open Space Desktop Auditing Tool (POSDAT): A remote sensing approach », *Applied Geography*, 38(1), mars, p. 22-30.

Ekelund U., Tarp J., Steene-Johannessen J. *et al.* (2019), « Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis », *The BMJ*, 366, août.

Fradet H. et Vierne S. (2014), *Application de l'outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) liés à la pratique de la marche à Grenoble*, direction de la Santé publique et Environnementale de la ville de Grenoble, mai.

Friedenreich C. M., Ryder-Burbidge C. et McNeil J. (2020), « Physical activity, obesity and sedentary behavior in cancer etiology: Epidemiologic evidence and biologic mechanisms », *Molecular Oncology*, 15(3), mars, p. 790-800.

Gallay A., Rachas A., Gastaldi-Ménager C. *et al.* (2020), « The French national Global Burden of Disease (GBD) evaluation project », *European Journal of Public Health*, 30(S5), septembre.

Garcia-Aymerich J., Lange P., Benet M., Schnohr P. et Antó J.M. (2007), « Regular physical activity modifies smoking-related lung function decline and reduces risk of chronic obstructive pulmonary disease: A population-based cohort study », *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 175(5), mars, p. 458-463.

Gassiot M., Guyard F., Bedok H. *et al.* (2016), « Pratiques quotidiennes du vélo à Nantes : approche croisée de la santé et de la mobilité », *Santé publique*, 1(HS), p. 75-82.

Gimbert V. et Nehmar K. (2018), *Activité physique et pratique sportive pour toutes et tous. Comment mieux intégrer ces pratiques à nos modes de vie ?*, rapport, France Stratégie, novembre.

Hafner M., Yerushalmi E., Phillips W. D. *et al.* (2019), *The Economic Benefits of A More Physically Active Population: An International Analysis*, rapport technique, Santa Monica (CA), RAND Corporation, 2019.

Hafner M., Yerushalmi E., Stepanek M. *et al.* (2020), « Estimating the global economic benefits of physically active populations over 30 years (2020-2050) », *British Journal of Sports Medecine*, 54(24), décembre, p. 1482-1487.

Hamer M. et Chida Y. (2009), « Physical activity and risk of neurodegenerative disease: A systematic review of prospective evidence », *Psychological Medicine*, 39(1), janvier, p. 3-11.

HAS (2019), *Guide de promotion, consultation et prescription médicale d'activité physique et sportive pour la santé chez les adultes*, Haute Autorité de santé, juillet.

Herrera-Araujo D., Hammitt J. K. et Rheinberger C. M. (2020), « Theoretical bounds on the value of improved health », *Journal of Health Economics*, 72, juilllet.

Holtermann A., Hansen J. V., Burr H., Søgaard K. et Sjøgaard G. (2012), « The health paradox of occupational and leisure-time physical activity », *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), mars, p. 291-295.

Holtermann A., Krause N., van der Beek, A. J. et Straker L. (2018), « The physical activity paradox: six reasons why occupational physical activity (OPA) does not confer the cardiovascular health benefits that leisure time physical activity does », *British Journal of Sports Medicine*, 52(3), février, p. 149-150.

Hu F. B., Li T. Y., Colditz G. A., Willett W. C. et Manson J. E. (2003), « Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women », *JAMA*, 289(14), avril, p. 1785-1791.

Inserm (2008), voir Aquatias *et al.* (2008)

Inserm (2019), voir Boiche *et al.* (2019)

ISCA-CEBR (2015), *The Economic Cost of Physical Inactivity in Europe*, rapport, International Sport and Culture Association et Centre for Economics and Business Research, juin.

Johnson B. K. et Whitehead J. C. (2000), « Value of public goods from sports stadiums: The CVM approach », *Contemporary Economic Policy*, 18(1), janvier, p. 48-58.

Kaczynski A. T., Stanis S. A. W. et Hipp J. A. (2014), « Point-of-decision prompts for increasing park-based physical activity: a crowdsource analysis », *Preventive Medicine*, 69, décembre, p. 87-89.

Karceski S. (2012), « Preventing Alzheimer disease with exercise? », *Neurology*, 78(17), avril, p. 110-112.

Karusisi N., Thomas F., Méline J. et Chaix B. (2013), « Spatial accessibility to specific sport facilities and corresponding sport practice: the RECORD Study », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), avril, p. 1-10.

Laaksonen D. E., Lindström J., Lakka T. A. *et al.* (2005), « Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: The Finnish Diabetes prevention study », *Diabetes*, 54, janvier, p. 158-165.

Lee I.-M., Sesso H. D., Oguma Y. et Paffenbarger R. S. (2003), « Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease », *Circulation*, 107(8), mars, p. 1110-1116.

Li G., Zhang P., Wang J. *et al.* (2008), « The long-term effect of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study: A 20-year follow-up study », *The Lancet*, 371(9626), mai, p. 1783-1789.

Maruéjouls-Benoit É. (2014), *Mixité, égalité et genre dans les espaces du loisir des jeunes. Pertinence d'un paradigme féministe*, thèse sous la dir. de Di Meo G., université Michel de Montaigne-Bordeaux III, octobre.

Mathers C. D. et Loncar D. (2006), « Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030 », *PLoS Medicine*, 3(11), novembre.

McCormack G. R., Rock M., Toohey A. M. et Hignell D. (2010), « Characteristics of urban parks associated with park use and physical activity: A review of qualitative research », *Health & Place*, 16(4), mars, p. 712-726.

Morris J.N., Heady J.A., Raffle P.A.B., Roberts C.G. et Parks J.W. (1953), « Coronary heart disease and physical activity of work », *The Lancet*, 265(6796), novembre, 1053-1057.

OMS (2020), *Lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique et la sédentarité*, Genève, Organisation mondiale de la santé, coll. « En un coup d'œil ».

OMS (2017), *Outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) liés à la pratique du vélo et de la marche. Méthodologie et guide de l'utilisateur sur l'évaluation de l'activité physique, de la pollution atmosphérique, des traumatismes et de l'impact carbone*, Organisation mondiale de la santé.

ONPV et CGET (2019), *L'accessibilité à pied aux équipements sportifs dans les quartiers prioritaires : une bonne couverture mais une offre peu variée*, Observatoire national de la politique de la ville et commissariat général à l'égalité des territoires.

PAGA Committee (2018), *2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*, Washington (DC), U.S. Department of Health and Human Services.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Santé publique France (2017), *Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban) 2014-2016. Volet Nutrition, chapitre Activité physique et sédentarité*.

Strain T., Brage S., Sharp S. J. *et al.* (2020), « Use of the prevented fraction for the population to determine deaths averted by existing prevalence of physical activity: a descriptive study », *The Lancet Global Health*, 8(7), juillet, e920-e930.

Timperio A., Giles-Corti B., Crawford D. *et al.* (2008), « Features of public open spaces and physical activity among children: findings from the CLAN study », *Preventive Medicine*, 47(5), novembre, p. 514-518.

Toftager M., Ekholm O., Schipperijn J. *et al.* (2011), « Distance to green space and physical activity: a Danish national representative survey », *Journal of Physical Activity and Health*, 8(6), août, p. 741-749.

Tremblay M. S., Aubert S., Barnes J. D. *et al.* (2017), « Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), juin, p. 1-17.

Tu G., Abildtrup J. et Garcia S. (2016), « Preferences for urban green spaces and peri-urban forests: An analysis of stated residential choices », *Landscape and Urban Planning*, 148, avril, p. 120-131.

Veitch J., Salmon J., Crawford D. *et al.* (2018), « The REVAMP natural experiment study: the impact of a play-scape installation on park visitation and park-based physical activity », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), janvier.

Wendel-Vos G. C. V., Schuit A. J., Feskens E. *et al.* (2004), « Physical activity and stroke. A meta-analysis of observational data », *International Journal of Epidemiology*, 33(4), septembre, p. 787-798.

Williams P. T. (2009), « Reduction in incident stroke risk with vigorous physical activity: evidence from 7.7-year follow-up of the national runners' health study », *Stroke*, 40(5), mai, p. 1921-1923.

Yusuf S., Hawken S., Ounpuu S. *et al.* (2004), « Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study », *The Lancet*, 364(9438), septembre, p. 937-952.

Zhang R., Wulff H., Duan Y. et Wagner P. (2019), « Associations between the physical environment and park-based physical activity: A systematic review », *Journal of Sport and Health Science*, 8(5), septembre, p. 412-421.

Zhao M., Veeranki S. P., Magnussen C. G. et Xi B. (2020), « Recommended physical activity and all cause and cause specific mortality in US adults: Prospective cohort study », *The BMJ*, 370, juillet.

Références citées dans le Chapitre 3

Anses, CSTB et OQAI (2014), *Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur*, rapport d'étude, avril.

Baïetto-Beysson S. (2022), *Référentiel méthodologique de l'évaluation socio-économique des opérations d'aménagement urbain*, France Stratégie/Secrétariat général pour l'investissement/ministère de la Transition écologique, mars.

Boiteux M. (2001), *Transports. Choix des investissements et coût des nuisances*, rapporteur : Baumstar L., Commissariat général du plan, Paris, La Documentation française.

CGEDD et Cerema (2019), *Guide méthodologique « APRÈS inondation ». Organisation de la collecte des données issues des REX inondation*, juillet.

CGEDD, IGAS, IGF, IGÉSR et CGAAER (2020), *La santé-environnement. Recherche, expertise et décision publiques*, décembre.

Chen L. et Liu A. (2015), « The incidence of posttraumatic stress disorder after floods: a meta-analysis », *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 9(3), juin, p. 329-333.

de Brux J. et Brûlebois F. (2017), *Smart City : gadget ou création de valeur collective ? L'évaluation socio-économique appliquée à la ville intelligente à travers cinq études de cas*, rapport de Citizing et OpenCitiz pour le Groupe Caisse des Dépôts, Syntec Numérique, Advancity et Systematic Paris-Région, novembre.

Delavière M. (2009), *Impacts du changement climatique sur la santé en France. Éléments de coûts : exemples de la canicule et des inondations*, ministère de la Santé et des Sports, mai.

Dintilhac (2005), *Rapport du groupe de travail chargé d'élaborer une nomenclature des préjudices corporels*, ministère de la Justice, octobre.

Ekelund U., Tarp J., Steene-Johannessen J. *et al.* (2019), « Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis », *The BMJ*, 366, août.

France Stratégie et DG Trésor (2017), *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, décembre.

Levain J.-P., Mauny F., Pujol S. *et al.* (2015), « Exposition au bruit et performance scolaire des élèves de CE2 », *Psychologie française*, 60(1), mars, p. 35-49.

Quinet A. (2019), *La valeur de l'action pour le climat. Une valeur tutélaire du carbonne pour évaluer les investissements et les politiques publiques*, rapport de la commission présidée par Alain Quinet, France Stratégie, février.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Ryen L. et Svensson M. (2015), « The willingness to pay for a quality adjusted life year: a review of the empirical literature », *Health Economics*, 24(10), octobre, p. 1289-1301.

Versteegh M. M., Ramos I. C., Buyukkaramikli N. C. *et al.* (2019), « Severity-adjusted probability of being cost effective », *Pharmacoeconomics*, 37(9), septembre, p. 1155-1163.

Références citées dans le glossaire

CGDD (2013), *Quelles valeurs monétaires pour les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique ? Enjeux, limites et perspectives. Document méthodologique*, de Meurisse B., Commissariat général au développement durable, coll. « Études et documents du CGDD », avril.

CGDD (2019), *L'évaluation socio-économique des projets de prévention des inondations en France*, de Meurisse B. et Nicklaus D., Commissariat général au développement durable, coll. « Théma – Essentiel », juin.

Charpin J.-M., Ruat L. et Freppel C. (2016), *Évaluation des procédures d'évaluation socio-économique des projets d'investissements publics*, rapport n° 2016-M-058, Inspection générale des Finances, décembre.

France Stratégie et DG Trésor (2017), *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, décembre.

HAS (2020), *Choix méthodologiques pour l'évaluation économique à la HAS*, Haute Autorité de santé, juillet.

Heard M. (2011), « Vulnérabilité en santé : du concept à l'action, l'exemple du VIH », *in* Pialoux G., Ameisen J., Defert D. *et al.* (dir.), *Les défis actuels de la santé publique*, Paris, Presses universitaires de France, p. 121-145.

OCDE (2012), *La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports*, Paris, Éditions OCDE.

OCDE (2008), *Coûts de l'inaction face à certains enjeux de la politique de l'environnement. Rapport succinct*, réunion du Comité des politiques d'environnement (EPOC) au niveau ministériel sur l'environnement et la compétitivité mondiale les 28-29 avril 2008.

OMS (1980), *Environmental Health Critera 12 – Noise*, WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Noise, & World Health Organization, Organisation mondiale de la santé.

Quinet E. (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, Commissariat général à stratégie et à la prospective, Paris, La Documentation française.

Schneider F., Hinterberger F., Mesicek R. et Luks F. (2001), « Eco-info-society: strategies for an ecological information society », in Hilty L. M. et Gilgen P. W. (dir.), *Sustainability in the Information Society*, Marburg, Metropolis.

Shorten A. et Shorten B. (2013), « What is meta-analysis? », *Evidence-Based Nursing*, 16(1), p. 3-4.

Strain T., Brage S., Sharp S. J. *et al.* (2020), « Use of the prevented fraction for the population to determine deaths averted by existing prevalence of physical activity: a descriptive study », *The Lancet Global Health*, 8(7), juillet, e920-e930.

Tissseron S., Agneray F. et Poulain L. (-), Mémoires des catastrophes et résilience des populations.

Tremblay M. S., Aubert S., Barnes J. D. *et al.* (2017), « Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome », *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), juin, p. 1-17.

Directeur de la publication
Gilles de Margerie, commissaire général
Directeur de la rédaction
Cédric Audenis, commissaire général adjoint
Secrétaires de rédaction
Olivier de Broca, Gladys Caré, Valérie Senné
Contact presse
Matthias Le Fur, directeur du service Édition/Communication/Événements
01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :

www.strategie.gouv.fr

@Strategie_Gouv

france-strategie

FranceStrategie

@FranceStrategie_

StrategieGouv

Les opinions exprimées dans ce rapport engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

FRANCE STRATÉGIE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Institution autonome placée auprès du Premier ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.

FRANCE STRATÉGIE – 20, AVENUE DE SÉGUR – TSA 90725 – 75334 PARIS CEDEX 07 – TÉL. 01 42 75 60 00