

## 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





L'actualisation pour 2017 de cette publication a été en partie soutenue par le projet Activité physique par des méthodes de transport durable (Physical Activity through Sustainable Transport Approaches, ou PASTA), qui est financé par le Septième Programme-cadre de l'Union européenne, au titre de l'accord de subvention EC-GA n°602624-2 (FP7-HEALTH-2013-INNOVATION-1). Les opinions exprimées dans le présent document ne peuvent en aucun cas être considérées comme reflétant les opinions officielles de l'Union européenne.



Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety



MINISTERIUM  
FÜR EIN  
LEBENSWERTES  
ÖSTERREICH



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra



# 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

Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)

Thomas Götschi, Université de Zurich (Suisse)

Nick Cavill, Cavill Associates (Royaume-Uni)

Alberto Castro Fernandez, Université de Zurich (Suisse)

Nick Fahy, Université d'Oxford (Royaume-Uni)

David Rojas Rueda, ISGlobal (Barcelona Institute for Global Health, Espagne)

James Woodcock, Institute of Public Health, Cambridge (Royaume-Uni)

Paul Kelly, Université d'Édimbourg (Royaume-Uni)

Christoph Lieb, Ecoplan, Berne (Suisse)

Pekka Oja, UKK Institute for Health Promotion Research (Finlande)

Charlie Foster, Université de Bristol (Royaume-Uni)

Harry Rutter, London School of Hygiene and Tropical Medicine (Royaume-Uni)

Francesca Racioppi, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe

**Mots clés**

BICYCLING

WALKING

TRANSPORTATION METHODS - ECONOMICS

HEALTH ECONOMICS

COST-BENEFIT ANALYSIS - METHODS

DATA COLLECTION - METHODS

EUROPE

**ISBN 9789289052962****© Organisation mondiale de la santé, 2018**

Tous droits réservés. Le Bureau régional de l'Europe de l'Organisation mondiale de la santé accueillera favorablement les demandes d'autorisation de reproduire ou de traduire ses publications, en partie ou intégralement.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'Organisation mondiale de la santé, aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays, territoire, ville ou zone, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir encore fait l'objet d'un accord définitif.

La mention d'entreprises et de produits commerciaux n'implique pas que ces entreprises et produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la santé, de préférence à d'autres, de nature similaire, qui ne sont pas mentionnés. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la santé a pris toutes les dispositions voulues pour vérifier les informations contenues dans la présente publication. Toutefois, le matériel publié est diffusé sans aucune garantie, expresse ou implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation dudit matériel incombe au lecteur. En aucun cas, l'Organisation mondiale de la santé ne saurait être tenue responsable des préjudices subis du fait de son utilisation. Les opinions exprimées par les auteurs, rédacteurs et groupes d'experts ne reflètent pas nécessairement les décisions de l'Organisation mondiale de la santé ou la politique arrêtée par cette dernière.

**Les demandes concernant les publications du Bureau régional de l'OMS pour l'Europe sont à adresser à :**

Publications

Bureau régional de l'OMS pour l'Europe

UN City

Marmorvej 51

DK-2100 Copenhague Ø, Danemark

Vous pouvez également remplir un formulaire de demande de documentation, d'informations sanitaires ou d'autorisation de reproduire/traduire sur le site Web de l'OMS/Europe, à l'adresse suivante : <http://www.euro.who.int/pubrequest>.

# Sommaire

<b>Coauteurs et remerciements</b> . . . . .	<b>vi</b>
Modules de l'outil HEAT sur les accidents de la circulation et les émissions de carbone, et version 2017 mise à jour (HEAT 4.0) (2016–2017) . . . . .	vii
Conception du module de l'outil HEAT sur la pollution atmosphérique (2014–2015) . . . . .	viii
<b>1 Introduction.</b> . . . .	<b>1</b>
1.1 Synthèse des études scientifiques menées en vue de la mise au point de l'outil HEAT . . . . .	4
<b>2 Conseils pour l'évaluation économique des effets de la pratique du vélo et de la marche sur la santé et les émissions de carbone</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 Lien entre l'activité physique et la santé. . . . .	9
2.2 Lien entre la pollution atmosphérique et la santé . . . . .	10
2.3 Temps nécessaire pour constater les effets de la pollution atmosphérique et les effets sanitaires . . . . .	11
2.4 Effets des accidents de la circulation . . . . .	12
2.5 Relations entre l'activité physique liée aux transports, la pollution atmosphérique et les accidents de la circulation. . . . .	14
2.6 Effets des changements dans les émissions de carbone. . . . .	14
2.7 Mortalité ou morbidité ? . . . . .	16
2.8 Âge et sexe . . . . .	16
2.9 Méthode fondée sur les tables de mortalité ou méthode statique ? . . . . .	17
2.10 Données sur la marche et la pratique du vélo . . . . .	17
2.11 Temps nécessaire pour atteindre le plein niveau de pratique de la marche ou du vélo . . . . .	17
2.12 Remplacement d'activité . . . . .	19
2.13 Coûts appliqués. . . . .	19
2.14 Taux d'actualisation . . . . .	20
2.15 Analyse de sensibilité . . . . .	20
<b>3 Introduction au fonctionnement de l'outil HEAT</b> . . . . .	<b>21</b>
3.1 Principes généraux . . . . .	21
3.2 À qui s'adresse l'outil HEAT ? . . . . .	21
3.3 Dans quels cas peut-on utiliser l'outil HEAT ? . . . . .	22
3.4 Dans quels cas ne faut-il pas utiliser l'outil HEAT ? . . . . .	22
3.5 Fonctionnement de l'outil HEAT. . . . .	23
de l'évaluation des risques utilisées par l'outil HEAT . . . . .	23



3.6	Méthodes employées par l'outil HEAT pour évaluer l'impact sanitaire et procéder à l'analyse comparative des risques . . . . .	23
3.7	Quelles sont les données à saisir ? . . . . .	29
3.8	Données à saisir sur l'intensité de la marche ou de la pratique du vélo . . . . .	31
3.9	Évaluation de l'activité physique dans l'outil HEAT . . . . .	32
3.10	Évaluation de la pollution atmosphérique dans l'outil HEAT . . . . .	35
3.11	Évaluation des accidents de la circulation dans l'outil HEAT . . . . .	38
3.12	Évaluation des émissions de carbone par l'outil HEAT . . . . .	41
3.13	Valeurs par défaut et valeurs de fond utilisées pour les calculs de l'outil HEAT. . . . .	50
3.14	Correction des données dans l'outil HEAT. . . . .	54
3.15	Évaluation économique des résultats . . . . .	59
3.16	Hypothèses. . . . .	62
<b>4</b>	<b>Guide par étapes de l'utilisateur. . . . .</b>	<b>65</b>
4.1	Accéder à l'outil HEAT . . . . .	65
4.2	Utiliser l'outil HEAT en cinq étapes . . . . .	65
	<b>Références . . . . .</b>	<b>71</b>



## Coauteurs et remerciements

L'outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) a été élaboré d'après une idée originale de Harry Rutter, de la *London School of Hygiene and Tropical Medicine* (Royaume-Uni). Il est fondé sur l'outil HEAT appliqué à la pratique du vélo, qui a été publié pour la première fois en 2007.

Coordonné par l'OMS, ce projet, qui comprend plusieurs phases et n'a pas de limitation de durée, est guidé par un groupe principal d'experts pluridisciplinaires et soutenu par des experts internationaux de domaines variés, sollicités en fonction des besoins, et qui apportent leur aimable contribution à l'élaboration et à l'actualisation de cet outil (se reporter également aux remerciements adressés pour les diverses phases du projet, à droite). Les fonctions de certains des participants ont évolué au cours du projet ; elles sont énumérées conformément à ce qu'elles étaient au moment de la rédaction du guide.

### Groupe principal du projet

- Harry Rutter, London School of Hygiene and Tropical Medicine (Royaume-Uni)
- Francesca Racioppi, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)
- Thomas Götschi, Université de Zurich (Suisse)
- Nick Cavill, Cavill Associates (Royaume-Uni)
- Paul Kelly, Université d'Édimbourg (Royaume-Uni)
- Christian Brand, Université d'Oxford (Royaume-Uni)
- David Rojas Rueda, ISGlobal (Barcelona Institute for Global Health, Espagne)
- James Woodcock, Institute of Public Health, Cambridge (Royaume-Uni)
- Christoph Lieb et Heini Sommer, Ecoplan (Suisse)
- Pekka Oja, UKK Institute for Health Promotion Research (Finlande)
- Charlie Foster, Université de Bristol (Royaume-Uni)

### Experts internationaux

Karim Abu-Omar, Lars Bo Andersen, Hugh Ross Anderson, Finn Berggren, Olivier Bode, Tegan Boehmer, Nils-Axel Braathen, Hana Bruhova-Foltynova, Fiona Bull, Dushy Clarke, Andy Cope, Baas de Geus, Audrey de Nazelle, Ardine de Wit, Hywell Dinsdale, Rune Elvik, Mark Fenton, Jonas Finger, Francesco Forastiere, Richard Fordham, Virginia Fuse, Eszter Füzeki, Frank George, Regine Gerike, Eva Gleissenberger, George Georgiadis, Anna Goodman, Maria Hagströmer, Mark Hamer, Eva Heinen, Thiago Herick de Sa, Marie-Eve Heroux, Max Herry, Gerard Hoek, Luc Int Panis, Nicole Iroz-Elardo, Meleckidzedek Khayesi, Michal Krzyzanowski, I-Min Lee, Christoph Lieb, Brian Martin, Markus Maybach, Irina Mincheva Kovacheva, Hanns Mooshammer, Marie Murphy, Nanette Mutrie, Bhash Naidoo, Daisy Narayanan, Mark Nieuwenhuijsen, Åse Nossum, Laura Perez, Randy Rzewnicki, David Rojas Rueda, Gabe Rousseau, Candace Rutt, Kjartan Saelensminde, Elin Sandberg, Alexander Santacreu, Lucinda Saunders, Daniel Sauter, Peter Schantz, Tom Schmid, Christoph Schreyer, Christian Schweizer, Peter Schnohr, Nino Sharashidze, Jan Sørensen, Joe Spadaro, Gregor Starc, Dave Stone, Marko Tainio, Robert Thaler, Miles Tight, Sylvia Titze, Wanda Wendel Vos, Paul Wilkinson, Mulugeta Yilma.



Conception du logiciel : Tomasz Szreniawski (direction), Ali Abbas, Alberto Castro Fernandez, Vicki Copley, Duy Dao, Hywell Dinsdale.

La liste complète des remerciements pour toutes les phases de l'élaboration de l'outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) se trouve sur le site Web : <http://www.heatwalkingcycling.org>.

## Modules de l'outil HEAT sur les accidents de la circulation et les émissions de carbone, et version 2017 mise à jour (HEAT 4.0) (2016–2017)

### Auteurs principaux

- Thomas Götschi, Université de Zurich (Suisse)
- Alberto Castro Fernandez, Université de Zurich (Suisse)
- Christian Brand, Université d'Oxford (Royaume-Uni)
- James Woodcock, Université de Cambridge (Royaume-Uni)
- Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)

Conception du logiciel : Tomasz Szreniawski (direction), Ali Abbas, Alberto Castro Fernandez, Vicki Copley

Édition du texte en anglais : David Breuer

Mise en page : Lars Møller, Møller & Kompagni (Danemark)

### Photographies

Couverture : ANIFEST/iStock/Thinkstock  
Page v : william87/iStock/Thinkstock  
Page 1 : Lanski/iStock/Thinkstock  
Page 6 : kasto80/iStock/Thinkstock  
Page 9 : Jupiterimages/Pixland/Thinkstock  
Page 13 : chris-mueller/iStock/Thinkstock  
Page 19 : Vergani\_Fotografia/iStock/Thinkstock

Page 28 : alex742109/iStock/Thinkstock

Page 31 : naumoid/iStock/Thinkstock

Page 54 : Jupiterimages/PHOTOS.com/Thinkstock

Page 59 : Connel\_Design/iStock/Thinkstock

Page 63 : oneinchpunch/iStock/Thinkstock

### Groupe principal du projet

- Harry Rutter, London School of Hygiene and Tropical Medicine (Royaume-Uni)
- Francesca Racioppi, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)
- Thomas Götschi, Université de Zurich (Suisse)
- Nick Cavill, Cavill Associates (Royaume-Uni)
- Alberto Castro Fernandez, Université de Zurich (Suisse)
- James Woodcock, Université de Cambridge (Royaume-Uni)
- Paul Kelly, Université d'Édimbourg (Royaume-Uni)
- Christian Brand, Université d'Oxford (Royaume-Uni)
- David Rojas Rueda, ISGlobal (Barcelona Institute for Global Health, Espagne)
- Christoph Lieb et Heini Sommer, Ecoplan (Suisse)
- Christian Schweizer, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Pekka Oja, UKK Institute for Health Promotion Research (Finlande)
- Charlie Foster, Université de Bristol (Royaume-Uni)



### **Groupe consultatif international**

- Andrew Cope, Sustrans (Royaume-Uni)
- Bas De Geus, Université libre de Bruxelles (Belgique)
- Audrey de Nazelle, Imperial College London (Royaume-Uni)
- Rune Elvik, Institute of Transport Economics (Norvège)
- Frank George, Bureau régional de l’OMS pour l’Europe
- Anna Goodman, London School of Hygiene & Tropical Medicine (Royaume-Uni)
- Thiago Herick de Sa, Meleckidzedek Khayesi et Pierpaolo Mudu, Organisation mondiale de la santé
- Eva Heinen, Université de Leeds (Royaume-Uni)
- Nicole Iroz-Elardo, Urban Design 4 Health, Rochester, New York (États-Unis d’Amérique)
- Michal Krzyzanowski, consultant (Pologne)
- Daisy Narayanan, Sustrans (Royaume-Uni)
- Randy Rzewnicki, Fédération européenne des cyclistes (Belgique)
- Alexandre Santacreu, Forum international des transports (France)
- Lucinda Saunders, Greater London Authority/Transport for London (Royaume-Uni)
- Nino Sharashidze, consultant (Géorgie)
- Jan Sørensen, Royal College of Surgeons (Irlande)
- Joe Spadaro, consultant (Espagne)

- Marko Tainio, Université de Cambridge (Royaume-Uni)
- Miles Tight, Université de Birmingham (Royaume-Uni)
- George Georgiadis et Virginia Fuse, Commission économique pour l’Europe

### **Remerciements**

L’actualisation pour 2017 de l’outil HEAT pour la pratique du vélo et de la marche a été en partie soutenue par le projet Activité physique par des méthodes de transport durable (*Physical Activity through Sustainable Transport Approaches*, ou PASTA) (<http://pastaproject.eu>), qui est financé par le Septième programme-cadre de l’Union européenne, au titre de l’accord de subvention EC-GA n° 602624-2 (FP7-HEALTH-2013-INNOVATION-1).

Le Cinquième Atelier de consensus, qui s’est tenu les 28 et 29 mars 2017 à Copenhague (Danemark), était présidé par Michal Krzyzanowski, consultant (Pologne), et encadré par l’Université de Zurich (Suisse).

### **Conception du module de l’outil HEAT sur la pollution atmosphérique (2014–2015)**

#### **Auteurs principaux**

- David Rojas Rueda, Centre for Research in Environmental Epidemiology (Espagne)
- Audrey Nazelle, University College London (Royaume-Uni)
- Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)
- Christian Schweizer, Bureau régional de l’OMS pour l’Europe

### **Groupe principal du projet**

- Harry Rutter, London School of Hygiene and Tropical Medicine (Royaume-Uni)
- Francesca Racioppi, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Sonja Kahlmeier, Université de Zurich (Suisse)
- Christian Schweizer, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Nick Cavill, Cavill Associates (Royaume-Uni)
- Hywell Dinsdale, consultant (Royaume-Uni)
- Thomas Götschi, Université de Zurich (Suisse)
- James Woodcock, Institute of Public Health, Cambridge (Royaume-Uni)
- Paul Kelly, Université d'Oxford et Université d'Édimbourg (Royaume-Uni)
- Christoph Lieb et Heini Sommer, Ecoplan
- Pekka Oja, UKK Institute for Health Promotion Research (Finlande)
- Charlie Foster, Université d'Oxford (Royaume-Uni)

### **Groupe consultatif international**

- Karim Abu-Omar, Université d'Erlangen (Allemagne)
- Hugh Ross Anderson, St George's, University of London (Royaume-Uni)
- Olivier Bode, University College London (Royaume-Uni)
- Tegan Boehmer, Centers for Disease Control and Prevention (États-Unis d'Amérique)

- Francesco Forastiere, Azienda Sanitaria Locale RME, Rome (Italie)
- Eszter Füzeki, Johann Wolfgang Goethe-Universität (Allemagne)
- Gerard Hoek, Université d'Utrecht (Pays-Bas)
- Frank George, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Marie-Eve Heroux, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe
- Luc Int Panis, VITO (Belgique)
- Michal Krzyzanowski, King's College London (Royaume-Uni)
- Mark Nieuwenhuijsen, Centre for Research in Environmental Epidemiology (Espagne)
- Laura Perez, Institut tropical et de santé publique Suisse (Suisse)
- Marko Tainio, Université de Cambridge (Royaume-Uni)

### **Remerciements**

Le ministère fédéral allemand de l'Environnement, de la Protection de la nature, de la Construction et de la Sécurité nucléaire a apporté son soutien à la mise au point du module de l'outil HEAT sur la pollution atmosphérique, et de la version de 2015 de la présente publication. Le Quatrième Atelier de consensus, qui s'est tenu à Bonn (Allemagne) les 11 et 12 décembre 2014, était présidé par Michal Krzyzanowski, du King's College London, et encadré par l'Université de Zurich (Suisse).



## Introduction

Le manque d'activité physique est un important problème de santé publique dans la plupart des régions du monde. Il est cependant peu probable que des méthodes classiques de promotion de la santé, telles que les formes organisées de sport ou d'exercice pratiquées pendant les temps de loisirs, puissent le résoudre à elles seules. La promotion de la pratique du vélo ou de la marche est en revanche une voie prometteuse pour encourager l'activité physique, car ces deux pratiques peuvent être plus aisément intégrées dans les emplois du temps chargés des personnes que par exemple, le sport pendant les moments de loisirs. C'est également une méthode qui présente des avantages pour tout le monde : non seulement elle fait la promotion de la santé, mais elle produit également des effets positifs sur l'environnement, en particulier si le vélo et la marche remplacent les déplacements courts en voiture. Ces formes d'activité physique sont aussi plus pratiques pour les groupes de population pour lesquels le sport n'est pas envisageable en raison de limites physiques, ou pas accessible en tant que loisir pour des raisons économiques, sociales ou culturelles. Les moyens de transport urbain actif présentent un important potentiel en Europe, car de nombreux déplacements sont courts et susceptibles d'être entrepris à pied ou en vélo. Ils nécessitent cependant des partenariats appropriés avec les secteurs des transports et de l'urbanisme, car leurs politiques sont d'importants moteurs de l'aménagement des conditions requises, notamment en termes de sécurité, pour

que les changements comportementaux s'opèrent. Plusieurs cadres politiques internationaux, tels que le Plan d'action pour la prévention et la maîtrise des maladies non transmissibles dans la Région européenne de l'OMS 2016–2025 (1), font ce constat. Ce Plan d'action propose de privilégier la planification et la conception de plans de mobilité et d'infrastructures de transports appropriés, en tant qu'action susceptible d'augmenter l'activité physique à tous les âges, grâce aux moyens de transport actif. La Stratégie sur l'activité physique pour la Région européenne de l'OMS, introduite en 2016, comprend un objectif spécifique visant la réduction du trafic automobile et la mise en place d'environnements mieux adaptés à la pratique de la marche et du vélo (2). La Déclaration de Paris. La ville bouge : place aux usagers, adoptée lors de la Quatrième Réunion de haut niveau sur les transports, la santé et l'environnement en 2014, comporte un but prioritaire relatif à la promotion des politiques et des actions favorisant des moyens de transport sains et sûrs, notamment la marche et le vélo.

Composante essentielle de la vie, les transports conditionnent l'accès aux biens et aux services. Les différents moyens de transport ont des effets spécifiques – sanitaires, environnementaux, économiques – sur la société. L'évaluation exhaustive de ces effets est un point de départ important pour l'élaboration de politiques fondées sur des bases factuelles. L'évaluation économique est d'ailleurs une pratique bien établie dans la planification des transports. Cependant, les



techniques permettant d'évaluer la valeur économique des avantages pour la santé de la marche et du vélo ont été, sur le plan historique, appliquées de manière moins systématique que les méthodes d'évaluation des autres coûts et avantages des interventions ou de nouvelles infrastructures de transport.

L'estimation des effets sanitaires est un exercice complexe ; les planificateurs des transports ne sont pas toujours correctement équipés pour aborder en détail les complexités méthodologiques qu'elle implique. Quelques pays d'Europe, tels que ceux qui œuvrent dans le cadre du Conseil nordique (Danemark, Finlande, Islande, Norvège et Suède) ont conduit des travaux pionniers à cet égard, tentant d'évaluer les coûts et les avantages globaux des infrastructures de transport, notamment les effets sanitaires ; des conseils pour la réalisation de ces évaluations ont été également produits. Il n'en reste pas moins que d'importantes questions demeurent.

Coordonné par l'OMS, guidé par un groupe principal d'experts multidisciplinaires et soutenu par d'importants experts internationaux, sollicités en fonction des besoins,<sup>1</sup> ce projet a démarré en 2005, avec l'ambition de mettre au point des conseils et des outils pratiques pour réaliser des évaluations économiques des effets sanitaires du vélo et de la marche. Le principal produit résultant de ce projet est l'outil d'évaluation économique des effets sanitaires (HEAT) liés à la pratique du vélo et de la marche, qui est une méthode harmonisée d'estimation économique des effets sanitaires du vélo et de la marche, fondée sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles et un consensus entre experts internationaux (cf. Figure 1).

L'élaboration de ces conseils et de l'outil pratique pour l'évaluation économique des effets sanitaires de a) la pratique du vélo, et b) la marche a été réalisée en cinq phases. Un rapport d'orientation méthodologique (3) et un outil d'évaluation économique et sanitaire (HEAT) de la pratique du vélo (4) ont d'abord été publiés en

<sup>1</sup>La liste complète de ces experts est disponible sur le site Web [www.heatwalkingcycling.org](http://www.heatwalkingcycling.org).

2007, puis officiellement présentés en 2009. En 2011, une version actualisée de chaque outil HEAT – pratique du vélo, et marche – (5) a été mise en ligne. En 2014, ces deux outils HEAT ont de nouveau été actualisés (6). Puis en 2015, un module optionnel a été préparé pour évaluer les effets de la pollution atmosphérique sur les cyclistes et les piétons (7). Enfin, 2017 a vu le lancement de la dernière version de l'outil HEAT, qui comprend des modules optionnels sur la pollution atmosphérique, les accidents de la route et les effets des émissions de carbone, de même qu'une nouvelle interface pour l'utilisateur (8).

La mise en œuvre du projet a été guidée par un groupe principal, en collaboration étroite avec des groupes consultatifs d'experts internationaux (cf. liste des coauteurs plus haut). Ces experts ont été choisis spécifiquement pour représenter un ensemble interdisciplinaire d'expériences et d'expertise professionnelles, parmi lesquelles la santé et l'épidémiologie, la pollution atmosphérique, les émissions de carbone, la sécurité routière, l'économie de la santé, celle des transports, des points de vue pratiques et/ou en matière de plaidoyer, et l'élaboration et la mise en œuvre de politiques. Une coordination étroite a également été mise en place avec le Programme paneuropéen pour les transports, la santé et l'environnement (PPE-TSE), et avec le réseau européen pour la promotion de l'activité physique favorable à la santé (HEPA Europe).

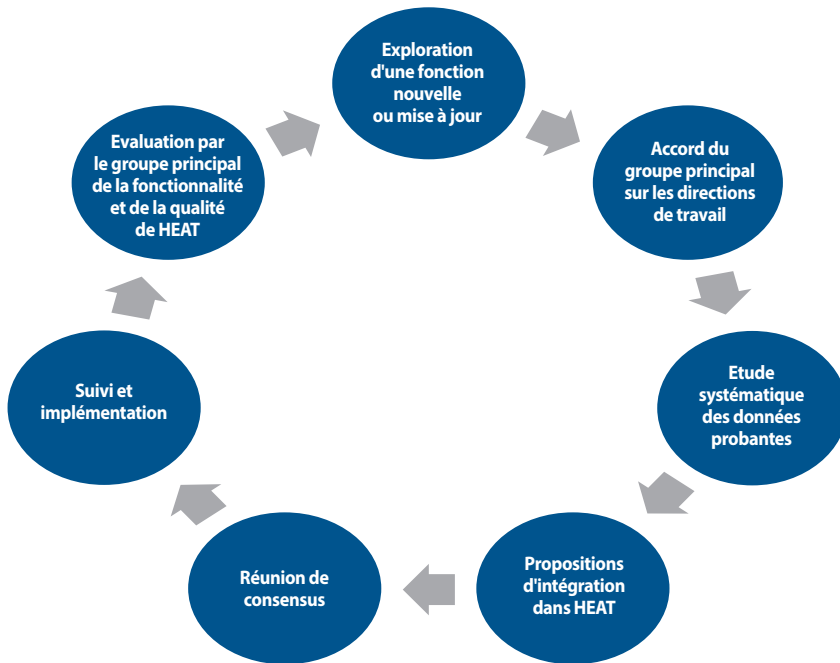
L'élaboration de l'outil HEAT suit les grandes étapes schématisées sur la Figure 1 (cf. page suivante).

Sur la base de cette méthode, les principales étapes du projet ont été les suivantes.

Le groupe principal du projet a commandé des revues systématiques : a) des estimations économiques publiées des projets liés aux transports, notamment des aspects ayant trait à l'activité physique [2007 (9) et 2010]; b) des travaux épidémiologiques sur les effets sanitaires de la pratique du vélo et de la marche, en particulier dans le domaine des transports (2010 et 2013) (10); et c) de l'exposition à la pollution atmosphérique lors de



**Figure 1. Vue d'ensemble du processus d'élaboration de l'outil HEAT**



la pratique du vélo ou de la marche (11). Des revues de la littérature ont été spécifiquement réalisées sur les méthodes d'évaluation des effets sanitaires des accidents de la route sur les cyclistes et les piétons, de même que des effets en termes d'émissions de carbone du remplacement des petits déplacements en véhicule motorisé par du vélo ou de la marche (12).

Le groupe principal a examiné les résultats de ces études et les a utilisés pour proposer des options et des conseils visant à parvenir à des méthodes mieux harmonisées.

Des projets de conseils méthodologiques et des propositions d'options en vue d'élaborer un outil pratique sur la pratique du vélo et de la marche ont ainsi été mis au point.

Des réunions internationales de concertation impliquant les groupes consultatifs concernés ont été tenues

en 2007, 2010, 2013 et 2016, pour aider à parvenir à un consensus scientifique sur les options proposées dans les projets de conseils méthodologiques visant à perfectionner l'outil HEAT.

À partir des recommandations émises pendant ces réunions, d'autres discussions bilatérales organisées avec les membres des groupes consultatifs, et d'un test pilote complet des nouvelles versions de l'outil HEAT par d'autres experts, les produits résultant de chaque phase du projet ont été approuvés pour publication. Ces produits étaient les suivants : un document d'orientation (3), un outil en ligne sur la pratique de la marche et du vélo (6) [fondé sur une version précédente en format Excel de l'outil consacré à la seule pratique du vélo (4)] et plusieurs versions de la présente publication consacrée aux méthodes et visant à guider l'utilisateur (5, 13). Les publications scientifiques comprenaient une revue systématique de la littérature économique (9), une publication sur l'outil HEAT pour la pratique du vélo



(14) et une autre publication sur les méthodes initiales de l'outil HEAT relatif à la pratique du vélo (15).

La présente publication constitue un résumé de ces produits. Les principaux résultats des revues systématiques de la littérature économique et sanitaire, ainsi que de certains travaux sur la pollution atmosphérique, sont résumés brièvement plus bas. Le chapitre 1 présente les principales conclusions relatives aux méthodes d'évaluation économique de l'infrastructure et des politiques des transports, incluant en particulier les effets sanitaires de la pratique du vélo et de la marche, et tenant compte des effets de la pollution atmosphérique, des traumatismes et des émissions de carbone.

Les principes exposés dans le rapport d'orientation ont été appliqués à un outil de calcul pratique en ligne, qui montre comment la méthode peut être utilisée pour évaluer les effets sanitaires liés à la marche ou à la pratique du vélo, respectivement. Le chapitre 2 présente, quant à lui, les grands principes et méthodes de cette approche, de même que ses limites. L'outil est disponible en ligne (8). Si vous recherchez principalement des conseils sur l'application de l'outil HEAT, veuillez consulter directement le chapitre 3, puis lisez le chapitre 4, qui contient un bref guide de l'utilisateur et des instructions sur l'usage de l'outil HEAT pour la marche et le vélo. Des informations, des astuces et des conseils supplémentaires peuvent être consultés en ligne (à l'adresse [www.euro.who.int/HEAT](http://www.euro.who.int/HEAT), ou directement sur le site Web [www.heatwalkingcycling.org](http://www.heatwalkingcycling.org)).

Les connaissances sur les effets sanitaires de la pratique du vélo et de la marche évoluent rapidement. À cet égard, ces projets marquent d'importantes étapes vers l'approbation de méthodes harmonisées. Lors de l'élaboration de l'outil, les groupes consultatifs ont rendu à plusieurs reprises des avis d'experts à partir des meilleures informations et données scientifiques disponibles. Les résultats issus des calculs par le biais de l'outil HEAT doivent donc être considérés comme des estimations de l'ampleur des effets, comme de nombreuses autres évaluations économiques des effets

sanitaires. D'autres améliorations seront apportées à l'outil à mesure que de nouvelles connaissances deviennent disponibles.

Les remarques permettant de perfectionner l'outil HEAT et de le rendre le plus convivial possible pour l'utilisateur sont les bienvenues à l'adresse suivante : [heat@euro.who.int](mailto:heat@euro.who.int).

## 1.1 Synthèse des études scientifiques menées en vue de la mise au point de l'outil HEAT

### 1.1.1 Littérature économique

Afin de contribuer à l'élaboration de la première version de l'outil HEAT sur la pratique du vélo, un examen systématique d'analyses économiques de projets relatifs au vélo et à la marche a été effectué en 2007, en collaboration avec le *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE, Royaume-Uni) (9,16). Ces analyses avaient pour but :

- de repérer les publications pertinentes grâce à la consultation experte et à des recherches adaptées dans la littérature ;
- d'examiner les approches adoptées pour inclure les effets sanitaires dans les analyses économiques des interventions et des projets liés aux transports ; et
- de proposer des recommandations sur la mise au point d'une méthode harmonisée, fondée sur les approches utilisées à ce jour.

Au total, 16 articles ont été passés en revue. Dans le cadre des travaux d'élaboration de l'outil HEAT sur la marche, et de l'actualisation de ce même outil pour la pratique du vélo, en 2010, cette revue systématique a été reprise, et huit autres articles publiés sur ce sujet depuis 2006 ont été ajoutés (16). Ces ajouts ont en grande partie confirmé les conclusions de la revue initiale : les méthodes variaient, témoignaient d'une transparence limitée, et reposaient sur de nombreuses hypothèses. Comme cela avait été relevé au cours de



l'analyse antérieure, les bienfaits du vélo et de la marche pour la santé ont été estimés, la plupart du temps, d'après la littérature relative à l'activité physique en général, ce qui nécessitait de supposer que les effets sanitaires du vélo et de la marche sont équivalents à ceux d'autres formes d'activité physique et qu'il n'y a pas de remplacement d'une activité par une autre (c'est-à-dire de modification de la part représentée par la pratique du vélo ou de la marche dans l'activité physique globale).

Il en a été conclu que la revue augmentée de littérature soutenait l'idée que l'outil HEAT sur la marche pouvait être élaboré à l'aide d'une méthode similaire à celle de l'outil appliqué au vélo, c'est-à-dire une méthode fondée sur un risque relatif de mortalité, toutes causes confondues, chez les cyclistes ou les piétons, par rapport à celui des non-cyclistes ou des non-piétons, et sur l'estimation du risque réduit chez les piétons et les cyclistes, sur la base de la valeur d'une vie statistique. La réunion de concertation de 2013 a confirmé cette approche générale (17).

La valeur d'une vie statistique utilisée dans le cadre de l'outil HEAT s'appuie sur un examen approfondi des études sur ce sujet publiées par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) en 2012 (18), qui est décrit plus en détail dans le paragraphe 3.15.1.

### 1.1.2 Littérature épidémiologique

Lors du premier projet, les connaissances scientifiques les plus convaincantes sur les effets de la pratique du vélo en termes de mortalité étaient les données sur le risque relatif résultant de deux études de cohorte combinées effectuées à Copenhague (4,5,19). Elles portaient sur environ 7000 participants âgés de 20 ans à 60 ans, suivis pendant 14,5 ans en moyenne. Le risque relatif calculé de mortalité toutes causes confondues s'élevait chez les cyclistes faisant régulièrement la navette entre domicile et bureau, à 0,72 (intervalle de confiance – IC – à 95 % : 0,57–0,91), par rapport aux non-cyclistes effectuant ce même trajet, pour un temps de déplacement à vélo de 180 minutes par semaine.

En 2013, une nouvelle revue systématique sur la réduction du risque relatif de mortalité toutes causes confondues obtenue par la pratique régulière du vélo ou de la marche, a été réalisée (10). Sept études sur la pratique du vélo (conduites en Allemagne, en Chine, au Danemark et au Royaume-Uni) et 14 études sur la marche (réalisées en Allemagne, en Chine, au Danemark, aux États-Unis, au Japon et au Royaume-Uni) réunissaient les critères d'inclusion dans la revue. Une méta-analyse a été effectuée, combinant les résultats de ces études. Sur cette base, l'outil HEAT utilise un risque relatif de 0,90 pour la pratique du vélo (soit 100 minutes de vélo par semaine, représentant le niveau d'exposition courant, et équivalent au niveau recommandé d'au moins 150 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine (20)), et de 0,89 pour la marche (soit 170 minutes hebdomadaires de marche), en appliquant une courbe dose-effet linéaire, et donc une réduction constante du risque absolu. Pour de plus amples informations, veuillez vous reporter au paragraphe 3.4.

### 1.1.3 Littérature sur la pollution atmosphérique

Le calcul de l'exposition des cyclistes ou des piétons à la pollution atmosphérique nécessite de définir la pollution atmosphérique à l'endroit concerné. L'outil HEAT suppose qu'une certaine part de la population modifie le moyen de transport qu'elle utilise, passant d'un comportement moyen (inconnu) d'utilisation des transports (non actifs), à la marche ou au vélo (cf. paragraphe 3.10). Tout comme les études épidémiologiques sur les effets sanitaires de la pollution atmosphérique, le modèle de l'outil HEAT serait fondé sur l'hypothèse selon laquelle ce comportement moyen vis-à-vis des transports correspond aux niveaux de pollution de l'air ambiant en contexte urbain. Pour déduire les facteurs de conversion entre les niveaux de pollution de l'air de fond et l'exposition à cette pollution lors de la pratique du vélo ou de la marche, des études ont été consultées, qui estimaient d'une part les concentrations de matières particulaires possédant un diamètre aérodynamique d'au maximum  $2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) lors de la pratique du vélo ou de la marche, et d'autre part les concentrations de fond (7,11).







Dix études mesurant divers moyens de transport, comprenant au moins la marche ou le vélo dans le cadre d'un modèle simultané ou quasi-simultané, ont été retenues. Les données extraites de ces études ont été harmonisées pour permettre la synthèse quantitative des estimations. Sur cette base, le groupe consultatif pour l'outil HEAT a suggéré d'utiliser un facteur de conversion de 2,0 pour la pratique du vélo par rapport aux concentrations de fond, et de 1,6 pour la marche ; de manière simplifiée, un facteur de conversion de 2,5 est utilisé pour l'usage de la voiture par rapport aux concentrations de fond (cf. paragraphe 3.10).

L'un des aspects à prendre en compte pour l'élaboration d'un modèle distinct de pollution atmosphérique pour l'outil HEAT était le possible double comptage des effets sanitaires de cette pollution, dû à l'usage d'estimations du risque relatif tirées de la méta-analyse des études sur la marche et le vélo, qui incluent déjà les effets de la pollution de l'air, puisqu'elles considèrent la mortalité imputable à toute cause comme un résultat sanitaire (10). Pour étudier cet aspect de manière plus approfondie, on a calculé l'impact de la pollution de l'air sur les risques relatifs envisagés dans les études incluses dans la méta-analyse. Ce calcul a montré que la modification des risques relatifs de mortalité toutes causes confondues et pour l'activité physique, dus à l'exposition aux matières particulaires  $PM_{2,5}$  était inférieure à 5 % dans toutes les études et ce, pour chaque groupe d'exposition. Cependant, pour permettre d'estimer les effets distincts de l'activité physique et de la pollution atmosphérique, l'outil HEAT utilise un risque relatif pour l'activité physique, qui est corrigé pour les effets de cette pollution, lorsque les usagers choisissent à la fois les modules sur l'activité physique et sur la pollution de l'air (cf. paragraphe 3.9.2).

#### 1.1.4 Littérature sur les accidents de la route

Pour préparer la mise au point du module de l'outil HEAT sur les accidents de la route, une revue exploratoire de la littérature scientifique a été conduite en 2016, pour cerner les diverses méthodes d'évaluation des effets sanitaires du risque d'accidents de la route

sur la pratique du vélo, sur la base de mesures de l'exposition (12).

Cette revue était axée sur les études d'impact sanitaire sélectionnées dans des analyses récentes de la littérature (21, 22) et des études postérieures à 2009 (23, 31), en supposant que les publications collectées prenaient suffisamment en compte la littérature antérieure.

S'appuyant sur cet examen de la littérature, le groupe principal de l'outil HEAT, réuni en novembre 2016, a examiné les quatre méthodes ci-dessous (par ordre de complexité croissante), en vue de l'évaluation des effets sanitaires des accidents de la route impliquant des cyclistes par le module de l'outil consacré à ce sujet (12).

- A. Méthode de base.** Les effets sanitaires seraient calculés en multipliant une estimation générique du risque d'accidents de la route fournie par l'outil HEAT par une mesure de l'exposition, fournie par l'usager, pour le cas d'usage étudié. Cette méthode est la plus simple en termes de calcul, mais elle peut manquer de précision lors de l'évaluation de projets locaux de pratique du vélo.
- B. Méthode de base améliorée.** Outre la méthode de base, celle-ci comprend également des estimations du risque lié à une infrastructure spécifique tirées de la littérature existante (32), afin de permettre une évaluation plus précise des projets locaux de pratique du vélo. Sa principale difficulté consiste à trouver dans la littérature des estimations suffisantes et fiables du risque lié à l'infrastructure.
- C. Méthode non linéaire.** Cette méthode (parfois aussi nommée « effet de la sécurité par le nombre ») est fondée sur la méthode de base et/ou de base améliorée, à laquelle est ajoutée la possibilité de faire évoluer le risque au fil du temps (27, 33, 34). Cet effet pourrait être provoqué, par exemple, par le fait que les conducteurs de véhicules peuvent prendre davantage conscience des cyclistes, et s'habituer à eux ; qu'ils peuvent eux-mêmes devenir cyclistes ;



et que les plaidoyers en faveur du vélo peuvent gagner en efficacité. Mais l'infrastructure et les autres améliorations en matière de sécurité peuvent jouer un rôle. Par conséquent, les utilisateurs de l'outil HEAT peuvent ajuster (réduire) l'estimation du risque d'accidents de la route fournie par l'outil, lorsque l'exposition à ce risque évolue au fil du temps – en l'évaluant donc avant et après usage.

**D. Méthode de l'interaction.** Les études appliquant cette méthode prennent en compte les effets d'interaction entre la durée de pratique du vélo et la durée d'utilisation de véhicules à moteur ; elles utilisent des coefficients pour préciser l'équation-type en fonction du contexte local. Bien que cette méthode soit peut-être la meilleure sur le plan conceptuel, elle suppose une charge de travail plus lourde en termes de données fournies par l'utilisateur (données sur l'utilisation du vélo et de la voiture) et une recherche considérable pour obtenir les paramètres locaux nécessaires à l'équation-type (23,30).

Conformément à l'objectif de l'outil HEAT, qui est de fournir de solides estimations des effets sanitaires tout en requérant de l'usager le moins possible de données d'entrée, le groupe principal de l'outil HEAT a proposé de retenir la méthode A (de base), en combinaison avec la méthode C (non linéaire pour les évaluations avant/après). La réunion de consensus sur l'outil HEAT a adopté cette proposition en 2017 (35).

### 1.1.5 Littérature sur les effets des émissions de carbone

En préparant le module de l'outil HEAT qui analyse comment le remplacement des déplacements motorisés par de la marche ou du vélo influence les émissions de carbone<sup>2</sup>, il a été noté qu'il existait plusieurs méthodes

<sup>2</sup> Le terme « émissions de carbone » est utilisé pour désigner les émissions anthropiques des gaz à effet de serre dues aux moyens de transport de surface, c'est-à-dire le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). L'indicateur composite de l'équivalent CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) synthétise le potentiel de réchauffement climatique mondial dû à ces gaz à effet de serre pendant 100 ans dans un unique indicateur (qui suppose que pour les moyens de transport de surface, CO<sub>2</sub>e est composé d'environ 99 % de CO<sub>2</sub>).

et outils locaux, nationaux et internationaux pour l'estimation des effets des politiques et des plans de transport sur ces émissions. Ce sont notamment les méthodes CURB, de la Banque mondiale (36) ; COPERT4, de l'Agence européenne pour l'environnement (37) ; WebTAG, l'outil d'orientation du Royaume-Uni sur l'évaluation des transports (38) ; le modèle du Royaume-Uni, UKTCM, sur les émissions de carbone dues aux transports (39) ; et EmiTRANS en Espagne (40)). Cependant, les techniques permettant d'évaluer principalement la valeur économique des interventions en faveur de la marche et du vélo sur la réduction des émissions de carbone n'ont pas été beaucoup développées (41,42). En raison de la rareté de cette littérature sur les effets de la marche et du vélo sur les émissions de carbone, il n'a pas été entrepris de revue formelle ; mais les méthodes pertinentes ont été résumées et présentées au groupe principal de l'outil HEAT en novembre 2016 (12). Comme il n'existait pas d'approche méthodologique convenue pouvant être adoptée pour l'outil HEAT, il a été proposé de fonder la méthode sur les trois étapes suivantes :

- l'évaluation du transfert modal des déplacements motorisés vers un moyen de transport actif (ou vice versa) ;
- l'évaluation des émissions de carbone en cas de remplacement des déplacements motorisés et d'augmentation de la pratique de la marche et du vélo ;
- l'évaluation de la valeur économique des effets sociaux de ces changements d'émissions de carbone.

Des méthodes possibles ont été étudiées pour chacune de ces étapes, puis l'une d'entre elles a été adoptée en vue d'un développement plus poussé, pour présentation lors de la réunion de concertation sur l'outil HEAT en 2017 (43). Cette réunion (35) a soutenu l'approche globale défendue pour l'outil HEAT, et des méthodes ont été convenues pour chaque étape (cf. paragraphe 3.7).





## 2 Conseils pour l'évaluation économique des effets de la pratique du vélo et de la marche sur la santé et les émissions de carbone

Ce chapitre résume les principales questions méthodologiques posées par l'évaluation économique des effets de la marche et de la pratique du vélo sur la santé et les émissions de carbone ; il propose également des options et des conseils en vue de l'adoption de méthodes mieux harmonisées pour évaluer économiquement les effets sanitaires de la marche et de la pratique du vélo.

### 2.1 Lien entre l'activité physique et la santé

Les études épidémiologiques établissent l'existence d'un lien entre différentes catégories d'activité physique, ou de niveau d'exposition à cette activité, et le bilan sanitaire. Par exemple, une comparaison entre les personnes sédentaires et celles qui sont actives au-delà d'un certain seuil (tel que 150 minutes d'activité par jour) peut montrer que les personnes actives sont en meilleure santé. Mais il existe également un fort consensus sur le fait qu'il y a un lien dose-effet directement proportionnel entre l'activité physique et la plupart des résultats obtenus en matière de santé : en d'autres termes, toute hausse de l'activité physique est associée à des bénéfices supplémentaires pour la santé (20,44). Le même constat est dressé par des

études s'intéressant spécifiquement à la pratique du vélo ou de la marche (10,45,46).

L'élaboration d'une méthode quantifiant les effets sanitaires des moyens de transport actif nécessite la prise en compte d'une relation dose-effet. Pour de nombreux résultats en matière de santé, la forme de la courbe reste incertaine (44), mais pour la mortalité, la littérature scientifique indique que la relation est très probablement non linéaire (28,47-49). D'ailleurs, les méta-analyses du risque de mortalité toutes causes confondues d'une part, et de la pratique du vélo et de la marche d'autre part, qui ont été réalisées pour l'actualisation de l'outil HEAT en 2013-2014, ont appuyé ce constat (cf. paragraphe 3.9.2). Mais elles ont également montré que les différences entre diverses courbes dose-effet étaient modestes, et qu'une fonction linéaire était en bonne adéquation avec les données.

Avec une fonction linéaire dose-effet, les utilisateurs n'ont pas besoin de connaître le niveau de référence de l'activité physique pratiquée par les personnes, et une réduction de risque constante peut être appliquée à l'ensemble des niveaux d'exposition pour



lesquels une baisse progressive du risque de mortalité peut être observée. Ce sont les raisons pour lesquelles cette approche a été adoptée pour l'outil HEAT (cf. paragraphes 3.1 et 3.4). Lors des futures actualisations de l'outil, une méthode fondée sur une relation non linéaire pourrait être retenue, lorsque des données pertinentes sur le niveau initial d'activité physique de différentes populations auront été dégagées, et pourront constituer des valeurs par défaut pour l'outil HEAT.

Dans l'idéal, les estimations devraient tenir compte de la répartition de l'activité physique dans la population concernée. Il est en particulier nécessaire d'être vigilant lorsque l'on interprète les résultats de la modélisation des bénéfices procurés par la marche ou la pratique du vélo, pour ce qui concerne les groupes comprenant de manière disproportionnée des personnes sédentaires ou très actives ; cette interprétation pourrait conduire à une légère surestimation des bénéfices dans les groupes de population déjà actifs, et à une légère sous-estimation de ces bénéfices dans les groupes moins actifs.

D'après certaines données (peu nombreuses), il existe une association plus forte entre l'intensité (le rythme) perçue de la marche et les effets sanitaires, qu'entre la durée de la marche et ses effets sanitaires (46,50). Néanmoins, les études en question ne procèdent pas à des corrections selon la forme des participants ou la distance réellement couverte ; l'évaluation de leur importance relative demeure donc difficile. De manière générale, la prise en compte du rythme de la marche ou du déplacement en vélo pourrait mener à une évaluation plus précise des effets sanitaires, en différenciant par exemple les différents rythmes propres aux loisirs ou à la pratique du vélo ou de la marche en tant que moyen de transport ; mais cela conduirait également à réaliser des modèles plus compliqués et à ajouter de nouvelles incertitudes. L'outil HEAT ne tient pas compte des différences de rythme (ou d'intensité) de la marche ou du déplacement en vélo, ni de la possibilité que des personnes moins bien entraînées puissent en bénéficier

davantage, ou que des personnes bien entraînées puissent bénéficier moins de la même « quantité » de marche ou de vélo.

## 2.2 Lien entre la pollution atmosphérique et la santé

En ce qui concerne l'activité physique, il existe un fort consensus selon lequel la relation dose-effet est continue entre la pollution atmosphérique et les résultats obtenus en matière de santé (p. ex. la mortalité toutes causes confondues). La fonction dose-effet semble être non linéaire, et devient plate à l'extrémité haute de la courbe dose-effet, c'est-à-dire à de forts niveaux de pollution (51). Pour des applications à un contexte où une exposition extrême est rare, tel que celui de la Région européenne, le groupe consultatif pour l'outil HEAT a convenu qu'une fonction dose-effet linéaire serait une simplification acceptable ; une augmentation constante du risque peut être appliquée à tout le spectre de l'exposition (7).

La dose inhalée est utilisée pour estimer le changement de risque relatif découlant de l'utilisation d'un moyen de transport actif par rapport à un scénario de référence (rester à la maison, par exemple). Pour estimer ce risque, on a recours à un risque relatif et à une fonction dose-effet extraits d'études épidémiologiques de longue durée sur l'exposition à la pollution atmosphérique et ses résultats en matière de santé. Il est supposé que la population cible de l'évaluation d'impact correspond (par exemple sur le plan du spectre d'exposition, des caractéristiques démographiques et sanitaires, et de la sensibilité à l'exposition) à celle des études épidémiologiques sur lesquelles se base la fonction dose-effet. À cet égard, les considérations suivantes peuvent être faites.

- Les personnes jeunes et en bonne santé sont plus susceptibles de choisir des moyens de transport actif, et pourraient également être moins sensibles aux effets nocifs de la pollution atmosphérique.
- À l'inverse, les personnes souffrant de maladies cardiovasculaires ou respiratoires – réagissant

plus rapidement à l'exposition à la pollution atmosphérique pendant l'activité physique que les personnes ne présentant pas de symptôme (52,53) – peuvent être plus réticentes à l'adoption de la marche ou du vélo.

Toutefois, tant que les risques relatifs associés spécifiquement à la pollution atmosphérique n'ont pas été déterminés pour les groupes plus actifs (de piétons ou de cyclistes), l'application d'un risque relatif emprunté à des études de longue durée sur la population générale – personnes plus actives et moins actives incluses – semble être une approximation raisonnable. Cette hypothèse est en tout état de cause, susceptible de surestimer les effets sanitaires attendus de la pollution atmosphérique.

Par ailleurs, les particules provenant des véhicules à moteur peuvent s'avérer plus toxiques que la pollution générale de l'air de fond (54,55), ce qui peut conduire à une sous-estimation des effets (24). La quantité de pollution atmosphérique dépend également des itinéraires choisis et de la distance par rapport au principal courant de circulation (56,57). Si les données à cet égard sont disponibles, il est possible d'en tenir compte dans les évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique. Dans le cas des évaluations fondées sur une « quantité » moyenne de marche ou de déplacement à vélo (telles que celles de l'outil HEAT), il est raisonnable de se baser sur un ensemble de comportements quotidiens de marche ou de pratique du vélo sur différents itinéraires au sein d'une ville ou d'un pays.

Une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique peut étudier les effets directs sur les cyclistes et les piétons, et/ou les effets souvent considérables de la réduction de cette pollution grâce au remplacement du trafic motorisé par de la marche ou la pratique du vélo (21,24). Les évaluations doivent préciser si ces deux types d'effets sont étudiés, ou si elles ne portent que sur les effets directs sur les piétons ou les cyclistes (comme le fait l'outil HEAT).

La pollution atmosphérique provient d'un mélange de substances et de particules, qui sont associées à divers effets sur la santé. Pour évaluer la manière dont cette pollution affecte la santé des piétons et des cyclistes, divers polluants atmosphériques doivent être étudiés. La concentration en matières particulaires  $PM_{2.5}$  est utilisée pour estimer ces effets, car un vaste ensemble de données scientifiques, extraites principalement d'études de cohorte, soutiennent la quantification des effets d'une exposition à long terme à ces particules sur la mortalité et la morbidité (58–60).

Il existe une autre méthode possible, qui consiste à utiliser la concentration moyenne annuelle en matières particulaires  $PM_{10}$ , qui est plus fréquemment disponible, et d'y appliquer un facteur de conversion internationalement accepté pour estimer la concentration en  $PM_{2.5}$ .

Les données scientifiques montrent que bien que les matières particulaires  $PM_{2.5}$  soient un indicateur reconnu des études sur la pollution atmosphérique, elles sont moins directement liées aux émissions provenant du trafic routier que d'autres polluants, tels que le carbone élémentaire, la fumée noire ou les particules ultrafines (61). Ces autres polluants peuvent donc également être utilisés pour évaluer les effets de la pollution atmosphérique sur les piétons et les cyclistes. Mais les données sur ces indicateurs sont moins largement disponibles ; dans le cas d'évaluations internationales, l'usage de données sur les matières particulaires est souvent une méthode plus réalisable ; il est également compatible avec de nombreux types d'évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (35).

### 2.3 Temps nécessaire pour constater les effets de la pollution atmosphérique et les effets sanitaires

Les données épidémiologiques sur les effets de l'activité physique sur la santé (20,44) suggèrent



que l'analyse économique doit être réalisée sur les comportements habituels de marche et de pratique du vélo.

On constatera un décalage dans le temps entre la hausse de l'activité physique et l'apparition de bénéfices mesurables sur la santé. En se fondant sur un consensus entre les experts, une durée de cinq ans pour l'obtention des pleins effets d'une « activité physique nouvellement induite » a été adoptée en tant qu'hypothèse raisonnable, assortie d'une hausse de 20 % des bénéfices chaque année.

Le même laps de temps de cinq ans, pour que la pollution atmosphérique influe sur la mortalité, a été considéré comme une hypothèse raisonnable, probablement la plus prudente.

#### 2.4 Effets des accidents de la circulation

D'après la littérature disponible (12), les effets des accidents de la route sur les piétons et les cyclistes peuvent être évalués à l'aide d'une ou plusieurs des quatre grandes méthodes suivantes :

- une méthode de base, qui prescrit de multiplier une estimation du risque local (ou générique) d'accident de la route par une mesure de l'exposition (« quantité » de la marche ou du déplacement en vélo) pour l'usage étudié ;
- une méthode de base améliorée, tenant aussi compte de l'infrastructure ; outre la méthode de base, elle comprendrait des estimations du risque lié à une infrastructure spécifique, tirées de la littérature existante ou de données locales ;
- une méthode non linéaire, qui tient compte du changement de risque d'accidents de la route dans le temps, en raison par exemple d'une infrastructure plus sûre ou d'autres effets (aussi nommée « effet de la sécurité par le nombre ») (34) ; et

- une méthode de l'interaction, qui prend en considération les effets d'interaction entre le temps passé en vélo et dans un véhicule à moteur, et utilise des coefficients pour préciser l'équation-type en fonction du contexte local.

Chaque méthode implique un niveau de complexité différent et donc, de difficulté en termes de données d'entrée fournies par l'utilisateur (données sur la pratique du vélo et l'usage de la voiture), et en termes d'efforts de recherche pour obtenir les paramètres locaux constituant l'équation-type. La méthode de base est la moins lourde pour l'utilisateur (c'est pourquoi elle a été choisie comme fondement de l'approche de l'outil HEAT ; cf. paragraphe 3.11). Mais elle ne permet pas de réaliser d'évaluations à l'échelle du projet (au niveau inframunicipal ou de types spécifiques d'infrastructure), car celles-ci demanderaient des données contextuelles très précises.

Les accidents de la route dont peuvent être victimes les piétons et les cyclistes peuvent entraîner des traumatismes, voire des décès. Les évaluations devraient dans l'idéal, tenir compte de ces deux effets, car les traumatismes peuvent avoir des effets sanitaires (et des coûts) substantiels. Mais leur sous-déclaration, en particulier celle des traumatismes mineurs, remet en cause la précision des évaluations ; il devra être nécessaire de réfléchir à corriger cet effet. La prise en compte des effets des traumatismes est particulièrement justifiée lorsque les effets sanitaires positifs de la marche et de la pratique du vélo sur la maladie et les traumatismes sont inclus dans l'évaluation ; elle vise à éviter une surestimation des bénéfices pour la santé de la marche et de la pratique du vélo.

Au niveau international, la Cinquième Réunion de concertation sur l'outil HEAT a conclu que la rareté des données comparables sur les comportements de marche et de pratique du vélo d'une part, et le manque de méthodes normalisées au plan international pour définir et collecter des informations





sur les traumatismes dus aux accidents de la route d'autre part, ne permettaient pas encore de tenir compte des conséquences non mortelles.

## 2.5 Relations entre l'activité physique liée aux transports, la pollution atmosphérique et les accidents de la circulation

Les effets sanitaires liés aux transports ne comprennent pas seulement les effets positifs dus à l'activité physique, mais aussi les possibles effets négatifs de l'exposition à la pollution de l'air ambiant ou aux accidents de la route. Les relations pouvant exister entre les effets positifs de l'exercice au moyen du transport actif, et ces effets négatifs doivent être prises en compte dans le cadre d'une évaluation complète des effets sanitaires des interventions en matière de transports. Par ailleurs, les revues de la littérature et l'analyse de scénarios ont montré que les effets sanitaires positifs des moyens de transport actif l'emportaient largement sur les effets négatifs de la pollution atmosphérique et des accidents de la route touchant les piétons et les cyclistes (21,62). En outre, les sociétés récoltent les importants effets positifs découlant de la baisse de la pollution atmosphérique et de la fréquence des accidents (21,24). Enfin, l'utilisation d'estimations de la mortalité toutes causes confondues (cf. paragraphe 2.1) plutôt que de taux de mortalité imputables à des causes spécifiques présente l'avantage d'intégrer les possibles effets nocifs associés à la marche ou à la pratique du vélo.

## 2.6 Effets des changements dans les émissions de carbone

D'après la littérature disponible (12), il est nécessaire de prendre en considération trois étapes essentielles pour évaluer la valeur économique des changements dans les émissions de carbone dus au remplacement des déplacements en véhicule motorisé par la marche ou le vélo. Ces trois étapes sont les suivantes :

- l'évaluation du transfert modal des transports motorisés au transport actif (ou *vice versa*) ;

- l'évaluation des émissions de carbone dues au remplacement des déplacements motorisés et à la hausse de la fréquence de la marche et de la pratique du vélo ; et
- l'évaluation de la valeur économique des effets sociaux des changements dans les émissions de carbone.

La première étape consiste à estimer la quantité de transport évité (tels que le nombre de trajets et de passagers-kilomètres) en mode motorisé (principalement par voiture, camion, taxi, moto, bus et transport ferroviaire urbain), qui résulte d'un niveau donné ou d'un changement dans les moyens de transport actif. L'un des aspects majeurs réside dans l'évaluation précise de l'abandon net du moyen de transport motorisé par rapport à l'usage d'itinéraires alternatifs plus pratiques (remplacement d'itinéraires), ou de l'adoption en sus de la marche ou du vélo résultant d'interventions ou d'une politique (qui elles, n'influent pas sur les émissions de carbone, car elles ne remplacent pas les trajets précédemment effectués en moyen de transport motorisé). Les méthodes peuvent être fondées sur des modèles de demande de transport complexes, tels que le modèle en quatre étapes (25) et le modèle fondé sur l'activité (26) qui ont recours à des techniques de prévisions de la demande de transport (multimodal) – qui nécessitent en général une expertise technique spécifique, des ressources et des ensembles de données détaillées sur les trajets. Elles peuvent également s'appuyer sur des données d'entrée générées par l'utilisateur (en fonction de ce dont il dispose, telles que les enquêtes sur les voyages, ou le décompte des trajets), comme le fait l'outil HEAT (cf. paragraphe 2.14).

Au cours de la seconde étape, les trajets évités sont convertis en émissions de carbone économisées, à l'aide d'un ensemble de facteurs d'émission (en grammes de CO<sub>2</sub>e par passager-kilomètre ou par véhicule-kilomètre). Cette seconde étape impose de prendre en compte certains aspects connexes qui sont importants, tels que

les comportements et la technologie – notamment la connaissance des tendances de la demande de voyages (répartition dans le temps et l'espace des trajets remplacés, par exemple les déplacements domicile-travail aux heures de pointe dans les grandes zones urbaines) et la composition de la flotte de véhicules (technologie de propulsion, âge et type de carburant pour chaque moyen de transport dans la zone de l'étude). Trois grandes approches peuvent être distinguées.

La méthode du bilan carbone et de la consommation de carburant est utilisée au plan international, mais elle requiert des données substantielles et une évaluation détaillée de l'intensité énergétique des divers carburants utilisés par la population de l'étude.

Une méthode relativement simple, celle des facteurs d'émissions et des déplacements effectués, est elle, fondée sur les changements en matière de distance de trajet pour différents moyens de transport, multipliés par des facteurs d'émission moyenne propres au moyen de transport ; de larges variations doivent alors être prises en compte, selon les caractéristiques du moyen de transport, telles que le type du véhicule, celui du moteur, le type de carburant, la transmission, l'âge du véhicule, sa maintenance, son occupation et son usage. Ces méthodes doivent également tenir compte de l'évolution des facteurs d'émission moyenne dans le temps, liée à l'introduction de véhicules plus efficaces et plus propres dans le parc automobile.

Enfin, une méthode plus complexe, fondée sur le facteur émissions-vitesse et les déplacements effectués, suppose que la quantité de carbone émise par différents moyens de transport dépend de trois éléments : 1) la distance et la durée moyenne des déplacements ; 2) la vitesse moyenne ; et 3) les caractéristiques du moyen de transport telles que le type de véhicule, son âge et le type de carburant. Cette méthode tient également compte des changements de vitesse moyenne observée et des types de véhicule dans la zone de l'étude, pour calculer l'émission chaude de CO<sub>2</sub>e par kilomètre. Pour les voitures, les

émissions excessives au démarrage à froid (pour la distance parcourue à froid lors de chaque déplacement, en général les 3 à 4 premiers kilomètres à partir du démarrage) y sont ajoutées. Ce dernier point est important, car la plupart des déplacements parcourus en vélo ou à pied sont courts et n'excèdent pas cette distance parcourue à froid.

La troisième étape consiste à évaluer les effets à long terme de la baisse des émissions de carbone ; une valeur économique est également appliquée pour rendre compte des effets escomptés du changement climatique anthropique (en utilisant des valeurs de prix et de coût du carbone, en euros par tonne de CO<sub>2</sub>e). L'évaluation des effets du changement climatique confronte à de nombreuses difficultés, notamment l'incertitude relative à l'évolution des facteurs politiques, socioéconomiques, scientifiques et philosophiques, de même que les questions éthiques résultant de la pondération de l'équité (23,24). Néanmoins, la valeur du carbone a été estimée à l'aide de modèles d'évaluation intégrés permettant d'évaluer les coûts de dépollution ou la valeur du dommage selon la variation à la hausse ou à la baisse du carbone dans l'atmosphère ; et de nombreuses autorités ont produit des méthodes et des valeurs pouvant être utilisées spécifiquement pour les évaluations des politiques, par conséquent également pour l'estimation des émissions de carbone liées à la pratique du vélo et de la marche.

Deux types d'estimations du coût des émissions de carbone sont globalement pertinentes pour le secteur des transports (12).

L'estimation du coût du dommage (c'est-à-dire le coût social des émissions de carbone) peut être définie comme étant la valeur monétaire du dommage mondial causé par la hausse progressive d'une émission supplémentaire d'une tonne de CO<sub>2</sub>e à un moment donné. Cette valeur varie beaucoup en raison de l'incertitude de la méthode aussi bien que des données, de l'échéance, de l'usage d'un taux d'actualisation et de la pondération de l'équité.

Fonder le coût estimé de la réduction sur les cibles en matière d'émission, ou sur les politiques actuelles d'atténuation signifie que l'on utilise les coûts marginaux de la réduction par tonne de CO<sub>2</sub>e pour atteindre la cible en matière d'émissions ou réaliser ces politiques d'atténuation. Les coûts de réduction ne représentent pas le coût social des émissions de carbone, sauf si la stratégie de réduction est fixée au niveau optimal, auquel cas les deux méthodes aboutissent au même résultat. Ils ne représentent pas non plus les bénéfices potentiels de l'atténuation, ni les coûts potentiels de l'inaction ; le coût de la réduction varie selon les options politiques et la cible choisie en matière de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

La méthode du coût social des émissions de carbone a été choisie pour l'outil HEAT, car elle permet de calculer des valeurs par défaut selon les contextes, indépendamment des options politiques retenues (cf. paragraphe 3.12).

## 2.7 Mortalité ou morbidité ?

L'activité physique a des effets bénéfiques sur de nombreux aspects de la morbidité, par exemple sur les cardiopathies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux, le diabète, certains types de cancers, la santé musculosquelettique, le bilan énergétique et certains aspects de la santé mentale (notamment l'anxiété et la dépression) ; elle améliore également les capacités fonctionnelles chez les personnes âgées (44). Du point de vue de la santé publique, ces bénéfices se concrétisent plus rapidement que la baisse de la mortalité. Ils peuvent également s'avérer importants pour la motivation des personnes à marcher et/ou à faire du vélo, car elles peuvent être davantage enclines à augmenter leur activité physique pour améliorer leur bien-être immédiat que pour prolonger leur vie. La prise en compte de la morbidité permet donc d'obtenir une estimation économique plus complète des effets sanitaires des interventions en matière de transports ; elle est considérée comme l'une des plus importantes améliorations à apporter à l'outil HEAT lors de ses révisions futures. Par ailleurs, les données scientifiques actuelles sur la morbidité, pour ce qui concerne la marche comme la

pratique du vélo, sont moins nombreuses que celles portant sur la mortalité. La prise en compte des effets de la morbidité dans les évaluations économiques accroît donc les incertitudes.

Bien que les réunions de concertation tenues en 2014 et 2016 aient examiné la possibilité d'inclure la morbidité dans l'outil HEAT, il a été recommandé de privilégier exclusivement, pour l'instant, la mortalité toutes causes confondues, pour la marche comme pour la pratique du vélo. Cette méthode est susceptible de produire des estimations prudentes, car elle ne tient pas compte des retombées positives sur le plan de la morbidité.

## 2.8 Âge et sexe

Dans l'idéal, l'analyse économique devrait permettre d'étudier les effets relatifs de l'activité physique sur les enfants et sur les adultes, de même que sur les adultes d'âges différents. Mais la majorité des études épidémiologiques ont été réalisées sur des adultes, essentiellement parce que les effets des maladies les plus couramment étudiées, tels que les cardiopathies coronariennes ou les décès qui leur sont imputables, sont rares chez les enfants, et parce que les études sur les adultes sont plus faciles à réaliser. Ainsi, les données scientifiques relatives aux effets durables de l'activité physique sur la santé des jeunes ne sont pas aussi nombreuses que celles qui concernent les adultes. Le groupe consultatif en a conclu que les données scientifiques sur les enfants et les adolescents étaient insuffisantes et que les évaluations économiques devraient être axées pour le moment sur les seuls adultes.

Les études montrent que la réduction des risques diffère selon les âges : par exemple, une activité physique accrue pourrait entraîner des bénéfices supérieurs chez les groupes d'âge avancés que chez les jeunes. La différenciation de la baisse du risque par groupe d'âge pourrait donc affiner les résultats des évaluations économiques. Elle nécessiterait cependant des données sur la marche et la pratique du vélo par groupe d'âge, mais elles sont rarement disponibles. La production de données sur les transports tenant compte des groupes d'âge devrait être plus fréquente.

L'âge est également un indicateur très pertinent pour le taux de mortalité utilisé. Ce dernier variant considérablement en fonction de l'âge, le choix de la fourchette d'âge pour le taux retenu à des fins d'évaluation économique peut influencer de façon substantielle sur les bénéfices calculés.

Les groupes d'âge auxquels les résultats peuvent être appliqués, et qui ont servi pour le choix du taux de mortalité, devraient donc être clairement mentionnés. Si un modèle est appliqué par la suite à des enfants ou des adultes plus âgés, les hypothèses associées doivent également être mentionnées.

Quant au sexe, la revue de la littérature épidémiologique sur les effets de la marche et de la pratique du vélo n'a pas montré de différences évidentes entre les sexes dans les effets sur la mortalité toutes causes confondues, (10) qui justifieraient de procéder à des estimations différentes du risque relatif chez les hommes et les femmes. Une conclusion similaire a été tirée pour les effets de la pollution atmosphérique (63) (cf. paragraphe 3.10).

Le comportement des hommes et des femmes en matière de transport actif peut être différent : par exemple, les femmes marchent et font du vélo plus souvent que les hommes, mais les hommes parcourent de plus longues distances à vélo. Dans l'idéal, l'analyse économique devrait tenir compte de ces différences selon les sexes. On constate également une légère différence entre les hommes et les femmes pour ce qui concerne le risque d'accidents de la route (après correction des distances plus longues que parcourent les hommes) (64) ; dans l'idéal, cette différence devrait être prise en considération dans les évaluations du risque d'accidents de la route.

## 2.9 Méthode fondée sur les tables de mortalité ou méthode statique ?

Une évaluation économique estime les bénéfices au cours d'une période de temps ; or, plusieurs paramètres peuvent ne pas rester constants sur l'ensemble de la période de l'analyse. Par exemple, le taux de mortalité

dans la population peut changer en raison d'une hausse de la marche ou de la pratique du vélo, ou d'autres facteurs. La tranche d'âge des populations évaluées est vaste également ; or, les effets sanitaires peuvent varier en fonction de l'âge. Les calculs fondés sur les tables de mortalité sont une méthode permettant de tenir compte de ces remarques, et donc, d'augmenter la précision des évaluations. Les estimations scientifiques récentes des effets sanitaires de la marche ou de la pratique du vélo ont eu recours à ces méthodes.

L'usage des tables, cependant, augmente la complexité de l'opération pour les utilisateurs ciblés, et la meilleure précision potentielle semble modeste comparée aux autres incertitudes liées aux divers paramètres, ou aux effets de l'inclusion ou non de groupes d'âge plus avancés.

## 2.10 Données sur la marche et la pratique du vélo

La qualité de l'évaluation économique dépend fortement de la validité et de la fiabilité des données utilisées sur la marche et la pratique du vélo. Dans de nombreux pays, les études systématiques à long terme de ces deux pratiques n'existent pas encore, ou ne fournissent pas les données locales qui sont souvent nécessaires pour évaluer les interventions locales en matière de transports ou l'infrastructure sur place.

Il est pourtant nécessaire de posséder des données issues d'études locales, afin qu'elles soient représentatives de la population évaluée. Les études doivent être réalisées durant une période de temps suffisante, et dans un nombre de lieux suffisant pour permettre une correction en fonction des variations saisonnières et spatiales de la marche ou de la pratique du vélo ; sinon, les données doivent être corrigées en utilisant des hypothèses réalistes, pour refléter au mieux les moyennes à long terme.

## 2.11 Temps nécessaire pour atteindre le plein niveau de pratique de la marche ou du vélo

Les interventions en matière de transports peuvent nécessiter des délais variés pour influencer certains



types de comportements. Par exemple, une nouvelle piste cyclable peut être adoptée immédiatement, alors qu'une autre peut nécessiter un an, ou plus, pour être empruntée davantage. Une évaluation des transports doit intégrer différentes hypothèses de rapidité ou de niveau d'adoption de la marche ou de la pratique du vélo, après des interventions de ce type.

### 2.12 Remplacement d'activité

Le plus souvent, la littérature sur les effets sanitaires porte sur l'activité physique totale, en général au moyen d'un indice synthétique exprimant la dépense énergétique globale (souvent mesurée en kilocalories par semaine), ou le temps passé à être actif, en tenant compte d'un large ensemble d'activités non liées aux transports, dont les loisirs et l'activité professionnelle. L'évaluation des effets sanitaires des interventions en matière de transports doit prendre en compte le possible remplacement d'une forme d'activité par une autre, qui peut se faire de deux manières possibles.

- La hausse observée du niveau de pratique de la marche ou du vélo signifie-t-elle que l'activité physique totale a augmenté ? Par exemple, une personne ayant commencé à se rendre à son travail en vélo ou à pied peut arrêter de pratiquer la course à pied. Bien que certains résultats scientifiques indiquent qu'il existe peu ou pas de remplacement (65,66), il n'est pas encore possible de tirer des conclusions définitives (67). Des études fondées sur les autoévaluations d'utilisateurs de pistes cyclables montrent des effets supérieurs (68), plus susceptibles de se produire si l'activité est liée aux loisirs. Là non plus, aucune conclusion définitive ne peut encore être tirée. Les études d'intervention doivent également tenir compte du fait qu'une nouvelle piste cyclable par exemple, peut conduire ses utilisateurs à emprunter de nouveaux trajets qui peuvent être plus courts.
- Les résultats des études sur la marche ou la pratique du vélo peuvent être confondus avec

d'autres formes d'activité physique, telles que les activités de loisirs. Cela peut entraîner une surestimation des effets sanitaires de ces deux pratiques, si les personnes marchant ou faisant du vélo étaient auparavant plus actives, à travers d'autres formes d'activité physique.

Il est recommandé de prendre en considération le mieux possible, le remplacement d'activité dans les analyses économiques. En d'autres termes, 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.

### 2.13 Coûts appliqués

La réalisation d'une évaluation économique de la marche et de la pratique du vélo requiert de convenir d'une méthode d'évaluation de la santé (ou de la vie). À cet égard, plusieurs méthodes peuvent être retenues.

Les évaluations dans le domaine des transports ont fréquemment recours à une méthode issue de la valeur normalisée d'une vie statistique, fondée sur le consentement à payer. Ce consentement à payer indique combien un échantillon représentatif de la population se montrerait prêt à payer (en termes monétaires), pour une politique qui par exemple, réduirait le risque annuel de décès de 3 pour 10 000 à 2 pour 10 000. En fait, il estime la valeur économique globale pour la société d'une mortalité prématurée réduite.

La méthode du coût de la maladie applique un coût à chaque maladie spécifique, tel que celui supporté par le service national de santé, ou la perte de gains.

Le calcul des années de vie perdues (ou gagnées) permet d'évaluer de manière plus complète les effets sanitaires, car il tient compte de l'espérance de vie des participants.

La méthode des années de vie corrigées du facteur qualité découle du calcul des années passées en mauvaise santé, multipliées par un facteur représentant le degré de pénibilité de l'état de maladie.

Quant à l'approche des années de vie corrigées du facteur invalidité, elle mesure la charge globale de morbidité, exprimée en nombre d'années perdues à cause d'un mauvais état de santé, d'une incapacité ou d'un décès prématuré.

En fonction des publics, différents effets économiques sont préférés. Les experts de la santé préfèrent avoir recours aux années de vie perdues ou au coût des soins de santé, mais les évaluations dans le domaine des transports, qui sont la principale cible de l'outil HEAT, s'appuient plus volontiers sur la valeur d'une vie statistique.

Une méthode fondée sur une étude complète de la littérature (18) a permis de parvenir à une valeur moyenne d'une vie statistique de 2,132 millions d'euros dans la Région européenne de l'OMS, en 2015 (cf. paragraphe 3.15.1). Ce résultat est beaucoup plus élevé que les valeurs couramment utilisées auparavant en Europe, telle que celle de 1,574 million d'euros proposée par l'étude UNITE (69), qui était utilisée dans les versions précédentes de l'outil HEAT (4) ; il est également un peu plus faible que la valeur de 2,487 millions d'euros utilisée dans la version précédente (5). Les valeurs d'une vie statistique varient beaucoup au plan international (16,69,70) ; il est donc recommandé d'utiliser soit une valeur locale, soit – en l'absence de valeur locale –, une valeur d'une vie statistique actuelle et internationalement acceptée.

D'autres méthodes, fondées par exemple sur les années de vie corrigées du facteur qualité, ou sur la valeur d'une année de vie, peuvent être adoptées si des données sont disponibles, afin de rendre les évaluations plus complètes et d'accroître leur intérêt pour le public du domaine de la santé. Ces indicateurs nécessitent cependant, d'évaluer les effets de la marche et de la pratique du vélo sur la morbidité (cf. paragraphe 2.6).

## 2.14 Taux d'actualisation

Les bénéfices économiques se produisant dans le futur étant en général considérés comme étant moins dignes d'intérêt que ceux se produisant dans le présent, les économistes appliquent un taux d'actualisation aux bénéfices futurs. Les taux d'actualisation les plus courants sont habituellement disponibles auprès des autorités publiques. Dans de nombreux cas, une analyse plus complète des coûts-avantages des interventions en matière de transports ou des projets d'infrastructure comprendra l'évaluation économique des effets sanitaires liés à la marche et à la pratique du vélo, qui en sera l'une des composantes. Le résultat final de l'évaluation complète sera ensuite actualisé pour permettre de calculer la valeur actualisée nette.

## 2.15 Analyse de sensibilité

Évaluer économiquement les effets sur la santé du comportement en matière de transports est une entreprise complexe qui implique toujours un certain nombre d'hypothèses et d'avis d'experts, comme nous l'avons exposé schématiquement ci-dessus.

Il est recommandé d'indiquer clairement toute incertitude entourant une évaluation et d'effectuer les calculs avec une estimation haute et basse des principales variables, de façon à obtenir une compréhension optimale de la palette possible des résultats finaux.



# 3

## Introduction au fonctionnement de l'outil HEAT

Un outil simple sur la marche et la pratique du vélo, appelé outil HEAT, a été mis au point à partir des enseignements tirés des études scientifiques qui ont été présentés dans le chapitre 2 (8).

### 3.1 Principes généraux

Les groupes consultatifs internationaux ont convenu des principes fondamentaux suivants, pour guider l'élaboration de l'outil HEAT. L'outil doit :

- être scientifiquement solide, et fondé sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles ;
- être aussi convivial que possible ;
  - demander une saisie minimale de données ;
  - proposer des valeurs par défaut ;
  - comprendre des invites et des questions claires ;
  - être de conception pratique et posséder un organigramme le rendant le plus pratique possible ;
- être entièrement transparent sur les hypothèses et les méthodes retenues ;
- être fondé de manière générale sur une méthode prudente ;

- être adaptable aux contextes locaux ; et
- être modulaire.

### 3.2 À qui s'adresse l'outil HEAT ?

L'outil HEAT est conçu pour permettre aux utilisateurs ne possédant pas de connaissance avancée en évaluation d'impact, d'évaluer comment se traduisent, sur le plan économique, les effets sanitaires de la pratique de la marche ou du vélo. Fondé sur les meilleures données scientifiques et sur des hypothèses transparentes, il est conçu pour être facile à utiliser par des professionnels variés, au niveau local comme au niveau national : en premier lieu, les urbanistes et les planificateurs des transports, les ingénieurs spécialisés dans la circulation et les groupes d'intérêts spécialisés dans les transports, la marche, la pratique du vélo ou l'environnement.

L'outil HEAT est également intéressant pour les économistes de la santé, les experts en activité physique et en promotion de la santé. Mais pour ces publics, les résultats de l'outil HEAT dans leur forme actuelle peuvent nécessiter d'être accompagnés d'informations et d'explications supplémentaires, car l'outil a recours à des méthodes spécifiques aux transports, telles que la valeur d'une vie statistique.





### 3.3 Dans quels cas peut-on utiliser l'outil HEAT ?

L'outil HEAT estime la baisse de la mortalité résultant de la pratique de la marche ou du vélo pour certaines « quantités » spécifiques, en répondant à la question suivante :

si x personnes pratiquent régulièrement une « quantité » y de marche ou de vélo, quelle est la valeur économique des effets sanitaires découlant de la baisse de la mortalité due à cette activité physique ?

L'outil HEAT permet également d'examiner les effets sanitaires des accidents de la route et de la pollution atmosphérique, de même que les effets sur les émissions de carbone.

Il peut être utilisé pour plusieurs types d'évaluations, telles que :

- l'évaluation des niveaux actuels (ou passés) de la marche ou de la pratique du vélo, pour montrer par exemple la valeur de ces deux pratiques dans une ville ou dans un pays ;
- l'évaluation des changements dans le temps, pour comparer par exemple une situation antérieure à une situation postérieure, ou un scénario A avec un scénario B (avec ou sans prise de mesures) ; et
- l'évaluation de projets nouveaux ou en cours, en calculant notamment le ratio coûts-avantages.

L'outil HEAT peut être utilisé seul ou pour fournir des données dans le cadre d'évaluations économiques plus larges, ou d'évaluations prospectives de l'impact sanitaire.

### 3.4 Dans quels cas ne faut-il pas utiliser l'outil HEAT ?

Avant d'utiliser l'outil HEAT et pour s'assurer qu'il peut être appliqué, il est nécessaire de tenir soigneusement compte des éléments suivants.

L'outil HEAT n'est pas conçu pour être appliqué à des évaluations au niveau d'une population, c'est-à-dire de groupes de personnes et non d'individus.

Il est conçu pour des comportements habituels, tels que la pratique du vélo ou la marche dans le cadre de déplacements domicile-travail, ou d'activités régulières de loisir. Ne l'utilisez pas pour évaluer des événements ou des compétitions durant une journée, comme des Journées de la marche ou du vélo, qui ne traduisent probablement pas des comportements moyens à long terme.

L'outil HEAT a pour objet les populations adultes. Ses calculs sont fondés sur le taux de mortalité d'âges allant de 20 à 74 ans pour la marche, et de 20 à 64 ans pour la pratique du vélo. Il ne doit pas être utilisé sur des populations d'enfants ou d'adolescents, car les données scientifiques sur lesquelles il est fondé n'incluent pas ces groupes d'âge. Les limites d'âge supérieures ont été fixées par consensus, pour éviter de parvenir à des effets sanitaires artificiellement gonflés par une déformation du comportement en matière de transport actif dans les groupes d'âges les plus avancés, qui présentent des risques de mortalité supérieurs. Si la population à évaluer est beaucoup plus jeune ou âgée que la moyenne, l'utilisateur peut choisir une tranche d'âge inférieure ou supérieure.

L'outil n'est pas non plus adapté aux populations pratiquant la marche ou le vélo à de très hauts niveaux. En effet, il utilise des données scientifiques issues d'études dans la population générale, et non dans des sous-populations pratiquant de hauts niveaux moyens d'activité physique, tels que les coursiers travaillant à vélo, ou le personnel des services postaux. Bien que la forme exacte de la courbe dose-effet soit incertaine, les bénéfices de l'activité physique semblent commencer à ralentir au-dessus de niveaux équivalents probablement à 1,5 heure de vélo et 2 heures de marche rapide par jour. L'outil n'est donc **pas adapté à des populations dont le niveau moyen de pratique du vélo atteint ou dépasse 1,5 heure par jour**, ou qui

marchent pendant 2 heures par jour ou plus, car ces niveaux excèdent les niveaux d'activité courants dans la population adulte moyenne.

Le module sur la pollution atmosphérique de l'outil HEAT ne doit pas être utilisé pour des environnements très pollués. En effet, la plupart des études sur les effets sanitaires de la marche et de la pratique du vélo, et sur la pollution atmosphérique utilisées par l'outil HEAT ont été réalisées dans des environnements où les niveaux moyens de pollution étaient faibles ou modérés (présentant des concentrations de particules fines allant jusqu'à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ; cf. paragraphe 3.9). Elles ne sont donc pas adaptées à une application à des environnements dans lesquels l'exposition des cyclistes ou des piétons aux particules fines est nettement supérieure à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les effets nocifs de la pollution atmosphérique semblent commencer à se stabiliser pour des concentrations supérieures, mais les effets d'une telle exposition sur les cyclistes ou les piétons n'ont pas encore été bien étudiés.

Les calculs de l'outil HEAT doivent être compris comme étant des estimations de l'ampleur des effets attendus, plutôt que comme des estimations précises.

Par ailleurs, la connaissance des effets sanitaires de la marche et de la pratique du vélo évolue rapidement. À cet égard, les projets décrits dans la présente publication constituent d'importantes premières étapes vers l'acceptation de méthodes harmonisées. Lors de l'élaboration de cet outil, le groupe consultatif international a émis à plusieurs reprises des avis d'experts fondés sur les meilleures informations et données scientifiques disponibles. Les utilisateurs doivent garder à l'esprit que les résultats sont des approximations, comme c'est le cas de nombreux autres types d'évaluations économiques des effets sanitaires. D'autres améliorations seront apportées à cet outil à mesure que de nouvelles connaissances apparaissent.

### 3.5 Fonctionnement de l'outil HEAT

S'agissant d'évaluer, sur le plan économique, la planification et les interventions en matière de transports

et d'urbanisme, l'outil HEAT vise à promouvoir la prise en compte de la valeur économique, pour la société, d'une réduction de la mortalité prématurée grâce à la pratique du vélo ou de la marche. Les utilisateurs peuvent se contenter de calculer les bénéfices en termes de mortalité, ou choisir d'examiner également les effets de la pollution atmosphérique et des accidents de la route, ou bien les effets du remplacement de déplacements motorisés par de la marche ou du vélo sur les émissions de carbone.

La figure 2 représente les principales étapes de l'outil HEAT.

Les paragraphes suivants apportent des informations supplémentaires sur les méthodes utilisées pour produire les résultats de l'outil HEAT, et sur les quatre modules de l'évaluation d'impact de l'outil.

### 3.6 Méthodes employées par l'outil HEAT pour évaluer l'impact sanitaire et procéder à l'analyse comparative des risques

L'évaluation d'impact sanitaire est un ensemble de procédures, de méthodes et d'outils utilisés pour évaluer les potentiels effets sanitaires d'une politique, d'un programme ou d'un projet. À l'aide d'une combinaison de techniques qualitatives, quantitatives et participatives, l'évaluation de l'impact sanitaire vise à produire des recommandations susceptibles d'aider les décideurs et d'autres acteurs à faire des choix sur les solutions alternatives et les améliorations permettant de prévenir les maladies et les traumatismes, et de promouvoir activement la santé.

L'outil HEAT est un modèle d'évaluation de l'impact sanitaire, c'est-à-dire un outil quantitatif permettant de calculer les effets sanitaires de la pratique régulière du vélo et/ou de la marche (ainsi que les émissions associées de carbone). Les calculs de l'impact sanitaire ont pour but de quantifier les bienfaits et les risques inhérents à un certain niveau d'exposition, ou à un changement de niveau d'exposition, au sein d'une population spécifique, durant une période définie. Le calcul de base quantifie le nombre de décès

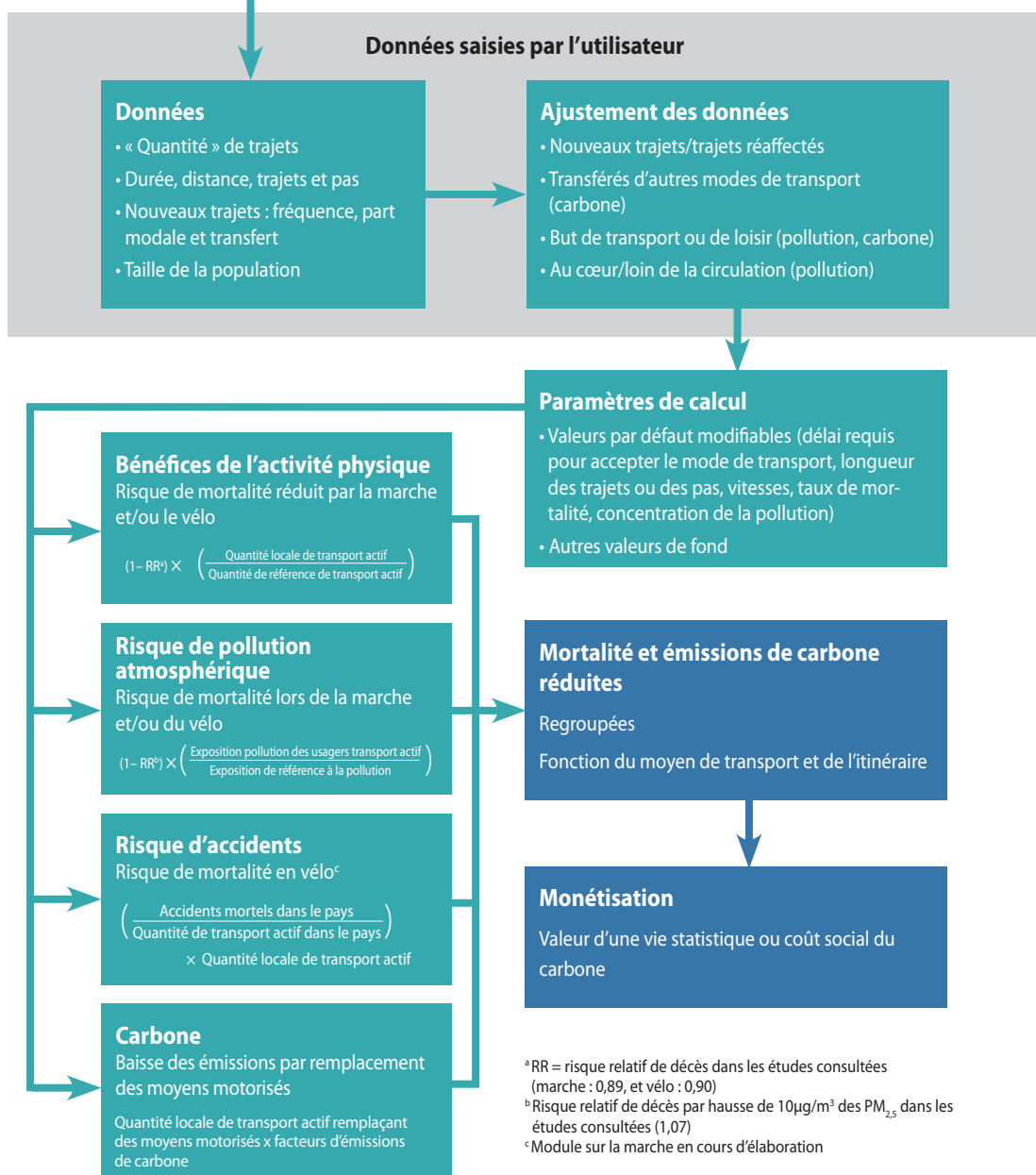


## Que voulez-vous évaluer ?

Marche et/ou vélo

- Effets (activité physique, pollution atmosphérique, risques d'accidents, émissions de carbone -> modes de transport motorisés)
- Temps et lieu

**Figure 2. Fonctionnement de base de l'outil HEAT**



<sup>a</sup>RR = risque relatif de décès dans les études consultées (marche : 0,89, et vélo : 0,90)

<sup>b</sup>Risque relatif de décès par hausse de 10µg/m<sup>3</sup> des PM<sub>2,5</sub> dans les études consultées (1,07)

<sup>c</sup>Module sur la marche en cours d'élaboration

Les encadrés verts contiennent les nouvelles fonctions de la version 4.0 de l'outil HEAT 2017 ; les encadrés bleus contiennent les fonctions de la version 2015 de l'outil HEAT.

survenant dans la population sur une période de temps donnée, en multipliant le taux de mortalité par l'effectif de la population et la durée de l'évaluation.

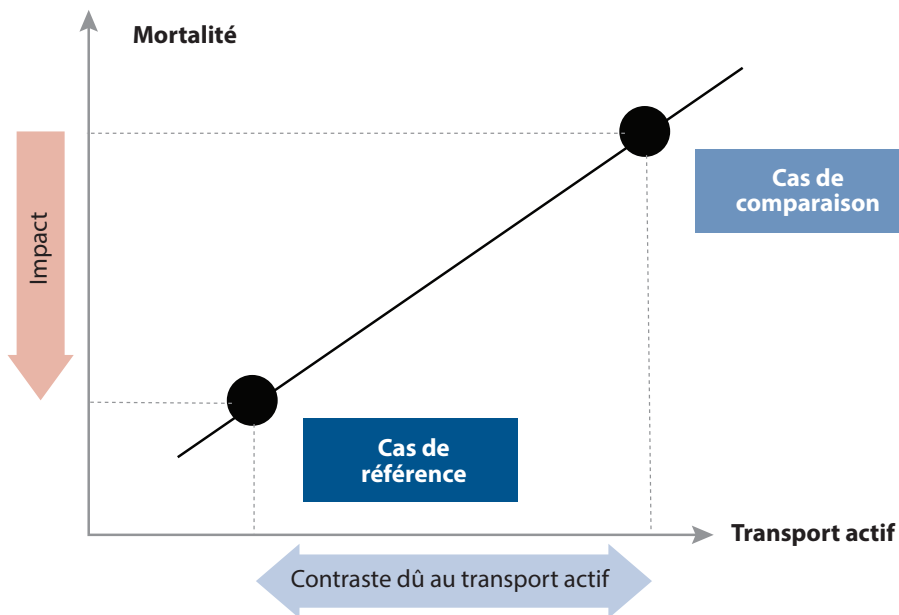
Par exemple, au Danemark, le taux de mortalité chez les personnes âgées de 20 ans à 74 ans est de 500 pour 100 000 habitants par an. Au cours d'une durée de 10 ans, parmi les 4 millions de personnes faisant partie de cette tranche d'âge, 200 000 sont susceptibles de mourir, d'après le calcul suivant :  $500 \text{ pour } 100\,000 \times 4\,000\,000 \times 10$ .

L'outil HEAT applique une méthode d'évaluation comparative du risque, dans laquelle le risque en question (mortalité ou décès prématurés) est comparé dans deux cas : le cas de référence et le cas de comparaison (par fois aussi nommé cas contrefactuel). L'impact présentant de l'intérêt est la différence de mortalité

entre les deux cas. Pour l'outil HEAT, cette différence résulte d'un contraste entre les deux cas sur le plan de l'activité physique, obtenu par la pratique régulière de la marche ou du vélo (cf. figure 3).

Pour calculer l'impact, l'outil HEAT se fonde sur le rapport, bien établi par la recherche épidémiologique, entre une exposition ("quantité" de marche ou de vélo) et un résultat sur le plan sanitaire (dans le cas de HEAT, la mortalité imputable à n'importe quelle cause, c'est-à-dire la mortalité toutes causes confondues). Ces effets sont quantifiés en tant que risques relatifs, en comparant le risque (par exemple, de mourir) chez les personnes exposées (qui pratiquent la marche ou le vélo régulièrement) au risque chez les personnes non exposées (ne marchant pas, ou ne pratiquant pas le vélo, ou les pratiquant moins).

**Figure 3. Méthode de l'évaluation comparative du risque dans l'outil HEAT**



Le risque relatif (emprunté à la littérature) est adapté en fonction des niveaux locaux de marche ou de pratique du vélo. Comme les estimations de ce risque relatif portent sur une exposition durable, les données locales fournies par l'utilisateur pour l'évaluation HEAT doivent également représenter des estimations d'une pratique durable de la marche ou du vélo.

Le nombre de décès attendus dans une population marchant et/ou pratiquant le vélo est calculé à l'aide de la méthode décrite ci-dessus, et multiplié par le risque relatif (qui est adapté pour traduire le niveau évalué de marche ou de pratique du vélo).

Dans le cas d'une évaluation simple (un cas unique) par l'outil HEAT, l'utilisateur précise les données relatives à la marche ou à la pratique du vélo pour le calcul du cas de référence uniquement, qui est ensuite comparé avec un cas de comparaison implicite d'absence de marche ou d'absence de pratique du vélo.

Si l'évaluation porte sur deux cas, l'utilisateur précise les niveaux de pratique de la marche et/ou du vélo dans les deux cas.

L'impact moyen – le nombre de décès prématurés évités au niveau de la population – est représenté par la différence entre le cas de référence et le cas de comparaison, qui reflète là encore la taille de la population et le moment de l'évaluation (cf. Figure 4).

Pour réaliser l'évaluation d'un cas unique, l'outil suppose un état stationnaire : le niveau évalué de transport actif est censé être identique depuis plusieurs années, et les sujets sont supposés bénéficier des effets complets sur la santé d'habitudes durables de transport actif.

Quant à l'évaluation à deux cas, elle repose sur des calculs tenant compte d'une période d'adoption (précisée par l'utilisateur) préalable à l'obtention des

pleins effets du transport actif, et d'une période d'accroissement de cinq ans, à l'issue de laquelle les effets sanitaires se manifestent pleinement (cf. Figure 5).

Les calculs d'impact par l'outil HEAT, de l'activité physique et de la pollution atmosphérique utilisent une formule calculant la fraction attribuable à la population. Cette formule est utilisée pour établir un rapport entre le taux de mortalité pour la population générale ( $MR_{pop}$ ) et les deux autres groupes comparés dans l'évaluation comparative du risque : le groupe exposé (groupe de référence) (e) et le groupe non exposé (groupe de comparaison) (u). Dans l'outil HEAT, l'exposition exprime la « quantité » évaluée de marche ou de pratique du vélo.

$MR_{pop}$  (taux de mortalité dans la population générale) est la moyenne pondérée du taux de mortalité dans la population exposée ( $MR_e$ ) et de ce taux dans la population non exposée ( $MR_u$ ).  $MR_{pop}$  dépend de la différence du risque de mortalité entre les deux groupes, et de la taille des deux groupes.

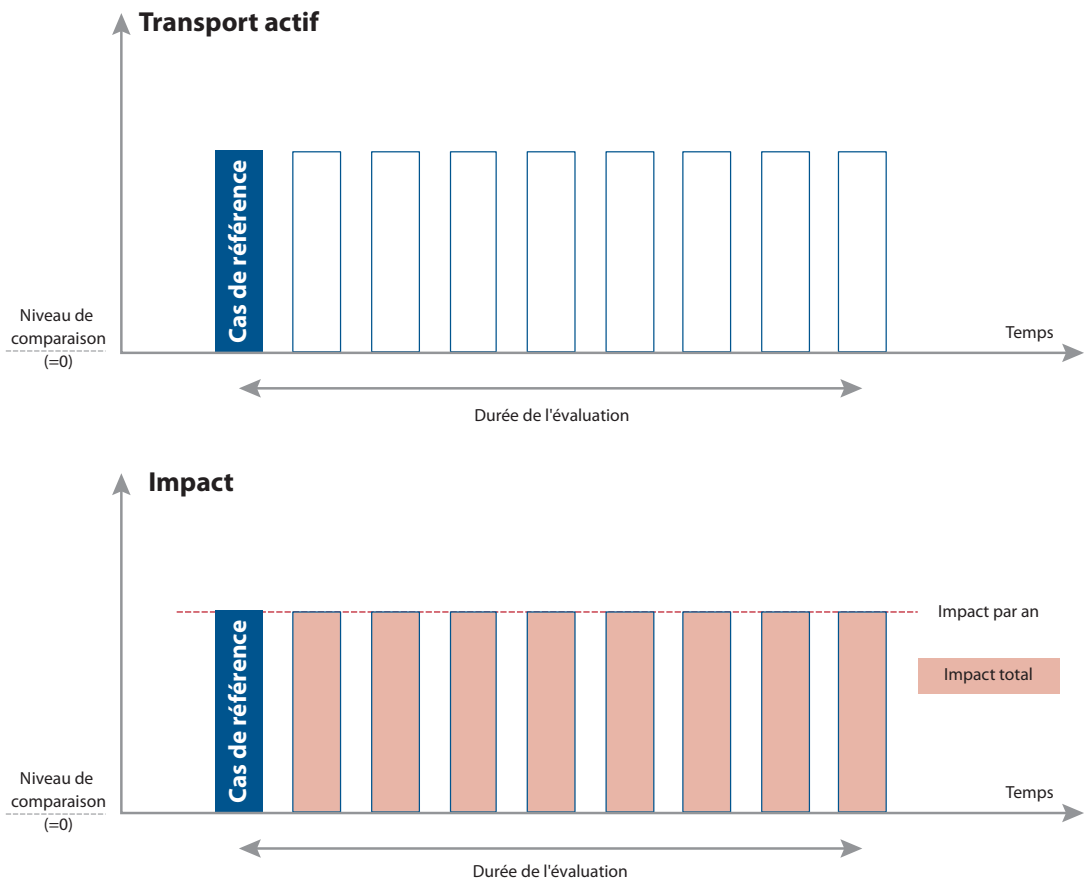
$$MR_{pop} = MR_u \times P_u + MR_e \times P_e$$

Les études épidémiologiques estiment la différence du risque de mortalité et l'expriment en tant que risque relatif (RR) : par exemple,  $RR_{cycling} = 0,9$  pour x minute de vélo par jour, comparé à 0 minute de vélo par jour.

$$RR = MR_e / MR_u$$

La taille des groupes exposés et non exposés est en général exprimée par la proportion de sujets exposés ( $P_e$ ). Dans le contexte de l'outil HEAT, il s'agit de quantifier la taille de la population évaluée, pratiquant le vélo ou marchant, par rapport à la taille de la population totale sur laquelle  $MR_{pop}$  est fondé (c'est-à-dire tous les habitants d'un pays, dont l'âge est compris entre 20 et 64 ans, ou 74 ans, respectivement). Dans la plupart des cas d'usage, la

Figure 4. Évaluation simple (cas unique) par l'outil HEAT

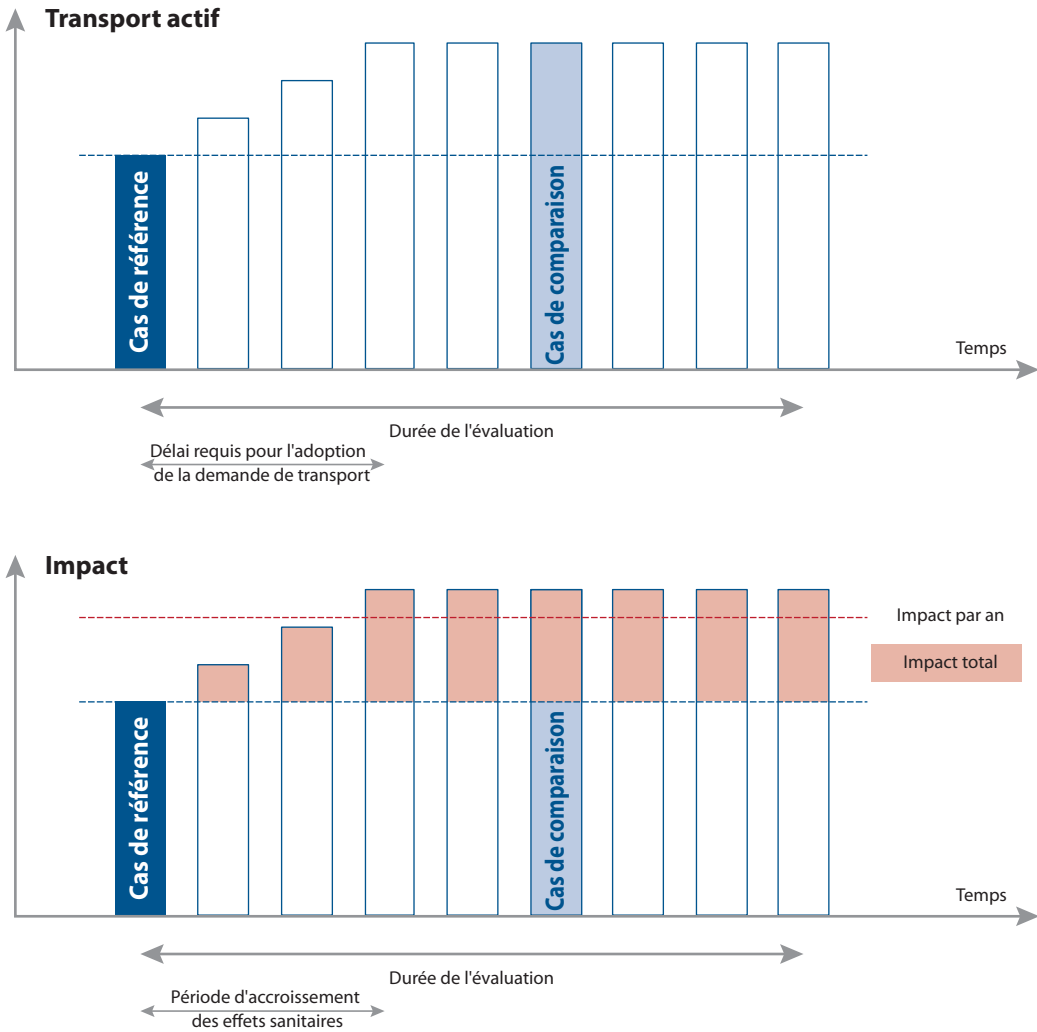


proportion des personnes exposées est assez faible : c'est le cas par exemple des évaluations réalisées à l'échelle d'une ville ou d'une partie de la ville (la population évaluée est alors beaucoup plus petite que la population du pays), et des évaluations dans lesquelles le niveau de pratique de la marche ou du vélo n'est pas très élevé (il a alors peu d'influence sur le risque de mortalité global). Par défaut, l'outil suppose donc que la proportion de personnes exposées est proche de zéro (égale à 0,001), et que l'influence évaluée de la marche ou de la pratique du vélo sur le taux de mortalité national ( $MR_{pop}$ ) est négligeable.

Les utilisateurs peuvent modifier ce réglage pour les cas d'usage où cette supposition ne s'applique pas, c'est-à-dire pour les évaluations à l'échelle d'un pays, pour lesquelles les niveaux de pratique de la marche et du vélo sont élevés. Dans ce cas, la part modale, ou un chiffre équivalent, peuvent être utilisés en guise d'approximation de la proportion exposée.

Les formules mathématiques utilisées par l'outil HEAT ont été élaborées en tenant compte de ces considérations. Pour calculer les effets en termes de décès prématurés (évités), on calcule  $MR_u$  et  $MR_e$  à partir de

Figure 5. Évaluation à deux cas par l'outil HEAT



$$MR_{pop} \cdot RR \text{ et d'un } P_e \sim 0.$$

$$MR_{pop} = MR_u \times P_u + MR_e \times P_e$$

$$RR = MR_e / MR_u$$

$$P_u = 1 - P_e$$

$$MR_u = MR_{pop} / [1 - (P_e \times (1 - RR))] \sim MR_{pop}$$

$$MR_e = MR_{pop} \times RR / [1 - (P_e \times (1 - RR))] \sim MR_{pop} \times RR$$

$MR_u$  et  $MR_e$  sont ensuite multipliés par la population évaluée pour obtenir le nombre de décès dans le groupe exposé (c'est-à-dire la population évaluée dans l'outil HEAT) et dans le groupe non exposé (cas contrefactuel de la même population non exposée à la marche ou à la pratique du vélo). La différence entre les deux groupes traduit le nombre de décès



imputables à l'exposition, ou impact de l'exposition. Si l'impact est inférieur parmi les populations exposées, cela signifie que l'exposition, telle que l'activité physique, prévient les décès.

$$D_u = MR_u \times \text{population}$$

$$D_e = MR_e \times \text{population}$$

$$D_{\text{attributed}} = D_e - D_u$$

Dans une comparaison à deux cas, la même évaluation est calculée deux fois pour différents niveaux d'exposition. Les décès imputables reflètent alors la différence entre les deux évaluations.

Veillez vous reporter au paragraphe 3.5 pour de plus amples informations sur le calcul de l'évaluation d'impact dans les divers modules de l'outil HEAT.

### 3.7 Quelles sont les données à saisir ?

Pour utiliser l'outil HEAT, il est nécessaire de posséder les données suivantes :

- une estimation de la taille de la population étudiée, qui peut provenir d'enquêtes auprès des usagers d'itinéraires donnés, d'enquêtes en population ou du comptage de la circulation, ou qui peut également provenir d'estimations tirées d'un scénario ; la taille de la population doit refléter la tranche d'âge évaluée, et exclure par exemple les jeunes âgés de moins de 20 ans, que l'outil HEAT ne prend pas en compte ; et
- une estimation de la « quantité » moyenne de marche ou de pratique du vélo dans la population étudiée, qui peut là aussi être extraite d'enquêtes ou provenir d'estimations, et être saisie de plusieurs manières (exprimée sous la forme d'une moyenne par personne et par jour) :
  - durée – temps moyen (en minutes ou en heures) de marche ou de vélo par personne (par



exemple, 30 minutes de marche en moyenne par jour) ;

- distance – distance moyenne parcourue à pied ou en vélo par personne (par exemple, 10 km en vélo en moyenne par jour) ;
- déplacements – moyenne par personne, ou total observé dans une population (par exemple, 250 déplacements à vélo par an) ;
- pas – nombre moyen de pas effectués par personne (par exemple, 9000 pas par jour) ;
- part modale (des déplacements, de la durée ou de la distance) – la part modale est un pourcentage de tous les déplacements effectués, tous modes de transport confondus (par exemple, 20 % de tous les déplacements sont effectués à pied) ;
- fréquence – en réponse à des questions telles que « à quelle fréquence utilisez-vous votre vélo ? » ou « à quelle fréquence marchez-vous ? » (par exemple, 20 % si les utilisateurs se déplacent à vélo 1 à 3 fois par semaine) ; et
- changement (exprimé en pourcentage) – par exemple, si dans un scénario B, 20 % de la population se déplace 20 minutes de plus à vélo que dans un scénario A).

La quantité moyenne de marche ou de pratique du vélo doit avoir pour base le même type de population (par exemple, les piétons ou les cyclistes seulement, ou la population générale), en incluant peut-être les personnes qui ne marchent pas ou ne font pas de vélo.

L'outil HEAT permet aux utilisateurs de saisir leurs données sur les moyens de transport dans des unités ou des formats divers. Il les convertit ensuite en unités normalisées, telles que les minutes ou les kilomètres par jour. Pour ces conversions, les valeurs par défaut

sont utilisées si nécessaire (par exemple, la distance moyenne du déplacement).

Les conversions sont effectuées de la manière suivante.

- Pour effectuer des conversions entre durée et distance, on suppose certaines vitesses moyennes par moyen de transport (cf. paragraphe 3.13).
- Pour convertir des pas en distances, le nombre de pas est multiplié par une longueur de pas moyenne par défaut (cf. paragraphe 3.13).
- Pour convertir un nombre de déplacements en distance, on utilise des distances moyennes de déplacements par moyen de transport (cf. paragraphe 3.13).
- Pour convertir une part modale, la part (en pourcentage) est multipliée par le volume total (déplacements, distance ou durée), puis on effectue les conversions décrites ci-dessus selon que de besoin.
- L'outil HEAT comprend les catégories de fréquence suivantes : quotidien ou quasi-quotidien ; 1 à 3 fois par semaine ; 1 à 3 fois par mois ; moins d'une fois par mois ; et jamais. Pour convertir des catégories de fréquence en distances, il est d'abord nécessaire de calculer le nombre de jours marchés ou parcourus à vélo par an, à l'aide des valeurs médianes des catégories. La catégorie « quotidien ou quasi-quotidien » se voit donc affecter une valeur de 5,5 jours par semaine (qui est la valeur médiane entre 4 et 7 jours par semaine), puis elle est multipliée par 52 ; la catégorie « 1 à 3 jours par semaine » se voit affecter une valeur de 2 jours par semaine ; la catégorie « 1 à 3 jours par mois » se voit affecter une valeur de 2 jours par mois, puis elle est multipliée par 12 ; la catégorie « moins d'une fois par mois » se voit affecter une valeur de 6 jours par an ; et la catégorie « jamais » se voit affecter une valeur de zéro. Le nombre de jours par an est ensuite divisé

par 365 et multiplié par une distance quotidienne moyenne par moyen de transport, qui est estimée en multipliant le nombre de déplacements par personne et par jour dans tous les moyens de transports (trois) par la distance de déplacement moyenne par moyen de transport (cf. ci-dessus).

Les utilisateurs souhaitant évaluer les effets sur les émissions de carbone peuvent également saisir des données sur les moyens de transport motorisés, ou utiliser des valeurs par défaut si aucune donnée locale n'est disponible (cf. paragraphe 3.12).

L'outil HEAT offre plusieurs valeurs par défaut, qui ont été extraites de la littérature scientifique et acceptées dans le cadre du processus de consensus entre les experts. Ces valeurs doivent être utilisées, sauf s'il existe des données plus pertinentes, traduisant mieux la situation évaluée. De plus amples informations sont données dans le paragraphe 3.13 et sur le site Web de l'outil HEAT (8).

### 3.8 Données à saisir sur l'intensité de la marche ou de la pratique du vélo

Les données d'entrée du modèle peuvent provenir d'un certain nombre de sources, notamment :

- les enquêtes auprès d'usagers d'itinéraires donnés ;
- les études de comportement en matière de déplacements au niveau de la population ;
- les études de comportement en matière de déplacements fondés sur la destination (par exemple, les comportements en matière de déplacement du domicile au lieu de travail) ; et
- les comptages de la circulation.

En lieu et place, des estimations fondées sur des informations pertinentes peuvent servir de valeurs de substitution à des données empiriques, par exemple dans le cas de calculs de scénario. Il est en tous cas important d'utiliser les données les plus

fiables possibles et de les valider grâce à des sources secondaires, si elles existent.

En définitive, la qualité de l'évaluation économique dépend entièrement de la précision des données entrées sur la marche et la pratique du vélo. Quelques remarques peuvent aider à faire le meilleur usage possible des données disponibles, et à éviter les erreurs.

#### 3.8.1. Utilisation de dénombrements et d'enquêtes de courte durée

Les dénombrements effectués pendant une courte durée posent un problème essentiel : ils ne rendent pas avec précision les variations de la pratique de la marche ou du vélo dans le temps – selon l'heure, le jour de la semaine, la saison ou la météorologie. Si le dénombrement est effectué un jour ensoleillé, le résultat peut être supérieur à celui d'un jour pluvieux. Dans de nombreux pays, la pratique du vélo décline en général en hiver. L'outil HEAT supposant que les données saisies traduisent des niveaux moyens de pratique à long terme, les données issues de dénombrements effectués pendant une courte période peuvent biaiser les résultats.

Ce problème concerne les évaluations réalisées dans un site unique (un trottoir ou un pont, par exemple), sur lequel est effectué le dénombrement, ou les évaluations réalisées à l'échelle d'un groupe et fondées sur des enquêtes effectuées à un certain moment de l'année seulement.

Les dénombrements effectués pendant une courte période peuvent également être corrigés en fonction de la variation temporelle, pour mieux rendre compte des niveaux de pratique de la marche ou du vélo sur le long terme.

En revanche, les évaluations fondées sur de vastes enquêtes continuellement renouvelées, telles que les enquêtes nationales sur les déplacements ou les dénombrements continus automatisés, ne sont pas concernées.

### 3.8.2. Utilisation de données portant sur un nombre réduit d'emplacements

Il peut être nécessaire de prendre en compte la variation spatiale, en particulier dans le cas de la marche, dans les évaluations fondées sur des dénombrements effectués à un emplacement unique, ou dans un petit nombre d'emplacements. Le choix de l'emplacement peut en effet, influencer fortement sur le résultat d'un dénombrement, qui peut par conséquent, ne pas être représentatif du niveau général de pratique de la marche ou du vélo. Ses résultats doivent être interprétés avec soin, et en général, ne doivent pas être extrapolés au-delà des emplacements dans lesquels les données ont été collectées.

En revanche, certaines évaluations ne sont pas concernées par ce problème : ce sont celles qui s'appuient sur des études avec échantillonnage aléatoire des personnes enquêtées dans une zone définie (telles que les grandes enquêtes sur les ménages), et dans une moindre mesure, celles qui reposent sur des dénombrements effectués dans des infrastructures linéaires telles que des pistes ou des chemins.

### 3.8.3. Utilisation de données relatives aux déplacements ou de données de dénombrement

L'outil HEAT requiert d'associer les données de dénombrement ou celles qui portent sur des déplacements, à une estimation de la longueur moyenne du voyage, pour pouvoir calculer l'intensité de la marche ou de la pratique du vélo. Par exemple, les dénombrements effectués sur un pont ne procurent pas d'information sur la distance parcourue par les piétons ou les cyclistes au-delà du pont. La longueur moyenne d'un déplacement peut être estimée à partir d'enquêtes auprès des utilisateurs d'une infrastructure spécifique, ou d'enquêtes sur les déplacements.

### 3.8.4. Utilisation de données produites par un podomètre

Si l'évaluation s'appuie sur les données produites par un podomètre, il est nécessaire de s'assurer que le

nombre de pas utilisé résulte essentiellement d'une marche intentionnelle et rapide. Certains podomètres possèdent d'ailleurs une fonction qui exclut les pas ne résultant pas d'une marche délibérée. Il est également possible d'avoir recours à une autre méthode : inclure uniquement les pas résultant d'une marche intentionnelle à une vitesse d'environ 100 pas par minute (71), ou supposer la proportion de pas totale qui relève de cette catégorie.

## 3.9 Évaluation de l'activité physique dans l'outil HEAT

Pour estimer les bénéfices sur la santé de l'activité physique pratiquée régulièrement au moyen de la marche ou du vélo, l'outil utilise les estimations du risque relatif de décès toutes causes confondues chez les cyclistes ou les piétons réguliers, par rapport à celui des personnes qui ne marchent pas, ni ne font du vélo régulièrement.

L'outil est fondé sur le risque relatif estimé à partir d'une méta-analyse d'études publiées. Pour de plus amples informations sur les risques relatifs utilisés dans l'outil HEAT sur la marche et la pratique du vélo, veuillez vous reporter au paragraphe 3.9.1

L'outil utilise ces risques relatifs et les applique à la « quantité » de marche ou de pratique du vélo saisie par l'utilisateur, en supposant une relation linéaire entre la marche et la pratique du vélo d'une part, et la mortalité d'autre part. À titre d'illustration, le risque relatif tiré de la méta-analyse effectuée pour la version mise à jour de l'outil HEAT pour la pratique du vélo est égal à 0,90 pour des déplacements réguliers à vélo entre le domicile et le lieu de travail, dans le cas d'une pratique de 100 minutes par semaine, pendant 52 semaines par an (ce qui équivaut à 87 heures de vélo par an). Par conséquent, une population de cyclistes réguliers reçoit pour une année donnée, un bénéfice protecteur de 10 % (1,00 moins 0,90), qui signifie dans l'ensemble, que ces cyclistes ont 10 % de risques de moins de mourir d'une quelconque cause que ce soit, que la population des non-cyclistes.

Si l'utilisateur saisit un temps de pratique du vélo équivalent à 29 heures par an (soit le tiers de l'exemple ci-dessus), le bénéfice protecteur sera dans ce cas d'environ 3 %. Et si l'utilisateur saisit une valeur de 174 heures (deux fois plus que le temps parcouru à vélo par la population de référence), le bénéfice protecteur qui en découle est de 20 %. Celui-ci est deux fois supérieur au bénéfice protecteur pour la population de référence.

La même méthode est appliquée pour le calcul de la réduction du risque découlant de la marche, qui s'élève à 0,89 pour une pratique régulière de la marche de 168 minutes par semaine, pendant 52 semaines par an (ce qui équivaut à 146 heures de marche par an). L'outil HEAT utilise ensuite les données sur la mortalité dans une population pour estimer le nombre d'adultes de la population cible qui risque d'ordinaire de mourir dans une année donnée. Puis à l'aide du risque relatif ajusté, il calcule la baisse du nombre de décès escomptés chez les membres de cette population qui marchent ou font du vélo au niveau spécifié par l'utilisateur.

À moins que l'évaluation ne porte sur un état stationnaire, il importe de savoir qu'un délai existe entre le moment où l'activité physique augmente et celui où les bénéfices sur la santé deviennent mesurables. Les experts ont convenu que cinq ans était une hypothèse raisonnable, estimant que ce délai était nécessaire pour que la hausse de l'activité physique produise ses pleins effets ; les bénéfices augmenteraient progressivement de 20 % chaque année.

### 3.9.1 Cadre et limites

Bien que la littérature scientifique suggère que la relation dose-effet entre l'activité physique et la mortalité soit très probablement non linéaire (47,72), la méta-analyse réalisée pour mettre au point l'outil HEAT (10) montre néanmoins que les différences entre différentes courbes dose-effet restent modestes (cf. paragraphe 3.6). Dans le cas de l'outil HEAT, une relation linéaire a été choisie pour éviter

de devoir saisir des données supplémentaires sur le niveau d'activité de départ (ce qui aurait été nécessaire si une fonction dose-effet non linéaire avait été retenue) ; en outre, une approximation linéaire est souvent appropriée pour la gamme des niveaux d'activité prévue par HEAT (cf. ci-dessous).

Pour éviter d'atteindre des valeurs excessives à l'extrémité supérieure de la gamme, la réduction du risque estimée par l'outil HEAT est plafonnée. L'examen des points de données de la nouvelle méta-analyse suggère qu'à partir d'une réduction du risque de 45 % pour la pratique du vélo, et de 30 % pour la marche, la baisse commence à ralentir (la plupart des données scientifiques portent d'ailleurs sur une exposition inférieure à ces niveaux). Une vaste étude de cohorte, trouvée grâce à une enquête portant spécifiquement sur cet objet (73), a également confirmé ces limites. En conséquence, le groupe consultatif a recommandé d'appliquer ces plafonds à l'outil HEAT mis à jour. Dans l'outil HEAT, la réduction du risque de mortalité découlant de la pratique du vélo est donc de 45 % au maximum (ce qui correspond à 447 minutes par semaine), et de 30 % au maximum pour la marche (ce qui correspond à 460 minutes par semaine) (cf. tableau 1).

### Formule mathématique

Le fonctionnement de base du module sur l'activité physique de l'outil HEAT repose sur la formule suivante :

$1 - RR \times (\text{durée locale de marche ou de pratique du vélo} / \text{durée de référence de marche ou de pratique du vélo})$

Où :

RR = risque relatif de décès dans les études consultées (marche : 0,89 ; vélo : 0,90).

La durée de référence par personne pour la pratique du vélo est égale à 100 minutes par semaine,

**Tableau 1. Plafonds appliqués par l'outil HEAT aux bienfaits résultant de l'activité physique**

Mode	Tranche d'âge concernée	Risque relatif	Durée de référence	Bienfaits plafonnés à
Marche	20–74 ans	0,89 (IC 0,83–0,96)	168 minutes/semaine	30 % (460 minutes par semaine)
Vélo	20–64 ans	0,90 (IC 0,87–0,94)	100 minutes/semaine	45 % (447 minutes/semaine)

IC : intervalle de confiance

pendant 52 semaines par an, à une vitesse estimée de 14 km/heure.

La durée de référence par personne pour la marche est égale à 168 minutes par semaine, à une vitesse de 4,8 km/heure.

Le risque relatif est ensuite utilisé pour calculer le nombre de décès évités, sur la base du taux de mortalité, en appliquant une formule calculant une fraction attribuable à la population. Pour de plus amples informations, veuillez vous reporter au paragraphe 3.6.

### 3.9.2 Estimation du risque relatif utilisé

Lors du premier projet mené sur les effets de la pratique du vélo sur la mortalité, les meilleures données scientifiques trouvées provenaient des données sur le risque relatif dans deux études de cohorte combinées de Copenhague (5,15,74). Elles portaient sur environ 7000 participants, âgés de 20 à 60 ans, suivis pendant 14,5 ans en moyenne. Ces études ont calculé un risque relatif de mortalité toutes causes confondues de 0,72 (IC à 95 % : 0,57–0,91) chez les cyclistes effectuant régulièrement les déplacements domicile-travail en vélo (pendant 180 minutes par semaine), par rapport aux personnes effectuant ces mêmes trajets autrement qu'en vélo.

Une nouvelle revue systématique sur la réduction du risque relatif de mortalité, toutes causes confondues, entraînée par la pratique régulière de la marche ou du vélo, a été réalisée en 2013 (10).

Les études incluses dans cette revue devaient :

- être des études de cohorte prospectives ;
- rendre compte du niveau de marche ou de pratique régulières du vélo (durée, distance ou équivalent métabolique – MET) ;
- rendre compte du taux de mortalité toutes causes confondues, ou de la réduction de ce risque, en tant que résultat ; et
- rendre compte des résultats indépendamment des autres activités physiques (c'est-à-dire corrigés pour les autres formes d'activité physique).

Au total, 8901 titres et 431 textes intégraux ont été retenus. Sept études sur la pratique du vélo (conduites en Allemagne, Chine, Danemark et Royaume-Uni) et 14 études sur la marche (effectuées en Allemagne, Chine, Danemark, États-Unis, Japon et Royaume-Uni) remplissaient les critères d'inclusion. Une méta-analyse combinant les résultats de ces études, a été réalisée. Les études disponibles portant sur un large ensemble de types d'exposition, la méta-analyse

nécessitait d'estimer pour chaque étude le risque réduit à un niveau d'exposition ordinaire. À cet effet, les divers types d'exposition à la marche et à la pratique du vélo ont été convertis en MET-heures par semaine (en supposant une relation dose-effet linéaire, et une intensité moyenne de 6,8 MET pour le vélo et de 4,0 MET pour la marche, sauf indication contraire). Le niveau d'exposition ordinaire a été fixé à 11,25 MET-heures par semaine. Cette valeur a été obtenue à partir des recommandations globales en matière d'activité physique, en considérant qu'elle correspond au niveau recommandé d'au moins 150 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine (20), et en utilisant 4,5 MET comme moyenne pour une activité physique d'intensité modérée. Si l'on utilise 6,8 MET comme intensité moyenne pour le vélo, cette exposition représente environ 100 minutes de pratique du vélo par semaine ; avec une intensité moyenne de 4,0 MET pour la marche, l'exposition représente 170 minutes de marche par semaine.

Le groupe consultatif international a recommandé d'utiliser pour l'outil HEAT une courbe dose-effet linéaire, fondée sur un risque relatif de 0,90 pour le vélo, et de 0,89 pour la marche, en appliquant une réduction absolue du risque constante (75). Il a été procédé à un test de la sensibilité des résultats à diverses formes possibles de relation dose-effet. Les différences entre les diverses courbes étaient modestes, et la différence dans l'estimation finale du risque ne dépassait pas 6 %.

### 3.10 Évaluation de la pollution atmosphérique dans l'outil HEAT

Pour servir de base à l'évaluation des effets de la pollution atmosphérique sur les cyclistes et les piétons par l'outil HEAT (7,51,76), une méthode d'évaluation quantitative du risque lié à ce type de pollution et aux moyens de transport a été convenue (24,25). Cette méthode utilise les matières particulaires  $PM_{2,5}$ , notamment la concentration en  $PM_{2,5}$  de fond, pour mesurer la pollution atmosphérique. En fonction du pays et/ou de la ville choisie, l'outil HEAT proposera une concentration en  $PM_{2,5}$  tirée de la base de données mondiale de l'OMS sur la pollution de l'air ambiant en



ville (pour les chiffres concernant les villes) (77), ou de la base de données de l'Observatoire mondial de la santé de l'OMS (pour les chiffres concernant les pays) (78) ; les utilisateurs peuvent modifier cette concentration. Si les bases de données ne proposent aucun chiffre, ou que l'utilisateur préfère saisir une donnée locale, il est possible de saisir une valeur de  $PM_{2,5}$  [ou si nécessaire, de calculer sa valeur en utilisant un facteur de conversion internationalement accepté de 0,6 (79) pour transformer les mesures des  $PM_{10}$ , qui sont plus fréquemment disponibles, en estimations des  $PM_{2,5}$  (51)].

Le changement équivalent sur le plan de l'inhalation d'air pollué, résultant de la marche ou de la pratique du vélo par rapport à un scénario de référence, est calculé en utilisant le débit ventilatoire (1,37 m<sup>3</sup>/heure pour la marche, et 2,55 m<sup>3</sup>/heure pour la pratique du vélo) (51,76), la durée de l'exposition et la concentration en  $PM_{2,5}$  dans le moyen de transport. La prise d'air calculée est ajoutée à la prise d'air du reste de la journée.

L'outil HEAT tient compte de deux aspects lorsqu'il calcule la différence d'exposition à la pollution atmosphérique résultant d'un niveau spécifique de pratique du vélo ou de marche :

- Le lieu de la marche ou du déplacement à vélo, pour en déduire le niveau approprié d'exposition à cette pollution :
  - a) sur, ou près d'une route fréquentée par des véhicules motorisés (avec une concentration en pollution atmosphérique considérée comme égale à la concentration de fond, multipliée par un facteur de conversion convenu pour la pratique du vélo ou la marche – cf. ci-dessous) ;
  - b) dans un parc ou à distance des routes à circulation motorisée (avec une concentration en pollution atmosphérique considérée comme égale à la concentration de fond) ;
- Le principal objectif de la marche et de la pratique du vélo, pour en déduire le cas de référence approprié :
  - a) les loisirs, essentiellement (le scénario de

comparaison utilisé par l'outil HEAT est alors « rester à la maison » ; la concentration en pollution atmosphérique est considérée comme étant égale à la concentration de fond ; et le débit ventilatoire est de 0,61 m<sup>3</sup>/heure) ;

- b) les déplacements entre le domicile et le lieu de travail essentiellement [le scénario de comparaison de l'outil HEAT est alors « prendre sa voiture » ; la concentration en pollution atmosphérique est considérée comme étant égale à la concentration de fond multipliée par un facteur de conversion convenu – cf. ci-dessous ; et le débit ventilatoire est de 0,61 m<sup>3</sup>/heure (51,76)].

Les concentrations en matières particulaires  $PM_{2,5}$  pour des moyens de transport spécifiques sont calculées à partir de la concentration de fond, en utilisant des facteurs de conversion. L'outil HEAT a extrait les facteurs qu'il utilise d'une revue des études ayant estimé les concentrations en  $PM_{2,5}$  lors de la pratique du vélo ou de la marche, comparées aux concentrations liées à d'autres moyens de transport (11) ; ces facteurs sont de 2,0 pour la pratique du vélo, de 1,6 pour la marche, et de 2,5 pour l'utilisation d'une voiture<sup>3</sup> (par rapport à la concentration de fond).

Le groupe consultatif international a convenu d'utiliser pour l'outil HEAT une méta-analyse portant sur 14 études internationales de cohorte, qui résument à 1,07 le risque relatif de mortalité toutes causes confondues pour chaque accroissement de 10 µg/m<sup>3</sup> de  $PM_{2,5}$  (IC à 95 % : 1,04–1,09) (51). Un délai est constaté entre l'exposition à la pollution atmosphérique et l'apparition d'effets nocifs pour la santé. Les experts ont convenu d'un délai de cinq ans – semblable à celui adopté pour constater les effets de l'activité physique sur la santé (cf. paragraphe 3.9) – pour l'observation des effets de la pollution atmosphérique sur la mortalité ; il s'agit d'une hypothèse raisonnable, la plus prudente, qui suppose une hausse des bienfaits de 20 % chaque année.

<sup>3</sup> La revue de la littérature (11) s'est intéressée aux études opposant les moyens de transport actif aux moyens de transport passif ; le rapport entre la concentration induite par l'utilisation de la voiture et la concentration de fond, adopté par l'outil HEAT, est emprunté à ces études et doit être considéré comme une approximation.

### 3.10.1 Cadre et limites

Il a été suggéré d'utiliser des fonctions dose-effet intégrées non linéaires pour traduire les indications selon lesquelles la courbe de la relation entre les polluants atmosphériques et les risques sanitaires semblait devenir plate aux niveaux élevés de pollution (51). Mais comme l'outil HEAT est surtout proposé pour des applications dans la Région européenne, où l'exposition extrême pouvant parfois être trouvée dans d'autres parties du monde est rare, les experts ont adopté une fonction dose-effet linéaire, qu'ils ont trouvée appropriée dans le cadre de l'outil HEAT (7).

Pour éviter d'obtenir des valeurs déformées aux extrémités supérieures de la courbe, la hausse du risque due aux matières particulaires est plafonnée dans l'outil HEAT. Il a été convenu d'utiliser un plafond précédemment en vigueur, de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (80), qui est conforme aux données scientifiques dont on dispose sur les lieux dans lesquels les études ont été réalisées, et sur lesquelles l'outil HEAT est fondé (10). Bien que l'outil s'applique encore à des lieux dans lesquels la pollution atmosphérique est quelque peu supérieure, aucun effet sanitaire supplémentaire ne sera trouvé au-delà de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Par ailleurs, l'outil HEAT ne comprend pas de seuil (limite inférieure), car des données récentes ont montré qu'il y a également des effets sanitaires pour des concentrations très basses de pollution atmosphérique (81).

Enfin, l'outil HEAT ne prend en compte que les effets de la pollution atmosphérique sur les piétons et les cyclistes, mais pas les effets [souvent considérables (21,24)] de la baisse de cette pollution sur l'ensemble de la population, grâce au remplacement des transports motorisés par la pratique du vélo et la marche.

### 3.10.2 Estimations du risque relatif

L'outil HEAT est fondé sur un risque relatif issu d'une méta-analyse incluant 14 études de cohorte internationales conduites en Allemagne, Autriche, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Grèce, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse (78). Cette méta-analyse fixe le risque relatif

de mortalité toutes causes confondues à 1,07 pour chaque hausse de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de matières particulaires  $\text{PM}_{2,5}$  (IC 1,04–1,09). Cela entraîne une hausse de 7 % du risque de mortalité à chaque fois que l'exposition à long terme aux  $\text{PM}_{2,5}$  augmente de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En d'autres termes, les personnes exposées à des niveaux de matières particulaires de  $\text{PM}_{2,5}$  plus élevés de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  présentent un risque de mortalité plus élevé de 7 % (à tout moment) que les personnes exposées à un niveau de matières particulaires moins élevé de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en supposant qu'il n'existe entre elles aucune différence d'âge, de tabagisme ou de toute autre caractéristique pertinente.

S'il existe plusieurs articles sur une étude, seul le plus récent a été pris en compte, avec le suivi le plus long. Par ailleurs, les seules études ayant été intégrées dans la méta-analyse quantitative sont celles qui estimaient directement l'exposition aux matières particulaires  $\text{PM}_{2,5}$ . L'analyse initiale (63) de la mortalité toutes causes confondues due à l'exposition aux  $\text{PM}_{2,5}$  reposait sur 11 études ; elle a été actualisée ultérieurement pour inclure trois études supplémentaires (78), ce qui n'a eu néanmoins qu'une influence mineure sur l'estimation du risque relatif.

Les auteurs ont également trouvé un petit nombre de données scientifiques montrant que le risque relatif était plus élevé chez les femmes que chez les hommes. Enfin, les effets estimés de la mortalité due aux matières fines sont supérieurs chez les personnes ayant un niveau d'instruction plus faible et chez les personnes obèses – bien que des études récentes apportent des données moins concluantes en ce qui concerne les différences liées à l'instruction (63).

### 3.10.3 Combinaison entre activité physique et exposition à la pollution atmosphérique

Dans l'outil HEAT, les risques relatifs liant mortalité et activité physique provenant de la pratique de la marche et du vélo ont été extraits d'études publiées réalisées dans des contextes dans lesquels les participants étaient exposés à différents niveaux de pollution atmosphérique. De ce fait, les risques



relatifs liés à l'activité physique due à la marche ou à la pratique du vélo sont un peu influencés par la pollution atmosphérique touchant la moyenne de la population. Pour les utilisateurs de l'outil HEAT n'évaluant que les effets de l'activité physique, ce point n'est pas spécifiquement corrigé, car on suppose implicitement que le niveau de pollution atmosphérique dans le lieu de l'évaluation est comparable à celui dans lequel les études ont été conduites.

Mais si l'utilisateur choisit d'évaluer à la fois l'activité physique et la pollution atmosphérique, l'outil HEAT corrige le risque relatif des bienfaits de l'activité physique provenant de la marche et de la pratique du vélo pour exclure les effets de la pollution, utilisant des estimations de ce risque corrigées en fonction de ce qu'elles seraient si les études sur l'activité physique avaient été menées dans des environnements non pollués. Les effets de l'exposition supplémentaire à la pollution atmosphérique due à la marche ou à la pratique du vélo sont calculés séparément (et affichés dans les résultats détaillés de l'outil HEAT, paragraphe 3.16).

Pour obtenir les risques relatifs corrigés, on a estimé l'exposition à la pollution atmosphérique ( $PM_{2,5}$ ) dans chacun des contextes des études sur la marche et la pratique du vélo, à l'aide de bases de données internationales et en supposant une exposition historique de 50 % supérieure, pour prendre en compte l'amélioration générale de l'air entre le moment où les études sous-jacentes ont été réalisées (entre 1964 et le début des années 2000), et 2011, année pour laquelle l'exposition à la pollution atmosphérique était disponible (7). L'effet de cette exposition, lors de la marche ou de la pratique du vélo, sur les risques relatifs initialement déterminés dans les études sur l'activité physique (10) a été calculé, en utilisant une fonction exposition-effet publiée entre les matières particulaires  $PM_{2,5}$  et la mortalité toutes causes confondues (63), le débit ventilatoire par défaut (cf. paragraphe 3.13) et la durée (publiée également) de l'exposition (35).

Voici ci-dessous une description générale des risques relatifs utilisés pour l'évaluation de l'activité physique.

#### Pratique du vélo

- Risque relatif non corrigé :  $RR = 0,903$  (0,866–0,943)
- Risque relatif corrigé de la pollution atmosphérique :  $RR = 0,899$  (0,861–0,939).

#### Marche

- Risque relatif non corrigé :  $RR = 0,886$  (0,806–0,973)
- Risque relatif corrigé de la pollution atmosphérique :  $RR = 0,883$  (0,803–0,970)

Il convient de noter que l'argument inverse peut également être avancé en ce qui concerne l'influence des moyens de transport actif sur les risques relatifs (publiés) de pollution atmosphérique issus d'études dans lesquelles les participants s'engagent dans la pratique de la marche ou du vélo. On peut raisonnablement supposer que cette influence sera négligeable en raison de la faible contribution de la dose supplémentaire d'air pollué respiré lors de la marche ou de la pratique du vélo sur l'exposition totale de toute la population de l'étude.

### 3.11 Évaluation des accidents de la circulation dans l'outil HEAT

L'outil HEAT évalue les effets des accidents de la circulation par une méthode basique (35) : une estimation générique du risque d'accident de la circulation est multipliée par les données locales sur la pratique du vélo fournies par l'utilisateur de l'outil (des applications sont prévues pour la marche et la conduite automobile). L'estimation générique du risque d'accidents de la circulation dans le cas de la pratique du vélo est effectuée grâce aux statistiques nationales, en divisant le nombre total d'accidents mortels frappant les cyclistes par le nombre total de

kilomètres parcouru à vélo pour chaque pays (voir les sources de données ci-dessous).

### 3.11.1 Améliorations de la sécurité dans le temps

Dans les évaluations comparant deux cas (par exemple, une situation antérieure et une situation postérieure, ou un scénario A comparé à un scénario B), l'utilisateur se voit offrir l'option de préciser un changement du risque d'accidents de la route (par exemple, une baisse de 10 %) (34). L'outil HEAT applique ensuite une interpolation linéaire du risque d'accidents de la circulation dans le temps (cf. paragraphe 3.6).

### 3.11.2 Cadre et limites

La disponibilité de données au niveau des villes étant réduite, ce module est principalement destiné à des évaluations au plan national ; le taux de létalité national par défaut correspondant est actuellement fourni en cas de choix d'une évaluation dans une ville. Les utilisateurs peuvent sélectionner cette valeur approchée ou bien l'écraser s'ils disposent d'une valeur convenable du risque local d'accidents de la route. Il est prévu d'offrir la possibilité de procéder à des évaluations fondées sur le taux de base des accidents de la route au niveau des villes, à mesure que les données deviennent disponibles.

Les risques d'accidents pouvant varier considérablement au niveau infra-urbain, en fonction par exemple, du type de route ou d'infrastructure, le calcul d'estimations justes du risque d'accidents demeure difficile à cette échelle. En raison de son approche simplifiée de l'estimation des impacts des accidents de la circulation, l'outil HEAT n'offrira probablement pas ce niveau d'évaluation.

Il ne tient pas compte non plus des différences ou des changements dans l'exposition à la circulation motorisée. Ce type d'évaluation, que proposent notamment Elvik et al. (27) et d'autres, pourrait être offert dans une version ultérieure.

Actuellement, l'outil HEAT ne prend pas en considération les traumatismes provoqués par les accidents de la circulation. Le groupe consultatif de l'outil HEAT admet que l'omission des effets sanitaires et du coût des traumatismes pourrait signifier qu'il ne prend pas encore pleinement en compte tous les effets sanitaires négatifs des accidents de la route (35). Il a néanmoins été reconnu que les sources de données actuellement disponibles, et le manque de méthodes normalisées au plan international pour définir et collecter les informations sur les traumatismes dus aux accidents de la route, ne permettent pas encore d'inclure les blessures non mortelles. De telles évaluations pourraient être proposées ultérieurement.

### 3.11.3 Formule mathématique

$$F_{\text{local}} = FR_{\text{generic}} \times D_{\text{local}}$$

Où :

$F_{\text{local}}$  = accidents mortels attendus en rapport avec la pratique locale du vélo

$FR_{\text{generic}}$  = estimation générique du risque national d'accidents mortels, calculée en divisant le nombre de cyclistes décédés dans un accident de la circulation en un an par l'estimation nationale du nombre total de kilomètres parcourus en vélo par an

$D_{\text{local}}$  = distance locale en kilomètres parcourue en vélo, d'après les données fournies par l'utilisateur de l'outil HEAT

### 3.11.4 Données sur le risque d'accidents

Les estimations génériques du risque d'accidents de la circulation ont été calculées à l'aide de données sur les accidents mortels et l'exposition, provenant de diverses sources. Les données sur les accidents mortels ont été rassemblées à partir des ensembles de données internationales du Forum international des transports (82) et de l'Organisation mondiale

de la santé (83). En ce qui concerne l'exposition, les données ont été réunies à partir de plusieurs sources nationales, en raison du manque de bases de données internationales [des détails sont disponibles sur le site Web de l'outil HEAT (8)]. Dans le cas des pays non compris dans ces bases de données, l'exposition à la pratique du vélo a été estimée à partir d'hypothèses sur la demande de mobilité (trois déplacements tous moyens de transport confondus par personne et par jour) et la distance du déplacement (3 kilomètres par déplacement en vélo), d'informations démographiques (83) et d'extrapolations de données sur la part modale (84).

La qualité des sources utilisées varie ; les combiner entraîne donc des variations du niveau de fiabilité des estimations génériques du risque d'accidents mortels ainsi calculées. Le paragraphe suivant offre des informations supplémentaires.

### 3.11.5 Élaboration du taux de base d'accidents de la circulation

Les estimations génériques du risque d'accidents mortels sont calculées en divisant le nombre national de cyclistes décédés dans ce type d'accidents chaque année (numérateur) par l'estimation nationale de la distance parcourue à vélo chaque année (dénominateur). Les données sur les accidents mortels aussi bien que celles sur l'exposition sont extraites de différentes sources, dont la qualité diffère.

Les données sur les accidents mortels fournies par l'ensemble de données internationales du Forum international des transports (82) ont été considérées comme prioritaires sur celles de l'OMS (83) (cf. Figure 6), car il comprend des observations sur des séries chronologiques portant sur de nombreuses années. Dans l'outil HEAT, une moyenne a été calculée sur cinq ans (2011–2015), pour réduire les effets de la variation ordinaire des données sur les accidents mortels d'une année sur l'autre. Cependant, l'ensemble de données du Forum international des transports ne comprend pas d'informations pour tous les pays couverts par

l'outil HEAT. Dans le cas de ces pays, l'outil s'appuie sur les données de l'OMS sur les accidents mortels (83). Celles-ci couvrent de nombreux pays, mais sur une année seulement (2013, essentiellement) ; de plus, elles sont fondées sur des observations mais également, en cas d'absence d'observations, sur des estimations modèles. Le nombre d'accidents mortels par moyen de transport est calculé en multipliant le nombre d'accidents mortels tous moyens confondus par la part des accidents mortels pour chaque moyen de transport.

En raison de la rareté des bases de données internationales sur l'exposition (nombre de kilomètres parcourus en vélo par an), les données ont été rassemblées à partir de plusieurs sources nationales. Au cas où des données existent pour différentes années, les plus récentes (postérieures à 2015) ont été considérées comme prioritaires. Si les données portaient sur plus d'un an, des moyennes (dans l'idéal, sur la période 2011–2015) ont été calculées. Dans certains cas, les données nationales sur l'exposition n'étaient pas complètes et obligeaient à effectuer certains calculs supplémentaires, sur la base d'hypothèses. Dans les pays pour lesquels il n'existait pas de données sur l'exposition provenant de sources nationales, l'exposition à la pratique du vélo a été estimée en multipliant la population (83) par le nombre de déplacements tous moyens confondus par personne et par jour (émis par hypothèse), la distance parcourue par déplacement à vélo (émis par hypothèse également) et la part modale par région du monde, extrapolée à partir de données au niveau des villes (84) (cf. Figure 6).

Les hypothèses étaient les suivantes.

- Trois déplacements par personne et par jour. D'après Diaz Olvera et al. (85), la demande de mobilité tous moyens de transport confondus est comprise entre 3,0 et 4,6 dans les pays à revenu faible et intermédiaire d'Afrique subsaharienne, ce qui est semblable à la demande constatée dans des

pays à revenu élevé tels que la France. L'outil HEAT se fonde sur la valeur la plus faible de cette fourchette, afin d'aboutir à des estimations prudentes.

- Trois kilomètres par déplacement à vélo. D'après le projet WALCYNG de l'Union européenne, la distance moyenne d'un déplacement à vélo est comprise entre 3 km et 4 km (86). Là encore, l'outil HEAT retient la valeur la plus basse de cette fourchette pour obtenir des estimations prudentes.

Les sources mentionnées ci-dessus étant de qualités diverses, leur combinaison produit des estimations du risque d'accidents mortels dont le niveau de fiabilité varie également. Cinq niveaux de fiabilité ont été établis, d'après la qualité des données utilisées pour le numérateur (les accidents mortels) et le dénominateur (l'exposition) nécessaires pour estimer le risque d'accidents mortels.

- Très forte : numérateur composé de données sur les accidents mortels du Forum international des transports, et dénominateur issu de sources nationales
- Forte : numérateur composé de données sur les accidents mortels du Forum international des transports, et dénominateur issu de sources nationales nécessitant des calculs ou des hypothèses
- Moyenne : numérateur composé de données sur les accidents mortels du Forum international des transports, et dénominateur estimé d'après une extrapolation de la part modale fournie par l'*Institute for Transportation and Development Policy*
- Faible : numérateur composé de données observées sur les accidents mortels par l'Observatoire mondial de la santé de l'OMS, et dénominateur estimé d'après une extrapolation de la part modale fournie par l'*Institute for Transportation and Development Policy*

- Très faible : numérateur composé de données modélisées sur les accidents mortels fournies par l'Observatoire mondial de la santé de l'OMS, et dénominateur estimé d'après une extrapolation de la part modale fournie par l'*Institute for Transportation and Development Policy*

## 3.12 Évaluation des émissions de carbone par l'outil HEAT

### 3.12.1 Vue d'ensemble

L'évaluation des émissions de carbone par l'outil HEAT comprend trois étapes principales (35) :

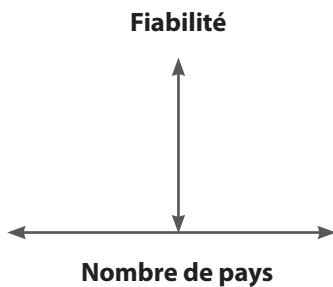
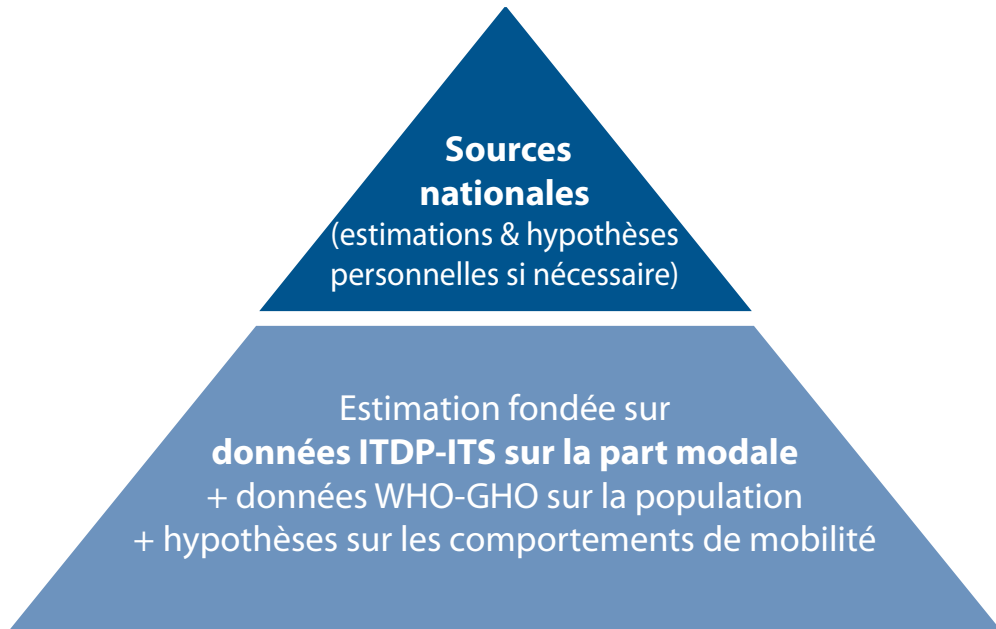
- l'évaluation du changement réel de moyen de transport, passant des déplacements motorisés à la marche ou à la pratique du vélo (ou *vice versa*) ;
- l'évaluation des émissions de carbone dues au remplacement du déplacement motorisé ; et
- l'évaluation de la valeur économique de l'impact social dû à la modification des émissions de carbone.

L'outil HEAT peut évaluer le transfert modal impliquant l'abandon des déplacements motorisés, dans le cadre d'évaluations comparant deux cas (cf. paragraphe 3.6) : par exemple, un cas de référence et un cas de comparaison, un cas avant et un cas après une intervention, et un cas comportant des mesures politiques, comparé à un cas sans mesure politique. Après avoir saisi une durée de marche et/ou de vélo, les utilisateurs devront corriger leurs données (cf. paragraphe 3.14) pour tenir compte des parts de marche et/ou de pratique du vélo qui :

- ont été réaffectées (c'est-à-dire effectuées sur un itinéraire différent ou vers une destination différente), ou sont entièrement nouvelles car résultant d'une demande induite (ou générée) ; ces deux cas ne sont pas pris en compte dans l'évaluation des émissions de carbone : par exemple, si 5 %



**Figure 6. Sources de données sur l'exposition utilisées pour le calcul du taux de base des accidents de la circulation par l'outil HEAT**



$E = \text{population} \times \text{MD} \times \text{BMS} \times \text{BTL}$   
 E = exposition (nombre de km parcourus à vélo par an)  
 Population : données de l'OMS  
 MD = demande de mobilité (hypothèse de trois déplacements par jour, tous moyens confondus)  
 BMS = part modale du vélo (déplacements en vélo sur les déplacements totaux – extrapolations ITDP-ITS par région du monde –)  
 BTL = distance du trajet parcouru en vélo (hypothèse de 3 km par trajet à vélo)  
 ITDP-ITS = Institute for Transportation and Development Policy (Institut de politique des transports et du développement) et Institute of Transportation Studies (Institut des études du transport)  
 WHO-GHO = Observatoire mondial de la santé de l'OMS

d'une nouvelle distance parcourue en vélo résulte d'un passage à un itinéraire parallèle, et que 5 % est un déplacement nouvellement induit, alors l'activité à vélo prise en compte dans l'évaluation des émissions sera égale à 90 % de la distance initialement saisie par l'utilisateur ;

- sont principalement effectuées dans un but de transport (et non de loisir) ; on suppose que la pratique de la marche et/ou du vélo dans un but de loisir ne résulte pas d'un abandon d'un déplacement motorisé, or l'évaluation des émissions de carbone ne tient pas compte du volume de transport actif effectué dans un but de loisir ;
- résultent de l'abandon d'autres moyens de transport motorisés ; pour ces transferts modaux, des taux de détournement par défaut et modifiables sont fournis (cf. paragraphe 3.12.2).

L'évaluation simple (un seul cas), qui suppose une situation stationnaire, exclut par définition les durées de marche et/ou de pratique du vélo ayant été réaffectées et induites. Dans ce cas, les parts gagnées sur d'autres modes de transport sont utilisées pour obtenir la distance de trajet motorisé dont on suppose qu'il aurait été effectué autrement (pas de marche, ni de vélo). La même approche est appliquée aux évaluations à deux cas, dans lesquelles l'utilisateur a choisi l'option « pas de données » pour les moyens de transport motorisé (dans la section des données à saisir).

La seconde étape consiste à convertir les changements de l'activité de déplacements en émissions de carbone ayant été potentiellement évitées (évaluation simple) ou économisées (évaluation à deux cas). Lors de cette étape de calcul, l'approche de l'outil HEAT inclut :

- **les émissions fonctionnelles** (cf. paragraphe 3.12.3), qui comprennent les valeurs de fond par pays et par année de la longueur moyenne des trajets, de la répartition des carburants, de la composition de la flotte de véhicules, de la température ambiante, des émissions excessives au démarrage

à froid et une valeur par défaut modifiable sur les conditions de circulation habituelles dans la zone d'étude ;

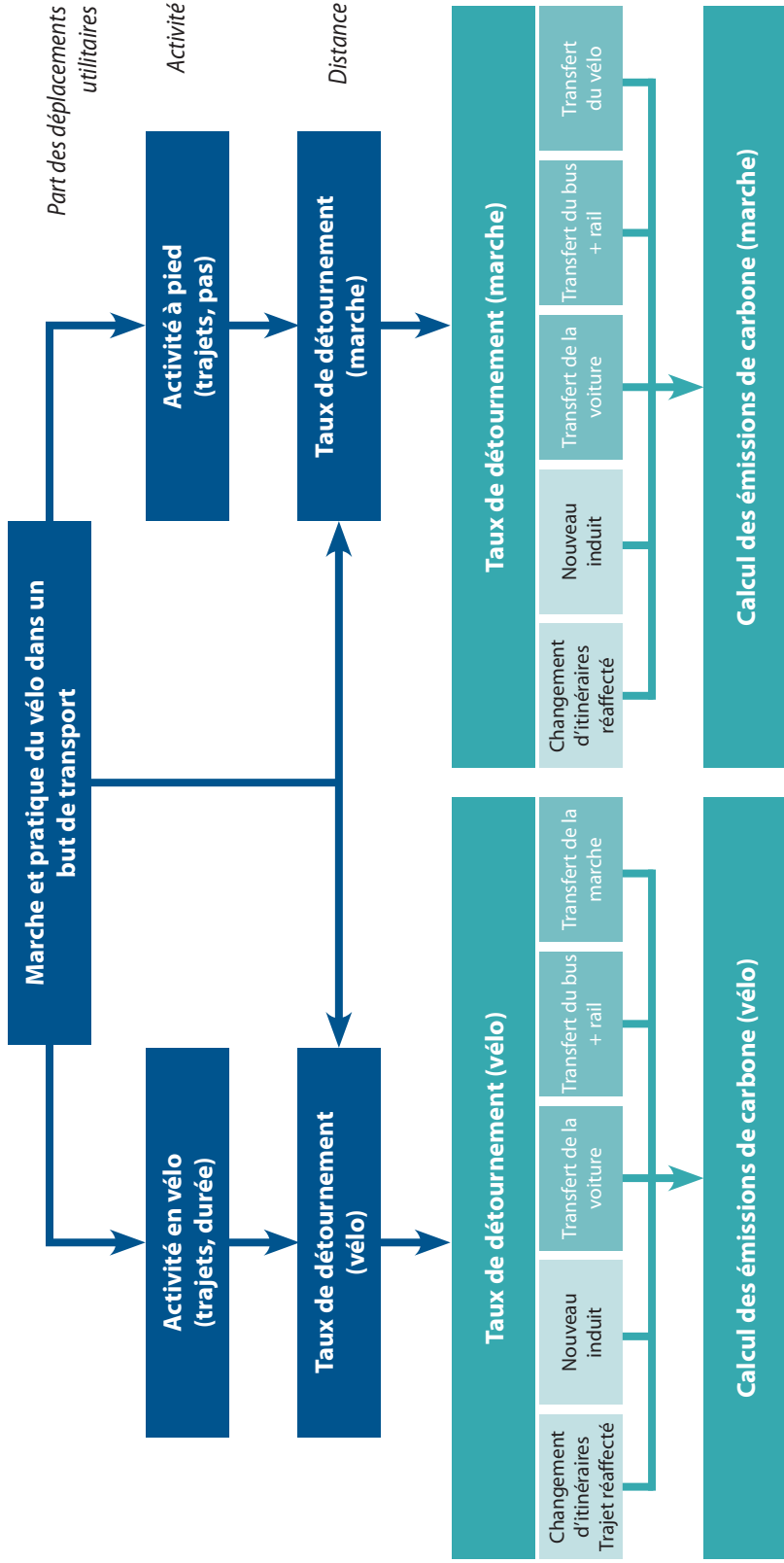
- **les émissions dues à l'approvisionnement en énergie** (cf. paragraphe 3.12.4), qui comprennent les valeurs de fond par pays et par année des émissions du puits au réservoir pour divers carburants utilisés pour les transports, tels que l'essence, le diesel et l'électricité ; et
- **les émissions tout au long du cycle de vie des véhicules** (cf. paragraphe 3.12.5), à l'aide d'une approche descriptive normalisée du cycle de vie appliquant des facteurs d'émissions de carbone intégrées pour les matériaux et l'énergie utilisés lors de la fabrication des véhicules.

Au cours de la troisième étape, les émissions résultantes de carbone économisées sont monétisées en utilisant la méthode du coût social du carbone (cf. paragraphe 3.15.2). Les valeurs par défaut modifiables qui sont fournies sont ventilées par pays et par année de début de l'évaluation économique.

### 3.12.2 Transfert modal et taux de détournement (étape 1)

L'outil sur les émissions de carbone exclut les nouveaux déplacements qui ne remplacent pas des trajets effectués précédemment en transport motorisé, et ne les prend donc pas en compte pour l'évaluation des émissions de carbone dues aux trajets motorisés. Cela a en effet été mis en œuvre en paramétrant des taux de détournement (38) pour la marche et la pratique du vélo, comprenant des valeurs allant de 0 % à 100 % des nouvelles durées de marche ou de pratique du vélo, qu'on estime avoir été transférées des déplacements motorisés et de la marche (ou du vélo). Les moyens de transports motorisés pris en compte comprennent les voitures (comme conducteur ou comme passager), les bus locaux, les transports ferroviaires en milieu urbain (notamment le tram et le métro) et les motocycles (non présentés séparément dans la figure 7 pour des

Figure 7. Évaluation des émissions de carbone par l'outil HEAT : transfert modal utilisant l'activité de déplacement et le taux de détournement



raisons d'espace). Dans les évaluations à deux cas, il est demandé à l'utilisateur d'envisager d'exclure toute activité de déplacement induit (trajets entièrement nouveaux ne remplaçant pas les trajets motorisés) ou réaffecté (changement d'itinéraire). Les taux de détournement sont appliqués à la « quantité » de marche et/ou de vélo saisie par l'utilisateur.

Les cases en pointillés ne concernent que les évaluations impliquant une comparaison entre une situation antérieure et une situation postérieure.

Supposons qu'une intervention en matière d'infrastructures ait amélioré la connectivité, rendant le nouvel itinéraire plus simple et plus sûr. De nouveaux déplacements en vélo sont enregistrés le long de cet itinéraire (à l'aide par exemple, d'un compteur de trajets ou d'interrogations au passage d'utilisateurs). Certains d'entre eux étaient effectués précédemment par d'autres moyens de transport (transfert modal), tandis que d'autres empruntaient un itinéraire parallèle qui n'était peut-être pas aussi pratique ou sûr (changement d'itinéraire ou réaffectation d'itinéraire). Certains n'existaient d'ailleurs pas du tout avant l'intervention (demande nouvellement générée ou induite, qui était tue auparavant). Le module sur les émissions de carbone est axé sur le premier type de nouveaux déplacements (par transfert modal), mais ne tient pas compte du deuxième

ni du troisième (changement d'itinéraires et trajets nouvellement induits).

Pour ce qui concerne le taux de détournement du volume restant de marche ou de vélo, l'outil HEAT fournit des valeurs recommandées, fondées sur une évaluation prudente des informations trouvées dans l'outil d'orientation (38), et dans la littérature sur l'évaluation de projets (87–91) et le scénario d'impact (91–93). Par exemple, l'outil d'orientation du Royaume-Uni sur l'évaluation des transports (WebTAG) (38) et Mulley et al. (94) rapportent des taux de remplacement de la voiture compris entre 25 % et 30 %. La Fédération européenne des cyclistes (95) suggère d'utiliser un taux de remplacement de 32 % pour la voiture, de 42 % pour le bus et de 26 % pour la marche, d'après les taux de remplacement modaux observés pour les trajets en vélo par des dispositifs de partage.

Le tableau 2 présente les valeurs par défaut recommandées par l'outil HEAT pour les taux de détournement d'autres moyens de transport vers le vélo ou la marche.

### 3.12.3 Émissions fonctionnelles (étape 2)

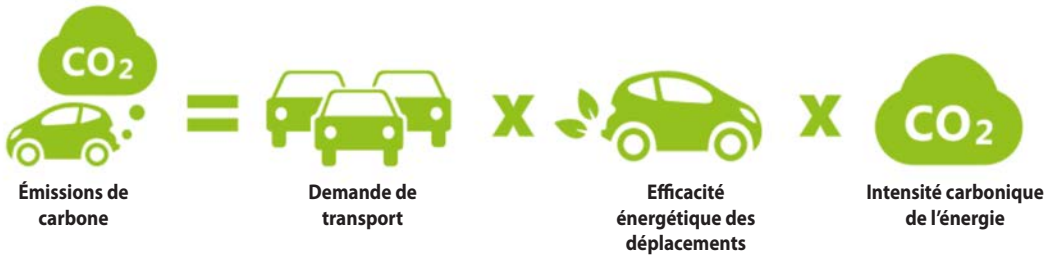
Les émissions de carbone fonctionnelles sont obtenues en décomposant les émissions de carbone en changements de la demande de déplacements

**Tableau 2. Valeurs par défaut (modifiables) pour le transfert modal et les taux de détournement**

De	Vers le vélo	Vers la marche
Voiture ou camion (conducteur ou passager)	30 %	20 %
Bus local	40 %	50 %
Rail urbain (métro léger, tram, métro, le cas échéant)	10 %	10 %
Marche	20 %	Sans objet
Vélo	Sans objet	20 %



**Figure 8. Composition des émissions de carbone fonctionnelles**



$$E_t = \sum_{mode} ef_{hot,t}(mode, speed, fuel, size) * pkm_t(mode) + E_{cold}(temp, trip length, trips)$$

Où :  $E_t$  = émissions de polluants (tels que  $CO_2e$ ) ;  $t$  = scénario (par exemple, avec et sans intervention) ;  $ef_{hot,t}(mode)$  = facteur d'émissions chaudes pour le moyen de transport du scénario  $t$  ;  $pkm_t(mode)$  = passager-km pour le moyen de transport du scénario  $t$  ;  $E_{cold}$  = émissions excessives dues au démarrage à froid ;  $temp$  = température ambiante ;  $trip length$  = longueur moyenne du trajet

(passager-km, par moyen de transport – cf. étape 1, paragraphe 3.12), en différences d'efficacité énergétique (mégajoules par passager-km, par type de moyen de transport et par type de carburant) et en différences d'intensité des émissions de carbone ( $CO_2e/MJ$ , par type de moyen de transport et par type de carburant) ; cette méthode constitue une approche habituelle de décomposition (cf. Figure 8).

L'outil HEAT tient compte des effets de trois facteurs contextuels sur les émissions de carbone :

- la distance et la longueur moyenne des trajets ;
- la vitesse moyenne, qui représente diverses conditions de circulation dans la zone d'étude ; et
- les caractéristiques du moyen de transport, telles que le type de véhicule et de carburant.

Pour les voitures, l'outil HEAT intègre la vitesse moyenne de la circulation, la composition de la flotte de véhicules et l'effet des conditions de conduite sur route, en ajoutant 21,6 % aux émissions de carbone extraites des données des tests officiels en laboratoire ; cette valeur est fondée sur les facteurs de conversion utilisés au Royaume-Uni (96) dans la zone d'étude, pour calculer

les émissions « chaudes » de  $CO_2e$  émis par kilomètre, d'après les relations (publiées) entre la consommation de carburant, la vitesse moyenne et la conversion en émissions de carbone, à l'aide d'une méthode normalisée de bilan carbone. Pour les motos, le bus et les transports ferroviaires, seule la distribution des types de carburant est prise en compte, et les facteurs moyens d'émission sont fondés sur les facteurs de conversion utilisés au Royaume-Uni (96). Les bus fonctionnent majoritairement avec un moteur diesel ; 100 % des motos utilisent de l'essence ; et le rail urbain est supposé être entièrement électrique. Dans le cas de voitures, on ajoute également les émissions excessives dues au démarrage à froid (pendant la conduite suivant le démarrage à froid, qui représente d'ordinaire les 3,4 premiers kilomètres). L'équation est la suivante.

Le premier terme inclut la dépendance des facteurs d'émission par rapport à la vitesse, qui se calcule ainsi, d'après le modèle COPERT de l'Agence européenne pour l'environnement (37) :

$$ef_{hot} = \frac{a + c * V + e * V^2}{1 + b * V + d * V^2}$$

Où :  $V$  = vitesse moyenne ; et les coefficients  $a$  à  $e$  sont obtenus de manière empirique pour chaque carburant et incorporés au programme du module de l'outil HEAT.

Les émissions chaudes dominent les émissions totales, mais celles qui sont dues au démarrage à froid ne doivent pas être négligées, car elles représentent une part importante des émissions totales (en général, de 15 % à 20 %) engendrées par les courts trajets.  $E_{cold}$  est habituellement calculée pour chaque technologie de véhicule  $k$ , de la façon suivante :

$$E_{cold,k} = \beta_k * pkm_k * ef_{hot,k} * \left( \frac{ef_{cold,k}}{ef_{hot,k}} - 1 \right)$$

$$\frac{ef_{cold,k}}{ef_{hot,k}} = l - m * temp$$

Où :  $\beta$  = partie de la distance parcourue avec un moteur froid ou catalyseur utilisé en-dessous de la température d'allumage ;  $pkm_k$  = passager-km ;  $e_{cold} / e_{hot}$  = quotient des émissions froides/chaudes pour les véhicules de la technologie  $k$  ;  $temp$  = température ambiante ;  $l = 1,47$ ,  $m = 0,009$  (essence) ;  $l = 1,34$ ,  $m = 0,008$  (diesel), d'après l'Agence européenne pour l'environnement (37).

Le paramètre  $\beta$  dépend de la température ambiante et de la longueur moyenne du trajet (37). Dans l'outil HEAT,  $\beta$  a été obtenu en divisant la longueur moyenne du trajet auparavant effectué en voiture par une distance moyenne parcourue à froid de 3,4 km, avec  $\beta \leq 1$ .

La proportion des types de carburant et le taux moyen d'occupation s'appuient sur des bases de données internationales, notamment sur les projections du modèle GAINS (modèle d'interactions et de synergies entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique), de l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (*International Institute for Applied Systems Analysis*), d'après le scénario WPE\_2014\_CLE du Groupe de travail du Conseil sur l'environnement, fondé sur la législation actuelle, pour les années qui viennent et jusqu'à 2050 (97–101). Les projections sur les facteurs d'émission de carbone sont donc fondées sur les données des scénarios disponibles, et non sur des prévisions ; toute projection au-delà de 10 ans doit donc être traitée avec précaution.

En ce qui concerne les voitures, l'utilisateur peut choisir entre cinq conditions génériques de

circulation, sur la base des vitesses ordinaires sur route observées dans les pays européens. Ces vitesses sont les suivantes : 46 km/h à Vienne, 42 km/h à Newcastle (« quasi-conditions d'écoulement libre »), 37 km/h à Prague, 35 km/h à Barcelone, 31 km/h à Paris, 30 km/h à Édimbourg, 30 km/h à Rome (« circulation parfois chargée et encombrements aux heures de pointe »), 19 km/h à Londres et 22 km/h à Bruxelles (« importants encombrements et longues heures de pointe ») (102,103). Les cinq types de conditions de circulation sont les suivantes :

- Moyenne européenne en ville (32 km/h) – valeur par défaut modifiable ;
- Pas ou peu d'encombrements, villes (écoulement libre, 45 km/h) ;
- Quelques encombrements aux heures de pointe (déplacements domicile–lieu de travail, entrées et sorties d'écoles), villes (35 km/h) ;
- Importants encombrements presque tous les jours (matin, après-midi et entre les heures de pointe), villes (20 km/h) ; et
- Moyenne européenne en milieu rural (60 km/h).

L'outil HEAT utilise des facteurs d'émissions propres à chaque pays et à chaque année. Le tableau 3 montre l'exemple du Royaume-Uni en 2015.

### 3.12.4 Émissions de carbone dues à l'approvisionnement en énergie

Les émissions de carbone dues à l'approvisionnement en énergie comprennent les émissions en amont, résultant de l'extraction, de la production et de la distribution d'énergie. La méthode adoptée utilise les facteurs d'émissions du puits au réservoir dues à divers canaux d'approvisionnement énergétique en carburants utilisés dans les transports (essence, diesel, électricité, etc.) (107) ; ces facteurs sont extraits de sources publiées et respectées, telles que la *JEC Well-to-Wheels study* (108), qui est utilisée pour calculer

**Tableau 3. Facteurs moyens d'émissions froides et chaudes (échappement, du réservoir à la roue), calculés pour le Royaume-Uni en 2015**

Exemple : Royaume-Uni, 2015		Conditions de circulation moyennes			
Facteurs moyens d'émissions chaudes (en grammes de CO <sub>2</sub> e par passager-km)	Moyenne européenne en ville	Peu ou pas d'encombrements (écoulement libre)	Quelques encombrements aux heures de pointe	Encombrements importants et quasi quotidiens	Moyenne européenne en milieu rural
Voiture (conducteur ou passager) <sup>a,b</sup>	129,1	112,3	124,0	161,5	104,8
Bus local <sup>a,b</sup>	101,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rail urbain, tram, métro (100 % électrique) <sup>b</sup>	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Moto <sup>a,b</sup>	79,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Vélo (y compris électrique)	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Émissions moyennes au démarrage à froid, par déplacement (en grammes de CO<sub>2</sub>e par passager-déplacement)<sup>c</sup></b>					
Voiture (conducteur ou passager) <sup>a,b</sup>	150,4	130,8	144,4	188,1	122,0

<sup>a</sup> Prend en compte la part pondérée de chaque type de moteur et de carburant pour chaque moyen de transport, par exemple la voiture, au Royaume-Uni en 2015 (56 % pour l'essence, 43 % pour le diesel, 1 % pour l'électricité), le bus (100 % pour le diesel), la moto (100 % pour l'essence). <sup>b</sup> Taux d'occupation de 1,56 (voiture, tous types de déplacements), 12,21 (bus locaux), 40 (en moyenne, rail urbain, tram et métro), et 1,05 (en moyenne, moto). <sup>c</sup> Avec un ratio émissions froides/chaudes de 1,33 et une distance parcourue à froid de 3,51 km, obtenus en supposant une température ambiante de 9,4°C et une distance moyenne de déplacement de 14 km. n.d. : non disponible.

Sources. Coefficients des facteurs d'émissions chaudes et froides : COPERT IV (37) ; EMEP/EEA (104) ; flottes de véhicules : UK Government conversion factors for company reporting, full 2016 dataset (96) ; European motor vehicle parc 2014: vehicles in use (2009–2014) (97) ; UK new car market starts 2016 on a high with best January in 11 years (105) ; Transport statistics Great Britain: 2015 edition (106).

des valeurs nationales recommandées, par exemple par le *Department for the Environment, Food and Rural Affairs* et le *Department for Energy and Climate Change* (Royaume-Uni) (96). En ce qui concerne les vélos électriques, les voitures, les bus et le rail urbain, le calcul s'appuie sur différentes valeurs fournies par la *JEC well-to-wheels study* pour l'essence (0,654 kg de CO<sub>2</sub>e

par kg de carburant), le diesel (0,688 kg de CO<sub>2</sub>e par kg de carburant) et l'électricité livrée<sup>4</sup> (la valeur s'élevait par exemple à 0,517 kg de CO<sub>2</sub>e pour le Royaume-Uni en 2015). Comme dans le cas des émissions fonctionnelles, 21,6 % ont été ajoutés pour tenir compte des conditions de conduite sur route. Les facteurs relatifs

<sup>4</sup> Les émissions prises en compte proviennent de la production d'électricité, de son transport et de sa distribution, notamment les étapes du puits au réservoir.

**Tableau 4. Facteurs d'émissions dues à l'approvisionnement en énergie (du puits au réservoir), par passager-km, au Royaume-Uni en 2015**

Exemple : Royaume-Uni, 2015		Conditions de circulation moyennes			
Facteurs moyens d'émissions dues à l'approvisionnement en énergie (en grammes de CO <sub>2</sub> e par passager-km)	Moyenne européenne en ville	Peu ou pas d'encombrements (écoulement libre)	Quelques encombrements aux heures de pointe	Importants encombrements quasi-quotidiens	Moyenne européenne en milieu rural
Voiture (conducteur ou passager) <sup>a,b</sup>	28,4	24,7	27,3	35,5	23,0
Bus local <sup>a,b</sup>	22,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rail urbain, tram, métro (100 % électriques) <sup>b</sup>	67,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Moto <sup>a,b</sup>	17,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Vélo électrique	5,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

<sup>a</sup> Pondérés d'après la part représentée par chaque type de carburant et de moteur pour chaque mode, par exemple la voiture au Royaume-Uni en 2015 (56 % pour l'essence, 43 % pour le diesel, 1 % pour l'électricité), le bus (100 % pour le diesel), la moto (100 % pour l'essence). <sup>b</sup> Taux d'occupation : 1,56 pour la voiture (tous déplacements confondus), 12,21 pour les bus locaux, 40 en moyenne pour le rail urbain, le tram et le métro et 1,05 en moyenne pour la moto. n. d. : non disponible

Principales sources. Facteurs d'émission du puits au réservoir : *UK Government conversion factors for company reporting, full 2016 dataset (96)* ; *JEC well-to-wheels analysis (108)* ; facteurs d'émission liés à l'électricité : *Electricity-specific emission factors for grid electricity (109)* ; part de chaque type de carburant pour les véhicules : *IIASA, IIASA GAINS model, scenario WPE\_2014\_CLE: the updated «current legislation» (after the bilateral consultations in 2014) of the PRIMES 2013 REFERENCE activity projection (101)*.

à l'électricité variant de façon substantielle d'un pays à l'autre (jusqu'à un rapport de un à trois, en fonction de la part des sources d'énergie renouvelable et de celle des énergies fossiles), l'outil HEAT utilise des facteurs spécifiques à chaque pays, en s'appuyant sur la plus large comparaison de pays possible effectuée par une source faisant autorité (109).

Le tableau 4 offre un exemple de ces émissions au Royaume-Uni en 2015.

### 3.12.5 Émissions de carbone tout au long du cycle de vie

L'outil HEAT ne tient compte que des émissions de carbone provenant de la fabrication des véhicules (qui représentent l'évidente majorité des émissions de

carbone tout au long du cycle de vie d'un véhicule, en dehors des émissions dues à son fonctionnement) ; les valeurs totales du carbone par type de véhicule (voitures, motos, vélos et véhicules de transport public) sont obtenues en supposant que les kilométrages au long du cycle de vie, les masses corporelles (poids), les émissions dues à la décomposition des matériaux et pour chaque matériau et les facteurs d'utilisation de l'énergie sont ordinaires.

Le Tableau 5 contient les principales données d'entrée, hypothèses et facteurs d'émissions de carbone obtenus par passager-km au Royaume-Uni. L'outil HEAT utilise des facteurs propres à chaque pays, pour traduire les différents taux d'occupation locaux des divers moyens de transport motorisés (110).

**Tableau 5. Hypothèses et émissions moyennes de CO<sub>2</sub>e dues à la fabrication des véhicules**

Moyen de transport	Poids total du véhicule (en tonne)	Tonnes de CO <sub>2</sub> e par véhicule	Kilométrage au long du cycle de vie (en km)	Grammes de CO <sub>2</sub> e par passager-kilomètre
Vélo	0,017	0,10	20 000	4,9
Vélo électrique/pédelec <sup>a</sup>	0,024	0,19	20 000	9,3
Moto	0,15	0,54	50 000	10,3
Voiture moyenne (véhicules électriques ~1 %)	1,295	4,7	150 000	19,9
Bus moyen	11	39,5	1 000 000	4,0
Rail urbain	66	237,1	1 500 000	3,2

<sup>a</sup> La batterie et le moteur pèsent 7 kg de plus ; hypothèse : 2,5 grammes de CO<sub>2</sub>e par km pour la batterie, d'après Odeh et al. (107).

### 3.13 Valeurs par défaut et valeurs de fond utilisées pour les calculs de l'outil HEAT

L'outil HEAT fournit à chaque fois que possible des données génériques fondées sur les meilleures connaissances scientifiques ou les meilleurs avis d'experts. Il offre deux types de valeurs génériques :

- des valeurs par défaut fournies à des fins d'évaluation par l'outil HEAT, que l'utilisateur peut écraser s'il préfère utiliser d'autres valeurs, telles que celles correspondant à son contexte local ; et
- des valeurs de fond, qui sont considérées comme représentant le meilleur consensus scientifique possible (par exemple, les estimations fondées sur de nombreuses études épidémiologiques), que l'utilisateur ne peut pas changer.

Ce paragraphe présente un panorama des principales valeurs par défaut (tableaux 6 à 8) et des valeurs de fond (tableaux 9 à 12), avec leurs sources ; ces valeurs sont utilisées pour des calculs généraux (par exemple,

pour obtenir les données de volume nécessaires aux calculs) ou dans les modules de l'outil HEAT.

#### 3.13.1 Valeurs par défaut

Des valeurs par défaut sont également fournies pour le taux de mortalité dans chaque pays (113), la valeur d'une vie statistique (18) (cf. paragraphe 3.14) et le coût social du carbone (114,115) (cf. paragraphe 3.14).

Le module de l'outil HEAT sur **l'activité physique** utilise des valeurs de fond non modifiables (cf. paragraphe 3.14).

Quant au module sur la pollution atmosphérique, il propose les valeurs par défaut de la concentration en PM<sub>2,5</sub> par pays et par ville, telles qu'on peut les trouver dans la base de données de l'Observatoire mondial de la santé de l'OMS (83).

Enfin, l'outil HEAT fournit des taux d'accidents mortels par défaut pour chaque pays (et dans les futures versions, par ville) et pour chaque moyen de transport, à

**Tableau 6. Valeurs générales par défaut utilisées par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Nombre moyen de déplacements par jour par tous les moyens de transport possibles	3	Déplacements (tous moyens) par personne et par jour	(85,86)
Vitesse moyenne de marche	5,3	km/h	(10)
Vitesse moyenne à vélo	14,0	km/h	(10)
Distance moyenne par déplacement à pied	1,3	km/déplacement	(111,112)
Distance moyenne par déplacement à vélo	4,1	km/déplacement	(111,112)
Intervalle de calcul du bénéfice annuel moyen	10	année	Décision du groupe consultatif de HEAT
Longueur moyenne des pas	72	cm	(5)
Taux d'actualisation	5	%	Décision du groupe consultatif de HEAT

**Tableau 7. Valeurs par défaut pour l'évaluation des accidents de la circulation par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Nombre moyen de déplacements par jour par tous les moyens de transport possibles	3	Déplacements (tous moyens) par personne et par jour	(85,86)
Baisse du taux d'accidents de la route dans le temps (correction non linéaire)	0	%	Décision du groupe consultatif de HEAT



**Tableau 8. Valeurs par défaut pour l'évaluation des émissions de carbone dans l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Distance moyenne par déplacement à pied	1,3	km/déplacement	(111,112)
Distance moyenne parcourue à vélo	4,1	km/déplacement	(111,112)
Distance moyenne par déplacement en voiture	15,6	km/déplacement	(111,112)
Vitesse moyenne des transports publics	22,7	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne en voiture	42,0	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne à moto	29,8	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne en bus	15,4	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne du rail léger	16,1	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne en train	37,4	km/h	(111,112)
Vitesse moyenne du trafic routier selon les normes européennes en zone urbaine	32	km/h	(116–118)
Vitesse moyenne du trafic routier en quasi-écoulement libre à toute heure en zone urbaine	45	km/h	(116–118)
Vitesse moyenne du trafic routier lors d'encombrements mineurs aux heures de pointe en zone urbaine	35	km/h	(116–118)
Vitesse moyenne du trafic routier lors d'encombrements importants dans la journée en zone urbaine	20	km/h	(116–118)
Vitesse moyenne du trafic routier selon les normes européennes moyennes en zone rurale	60	km/h	(116–118)
Part des déplacements en vélo remplacés par de la marche	20	%	(38,90,95)
Part des déplacements en voiture remplacés par de la marche	20	%	(38,90,95)
Part des déplacements en transports publics remplacés par de la marche (50 % pour le bus + 10 % pour le rail)	60	%	(38,90,95)
Part des déplacements à pied remplacés par du vélo	20	%	(38,90,95)
Part des déplacements en voiture remplacés par du vélo	30	%	(38,90,95)
Part des déplacements en transports publics remplacés par du vélo (40 % en bus + 10 % par le rail)	50	%	(38,90,95)

**Tableau 9. Valeurs générales de fond utilisées pour les évaluations par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Temps nécessaire pour atteindre les pleins effets sanitaires dans l'évaluation simple (un cas unique)	0	Année	Décision du groupe consultatif de HEAT
Temps nécessaire pour atteindre les pleins effets sanitaires dans l'évaluation à deux cas	5	Année	Décision du groupe consultatif de HEAT

**Tableau 10. Valeurs de fond utilisées pour l'évaluation de l'activité physique par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Réduction plafonnée du risque grâce à la marche	30	%	(13)
Réduction plafonnée du risque grâce à la pratique du vélo	45	%	(13)
Risque relatif – pratique du vélo	0,903	Ratio	(10)
Risque relatif – marche	0,886	Ratio	(10)
Durée de référence de pratique du vélo	100	Minute par personne et par semaine	(10)
Durée de référence de la marche	168	Minute par personne et par semaine	(10)
Risque relatif – pratique du vélo sans effet de pollution atmosphérique	0,899	Ratio	(7)
Risque relatif – pratique de la marche sans effet de pollution atmosphérique	0,883	Ratio	(7)

**Tableau 11. Valeurs de fond utilisées pour l'évaluation de la pollution atmosphérique par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Risque relatif pour les PM <sub>2,5</sub>	1,07	Rapport	(51)
Concentration de référence pour les PM <sub>2,5</sub>	10	µm/m <sup>3</sup>	(51)
Taux de conversion pour l'exposition aux matières particulaires : marche	1,6	Rapport	(11)
Taux de conversion pour l'exposition aux matières particulaires : vélo	2	Rapport	(11)





**Tableau 11. (suite)**

Description	Valeur	Unité	Sources
Taux de conversion pour l'exposition aux matières particulaires : voiture	2,5	Rapport	(11)
Taux de conversion pour l'exposition aux matières particulaires : transports publics	1,9	Rapport	(11)
Ventilation pour la marche	1,37	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Ventilation pour le vélo	2,55	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Ventilation pour la voiture	0,61	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Ventilation pour les transports publics	0,61	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Ventilation pour le sommeil	0,27	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Ventilation au repos	0,61	m <sup>3</sup> /heure	(119,120)
Durée de l'activité pour le sommeil	480	Minutes par personne et par jour	(119,120)

des fins d'évaluation des accidents de la circulation (cf. paragraphe 3.1.11).

### 3.13.2 Valeurs de fond

Les tableaux 9 à 12 présentent les valeurs générales de fond utilisées pour l'évaluation par l'outil HEAT de l'activité physique, de la pollution atmosphérique et des émissions de carbone. Ce paragraphe évoque également les valeurs utilisées pour le taux de base des accidents de la circulation.

Pour le calcul des taux de base des accidents de la circulation, le module de l'outil HEAT sur ces accidents utilise des informations démographiques (par pays et dans les futures versions, par ville) extraites de l'Observatoire mondial de la santé de l'OMS (83). Pour de plus amples informations, veuillez vous reporter au paragraphe 3.1.11 et au site Web de l'outil HEAT (8).

### 3.14 Correction des données dans l'outil HEAT

Les données d'entrée sur les moyens de transport actif que fournit l'utilisateur peuvent être inappropriées ou

insuffisantes pour l'ensemble des calculs d'impact. L'outil HEAT offre donc plusieurs options permettant de les corriger ou de saisir des informations supplémentaires en vue du calcul, selon les caractéristiques de l'évaluation. Si l'utilisateur ne fournit pas ces informations, les paramètres par défaut seront appliqués.

Les options de correction des données offertes par l'outil HEAT sont les suivantes (selon le type d'évaluation choisi) :

- Part exclue
- Correction temporelle et spatiale
- Délai requis pour qu'il y ait une demande de transport actif
- Part des nouveaux trajets
- Part des trajets réaffectés

**Tableau 12. Valeurs de fond utilisées pour l'évaluation des émissions de carbone par l'outil HEAT**

Description	Valeur	Unité	Sources
Part des trajets en bus par rapport aux trajets par le rail	50	%	(121)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour le vélo	4,93	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(122,123)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour le vélo électrique	9,31	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(122,123)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour la voiture par pays	31,01	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(95,124)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour le bus par pays	39,51	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(95)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour le rail	158,03	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(95)
Émissions moyennes de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km pour la moto	10,78	g de CO <sub>2</sub> e par véhicule-km	(124)
Nombre de trajets à pied par an	372	Trajets par an	(125)
Nombre de trajets en vélo par an	248	Trajets par an	(125)

- Part de trajets transférés à un autre moyen de transport
- Proportion dans la circulation
- Proportion pour les transports
- Conditions de circulation
- Changement du risque d'accidents
- Remplacement d'activité physique

### **3.14.1 Corrections générales de données sur les transports actifs**

#### **3.14.1.1 Part exclue en raison de facteurs sans rapport (évaluation à deux cas uniquement)**

Lors de l'évaluation de l'impact d'une intervention, toute pratique de la marche ou du vélo n'est pas nécessairement attribuable à l'intervention. La pratique du vélo, par exemple, peut être devenue à la mode ; le prix du gazole ou des transports publics peut avoir changé et influencer sur les comportements en matière de transport actif. La pratique de la marche ou du vélo résultant de ces effets externes ne doit pas être incluse dans l'évaluation de l'infrastructure ou du projet.



Cependant, il est rare de pouvoir distinguer précisément entre les effets d'une intervention et les facteurs sans rapport avec elle. Il vous revient donc d'estimer d'après votre connaissance, la part qu'il convient d'exclure de l'évaluation (par exemple, -30 %). Le site Web de l'outil HEAT contient d'autres conseils à ce sujet (8).

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

#### **3.14.1.2 Correction temporelle et spatiale**

L'utilisation de l'outil HEAT nécessite la saisie de moyennes à long terme sur le transport actif (par exemple, des moyennes annuelles). Or, le transport actif est très influencé par des facteurs tels que la saison, la météorologie et le moment de la journée. Les dénombrements à court terme sont d'ordinaire effectués en été, en automne et pendant les heures de pointe. Si les données sur le transport actif proviennent d'une étude ou d'un dénombrement à court terme, il est probable que la moyenne à long terme soit sous- ou surestimée. Il est possible de la corriger (en ajoutant par exemple 20 %, ou en retranchant 30 %). Les données issues de dénombrements continus peuvent aider à évaluer le besoin potentiel de correction des variations temporelles.

De même, l'endroit où les données de dénombrement sont collectées, et où les interrogations au passage des utilisateurs sont effectuées, peuvent ne pas représenter la moyenne de l'ensemble de l'infrastructure concernée (telle qu'une piste cyclable, un chemin ou un réseau cyclable). Le curseur peut être utilisé pour appliquer une correction spatiale (par exemple, + 20 %, ou - 30 %). La correction spatiale nécessite en général des données sur de multiples emplacements, mais des suppositions sommaires peuvent dans certains cas être suffisantes. Pour effectuer une correction spatiale précise, une méthode de modélisation serait requise.

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

#### **3.14.1.3 Délai requis pour qu'il y ait demande de transport actif (évaluations à deux cas uniquement)**

Les utilisateurs peuvent préciser un délai (en années) requis avant d'obtenir la « quantité » maximale de transport actif. Il est ainsi possible de corriger en fonction du délai nécessaire, après une intervention par exemple, pour atteindre le plein niveau de marche ou de pratique du vélo. Si une nouvelle voie piétonne est ouverte, par exemple, et que le délai nécessaire à la réalisation de l'état stationnaire est estimé à 5 ans, le chiffre du paramètre peut être fixé à 5. En ce qui concerne les états stationnaires, lorsqu'aucune période d'accroissement n'est envisagée, le chiffre doit être maintenu à 0.

Le paramètre par défaut est fixé à 1 an.

#### **3.14.1.4 Coût de l'investissement (évaluations à deux cas uniquement)**

Ce champ permet à l'utilisateur de fournir un coût estimé de l'investissement ayant mené au transport actif évalué. L'outil HEAT le comparera à la valeur monétaire des effets obtenus et calculera le rapport coût-avantages.

#### **3.14.2 Informations sur la différence entre le cas de référence et le cas de comparaison**

L'évaluation par l'outil HEAT est fondée sur la comparaison entre le cas de référence et le cas de comparaison (cf. paragraphe 3.6). Dans le cas d'une comparaison à deux cas, l'utilisateur doit fournir des données sur les déplacements pour les deux cas. Tandis que dans une évaluation simple (un cas unique), il ne saisit pas de données pour le cas de comparaison, ce qui augmente le déficit d'informations. Pour améliorer les calculs dans certains types d'évaluations (cas d'usage), l'outil HEAT propose des questions supplémentaires qui renforcent la comparaison. Il présente automatiquement les seules questions nécessaires à l'évaluation.

Un premier ensemble de questions demandent par exemple « si, où et comment les déplacements du cas de référence se produisent dans le cas de

comparaison ». Ces trois questions nécessitent de saisir la proportion de nouveaux déplacements, de déplacements réaffectés et de déplacements remplacés.

#### **3.14.2.1 Proportion de nouveaux déplacements (évaluations à deux cas, émissions de carbone uniquement)**

Les nouveaux déplacements sont des déplacements qui n'ont pas été effectués dans le cas de comparaison : ils ne remplacent pas un autre moyen de transport, et ne sont pas réaffectés à partir d'un autre itinéraire. Ces informations sont pourvues grâce à d'autres options de saisie, pour l'évaluation de l'activité physique, de la pollution atmosphérique et des accidents de la circulation. En ce qui concerne l'évaluation des émissions de carbone pour laquelle aucune donnée sur les transports motorisés n'existe, ces informations supplémentaires sont nécessaires pour corriger les émissions au démarrage à froid, qui sont calculées à partir du nombre de déplacements par un moyen de transport actif par an (cf. paragraphe 3.12.3).

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

#### **3.14.2.2 Proportion de déplacements réaffectés (évaluations à deux cas au niveau infra-urbain uniquement)**

Les déplacements réaffectés sont des déplacements qui empruntent seulement un itinéraire différent, mettant à profit une nouvelle infrastructure, telle qu'une nouvelle piste ou un nouveau réseau destiné aux vélos. Ces déplacements réaffectés ne seront pas pris en compte dans l'évaluation, car ils ne traduisent pas une augmentation nette du transport actif.

La correction ne sera appliquée qu'aux évaluations au niveau infra-urbain, car les déplacements ne peuvent être réaffectés pour des évaluations au niveau d'un pays ou d'une ville.

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

#### **3.14.2.3 Proportion de déplacements transférés d'un autre moyen de transport (évaluations simplées à un cas, émissions de carbone uniquement)**

Les déplacements transférés sont des déplacements effectués en transport actif, qui remplacent un trajet effectué par un autre moyen dans le cas de comparaison. Les utilisateurs doivent d'abord fournir la proportion totale ayant fait l'objet du transfert (par exemple, 80 %).

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

Puis, les utilisateurs peuvent préciser à partir de quel autre moyen de transport actif le transfert a été effectué. La somme des pourcentages du transfert modal ne peut être supérieure à 100 % (voir les informations supplémentaires sur l'évaluation des **émissions de carbone** dans le paragraphe 3.12).

*Les curseurs sont réglés sur les valeurs par défaut (cf. paragraphe 3.13), qui s'appliqueront si aucune correction n'est effectuée.*

#### **3.14.3 Autres corrections**

Les transports motorisés influent sur les émissions de carbone comme sur l'exposition à la pollution atmosphérique. Trois questions permettent de cerner les informations pertinentes.

##### **3.14.3.1 Proportion des déplacements en transport actif effectués dans la circulation (évaluation de la pollution atmosphérique uniquement)**

Cette question porte sur la proportion des déplacements en transport actif (dans le cas de référence) qui est effectuée dans la circulation (par opposition à celle qui est effectuée loin des axes majeurs, dans des parcs, etc.) ; en conséquence, une correction est réalisée sur les niveaux de pollution atmosphérique auxquels les cyclistes ou les piétons évalués sont exposés (cf. paragraphe 3.10).

Le paramètre par défaut est fixé à 50 %.



### **3.14.3.2 Proportion des déplacements effectués dans un but de transport (évaluations de la pollution atmosphérique et des émissions de carbone uniquement)**

Ces informations sont utilisées pour affecter correctement les niveaux de concentration de la pollution atmosphérique dans le cas de comparaison. Les trajets effectués dans un but de transport sont supposés remplacer du temps passé dans des moyens de transport (environnement de circulation avec des concentrations plus élevées de pollution atmosphérique), tandis que les trajets effectués dans un but de loisir remplacent du temps passé à domicile (environnement de concentrations de fond de la pollution atmosphérique). L'expression « dans un but de transport » signifie qu'il s'agit d'aller et de revenir d'endroits dans un but précis (tel que le travail, les courses, les visites à des amis ou un match de tennis). L'expression « dans un but de loisir » signifie que le principal objectif du trajet est de faire de l'exercice ou de se divertir. Veuillez indiquer la proportion du trajet effectué dans un but de transport (par opposition au loisir). Le paragraphe 3.10 fournit des informations complémentaires sur l'évaluation de la pollution atmosphérique.

En ce qui concerne l'évaluation des émissions de carbone, seuls les déplacements en transport actif, effectués dans un but de transport, sont pris en compte, car on suppose qu'ils remplacent d'autres moyens de transport. Au contraire, les déplacements effectués dans un but de loisir sont supposés ne pas remplacer d'autres moyens de transport.

Le paragraphe 3.12 fournit des informations complémentaires sur l'évaluation des émissions de carbone.

Le paramètre par défaut est fixé à 50 %.

### **3.14.3.3 Conditions de circulation (évaluations des émissions de carbone uniquement)**

Pour réaliser l'évaluation des émissions de carbone, les utilisateurs doivent préciser les conditions de circulation

locales au moment où les personnes marchent ou pratiquent le vélo. Ces conditions influent en effet sur le taux d'émissions de carbone. Les utilisateurs ont le choix entre la moyenne européenne (urbaine et rurale), l'écoulement libre (pas ou peu d'encombrements, vitesse moyenne de circulation de 45 km/h), quelques encombrements aux heures de pointe (trajets domicile-lieu de travail le matin et le soir, entrées et sorties d'école, vitesse moyenne de circulation de 35 km/h) ou de forts encombrements quasi-quotidiens (vitesse moyenne de circulation de 20 km/h).

Le paramètre par défaut est fixé sur la moyenne européenne en ville.

### **3.14.3.4 Modifications du risque d'accidents de la circulation (évaluations à deux cas, accidents de la circulation uniquement)**

Le risque d'accidents de la circulation dans le cas des moyens de transport actif dépend entre autres facteurs de la « quantité » de marche ou de vélo pratiquée (ce qui est également appelé « sécurité par le nombre »). Pour étudier une modification du risque d'accidents entre deux cas de comparaison, il est nécessaire d'indiquer un pourcentage de changement par rapport au cas de référence. Si aucun chiffre n'est entré, le même risque d'accidents sera appliqué aux deux cas. La modification de ce risque peut résulter d'une hausse des moyens de transport actif, d'une amélioration de l'infrastructure ou de toute autre raison.

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

### **3.14.3.5 Effet de remplacement (évaluation à deux cas, activité physique uniquement)**

Dans certains cas, une partie des déplacements observés à pied ou en vélo peut remplacer une autre activité physique, telle que du sport pratiqué auparavant pendant les loisirs. Cette part ne contribue pas à un gain net d'activité physique et doit donc être exclue de l'évaluation.

Le paramètre par défaut est fixé à 0 %.



## 3.15 Évaluation économique des résultats

### 3.15.1 Valeur d'une vie statistique

La valeur d'une vie statistique est calculée à l'aide d'une méthode appelée « consentement à payer ». Cette méthode additionne le consentement à payer des personnes afin d'obtenir une baisse marginale du risque de décès prématuré lié à l'âge qu'une personne peut supposer atteindre, d'après l'espérance de vie.

Selon la théorie économique, le consentement à payer rend compte des perceptions des risques et du coût potentiel supportés par une personne – plutôt que par la société –, notamment la consommation perdue, le coût immatériel (tel que la souffrance) et la part des frais de santé payés directement par les victimes. Il représente donc de multiples domaines, dont la consommation, l'incapacité à travailler, les frais de santé payés par les personnes (et non par les assureurs), la douleur et la souffrance. À ce titre, il évalue la valeur économique sociétale accordée à une baisse de la mortalité prématurée ; en évaluation des transports, le consentement à payer est fréquemment utilisé.

La valeur d'une vie statistique ne chiffre pas la valeur de la vie d'une personne donnée, mais additionne plutôt les valeurs individuelles accordées à de petits changements du risque de décès : par exemple, elle exprime combien un échantillon représentatif de la population serait prêt à payer (en termes monétaires) pour une politique qui réduirait le risque annuel de décès prématurés de 3 pour 10 000 à 2 pour 10 000.

Les valeurs par défaut ont été calculées à la suite d'un examen complet des études réalisées par l'OCDE sur la valeur d'une vie statistique (126). Les études n'ont été incluses dans l'examen qu'à la condition d'être fondées sur un échantillon représentatif de la population d'au moins 200 personnes, et d'apporter des informations sur l'ampleur du changement du risque en question. Au total, 261 valeurs issues de 28 études ont été choisies pour calculer la valeur statistique de base d'une vie d'adulte dans les pays de l'OCDE ; cette valeur a été fixée

à 3,0 millions de dollars des États-Unis, dans une fourchette allant de 1,5 million d'USD à 4,5 millions d'USD (en dollar US de 2005). Le groupe consultatif international a conclu que le rapport de l'OCDE contenait les meilleures informations scientifiques actuellement disponibles.

Pour obtenir les valeurs propres à chaque pays, pour l'année 2015, et en monnaie locale, la formule ci-dessous a été appliquée ; des corrections ont été apportées pour tenir compte des différences de revenu entre les pays, de l'inflation et de la hausse des revenus dans le temps, et les valeurs en dollars US ont été converties en monnaie locale à l'aide de taux de change assurant la parité des pouvoirs d'achat.

$$\begin{aligned} VSL_{\text{country, 2015 (local currency)}} &= VSL_{\text{OECD, 2005, USD}} \\ &\times (Y_{\text{country, 2005}} / Y_{\text{OECD, 2005}})^{0.8} \times PPP_{2005} \\ &\times (1 + \% \Delta P_{2005-2015}) \times (1 + \% \Delta Y_{2005-2015})^{0.8} \end{aligned}$$

$VSL_{\text{OECD, 2005, USD}}$  = valeur de base pour l'OCDE, fixée dans le rapport à 3,013 millions USD ( $\pm 50\%$ ) (126)

$Y_{\text{country, 2005}}$  = produit intérieur brut réel (PIB) par habitant du pays en question, corrigé pour assurer la parité des pouvoirs d'achat, en 2005 (127)

$Y_{\text{OECD, 2005}}$  = PIB réel moyen par habitant dans les pays de l'OCDE, corrigé pour assurer la parité des pouvoirs d'achat, en 2005 ; équivalent à 30 801 USD (en 2005) (127)

0.8 = élasticité de la valeur d'une vie statistique par rapport au revenu, d'après le rapport de l'OCDE (127)

$PPP_{2005}$  = taux de change assurant la parité des pouvoirs d'achat en 2005 (en monnaie locale par USD) (127)

$(1 + \% \Delta P_{2005-2015})$  = rajustement en fonction de l'inflation de l'indice des prix à la consommation dans le pays en question, entre 2005 et 2015

$(1 + \% \Delta Y_{2005-2015})$  = rajustement du revenu en fonction de la croissance du PIB réel par habitant dans le pays en question, entre 2005 et 2015

Les valeurs propres aux pays, exprimées dans la monnaie locale, ont été également converties en euros à l'aide de taux de change. Puis en utilisant les moyennes (pondérées en fonction de la population) des valeurs nationales d'une vie statistique, des valeurs moyennes ont été calculées pour 2015, pour les 27 pays de l'Union européenne de 2007 à 2013, les 28 pays actuels de l'Union européenne en comptant la Croatie et les 53 pays de la Région européenne de l'OMS ; pour l'Azerbaïdjan, le Bélarus et le Tadjikistan, les moyennes n'étaient fondées que sur l'année 2005 ; quant à six autres pays, leurs moyennes étaient fondées sur les valeurs d'autres pays.<sup>5</sup>

Les valeurs européennes par défaut suivantes peuvent également être utilisées (pour 2015) : 2,132 millions d'euros (Région européenne de l'OMS), 2,891 millions EUR (27 pays de l'Union européenne), ou 2,877 millions EUR (28 pays de l'Union européenne en comptant la Croatie).

### 3.15.2 Coût social du carbone

Le coût social du carbone peut être défini comme étant la valeur monétaire du préjudice subi en raison des effets progressifs d'une tonne d'équivalent CO<sub>2</sub>e émise à un moment précis.

Les valeurs calculées grâce à la méthode du coût social du carbone permettent de fixer le prix du carbone. Le coût du préjudice subi est estimé à l'aide de modèles d'évaluation intégrée tels que DICE (modèle Dynamique climat-économie intégré)

<sup>5</sup> Il n'a pas été possible de calculer les valeurs nationales d'une vie statistique par défaut de neuf pays (cf. paragraphe 3.15). Les valeurs par défaut suivantes sont utilisées : celles de l'Espagne pour Andorre, celle de la Suisse pour le Liechtenstein, celle de la France pour Monaco, et celle de l'Italie pour Saint-Marin. La valeur utilisée pour le Turkménistan est fondée sur des données de Géorgie, et celle de l'Ouzbékistan est fondée sur des données du Kirghizistan. Les valeurs calculées pour 2005 (et fondées sur des approximations en utilisant les pays proches ayant des niveaux similaires de PIB par habitant) sont adoptées en tant que valeurs par défaut pour l'Azerbaïdjan (à partir de données de Géorgie), le Bélarus (à partir de données de la Fédération de Russie) et le Tadjikistan (à partir de données du Kirghizistan).

(128,129), FUND (Cadre climatique pour l'incertitude, la négociation et la répartition) (130) et PAGE (Analyse politique de l'effet de serre) (131). Le coût social du carbone varie fortement : une méta-analyse réalisée à partir de 211 estimations extraites de 47 études (132) a montré que la répartition de ce coût était large, allant de 1 EUR à 451 EUR par tonne de CO<sub>2</sub>e. Les principales difficultés de sa mesure proviennent de l'ampleur de l'incertitude touchant les méthodes et les données, l'horizon prévisionnel, l'usage d'un taux d'actualisation, la portée géographique (mondiale ou régionale, par exemple) et la pondération de l'équité. Les valeurs du carbone utilisées pour les évaluations de politiques varient en fonction des pays et augmentent dans le temps.

Le groupe consultatif international a convenu d'utiliser des valeurs nationales du carbone s'appuyant sur la méthode du coût social du carbone dans l'outil HEAT, car ces valeurs sont employées dans les évaluations de projets indépendamment des cibles nationales d'émissions et des politiques d'atténuation (114).

L'outil propose donc des valeurs par défaut modifiables pour le coût social du carbone, par pays et par an ; ces valeurs proviennent de données scientifiques internationales, ou de moyennes régionales (114,115) ou sont propres à un pays (dans le cas où elles existent). Pour les pays ou les contextes pour lesquels il n'existe pas d'informations scientifiques, ou qui ne sont pas couverts par les outils d'orientation politique, les valeurs du coût social du carbone sont celles que recommande la Commission européenne : 44 USD en 2015, un chiffre qui augmentera pour atteindre 66 USD en 2030.

Les utilisateurs peuvent cependant les écraser et utiliser à la place leur propre valeur d'évaluation économique (cf. paragraphe 3.13).

### 3.15.3 Taux d'actualisation

Les bénéfices économiques se produisant dans le futur étant en général considérés comme étant de





valeur inférieure à celle des bénéfices se produisant dans le présent, les économistes appliquent un taux d'actualisation aux bénéfices futurs. La valeur par défaut utilisée dans l'outil HEAT est un taux de 5 % ; elle peut être modifiée par l'utilisateur si un autre taux d'actualisation est en vigueur dans le pays. Si les résultats obtenus par HEAT doivent être incorporés dans une évaluation des transports plus générale appliquant un taux d'actualisation, alors le taux dans HEAT doit être fixé à 0.

### 3.16 Hypothèses

Les connaissances sur les effets sanitaires de la marche et de la pratique du vélo évoluent constamment. Le projet HEAT est une tentative continue, appuyée sur un consensus, de transformer les résultats de recherche pertinents en méthode harmonisée. Bien que l'outil soit fondé sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles, il a été nécessaire à plusieurs reprises de demander aux groupes consultatifs (cf. **remerciements**) de prononcer des avis d'experts aux fins d'élaboration des méthodes. Les principales hypothèses sur lesquelles la méthode d'évaluation d'impact de l'outil est fondée sont décrites ci-dessous.

#### 3.16.1 Remarques générales

Les variables que l'outil HEAT utilise sont des estimations ; de ce fait, ses résultats sont fiables jusqu'à un certain degré d'erreur. HEAT applique plusieurs **valeurs par défaut** (cf. paragraphe 3.13), mais autorise ses utilisateurs à écraser ces valeurs s'ils préfèrent en employer d'autres, tirées par exemple de leur contexte local. Les valeurs qui sont considérées comme exprimant le meilleur consensus scientifique possible (notamment les estimations fondées sur de nombreuses études épidémiologiques), sont nommées **valeurs de base** (cf. paragraphe 3.13) et ne peuvent pas être modifiées par l'utilisateur.

Pour se faire une idée plus précise de la gamme des résultats possibles, les utilisateurs sont vivement encouragés à répéter l'évaluation en saisissant des valeurs inférieures et supérieures aux variables pour lesquelles des estimations ont été fournies.

N'oubliez pas que l'outil HEAT produit une approximation des effets sanitaires de la marche et/ou de la pratique du vélo au sein d'une population. Ses résultats ne peuvent pas être utilisés pour prédire des effets sanitaires sur des personnes, car la santé individuelle dépend de nombreux autres facteurs (les gènes, le mode de vie, etc.).

Ce paragraphe traite des principales hypothèses sur lesquelles repose l'outil HEAT.

#### 3.16.2 Activité physique

Les données sur le risque relatif, extraites de la méta-analyse comprenant des études effectuées en Chine, aux États-Unis, en Europe et au Japon (cf. paragraphe 3.9.2) peuvent être appliquées à des populations dans d'autres environnements.

L'outil suppose une relation linéaire entre la durée de la marche ou du trajet en vélo (à une vitesse moyenne constante) et le taux de mortalité. Par conséquent, tout trajet à pied ou en vélo produit la même réduction du risque, avec un maximum d'environ 60 minutes de vélo ou de marche par jour (soit 447 minutes de vélo et 460 minutes de marche par semaine).

Les populations évaluées ne sont pas composées de personnes très sédentaires ou très actives. Il pourrait en résulter une certaine surestimation des bénéfices dans les populations très actives, ou une certaine sous-estimation de ces bénéfices dans les populations moins actives.

Tout trajet effectué à pied est supposé être parcouru à un rythme au moins moyen, d'environ 4,8 km/h (ou 3 miles/heure), qui est le rythme minimal nécessaire pour engendrer une dépense énergétique considérée comme bénéfique pour la santé ; quant au vélo, les bénéfices sont supposés réalisés même à des vitesses faibles.

Aucun seuil de durée de transport actif n'a été fixé pour bénéficier d'effets sanitaires positifs.

Les risques relatifs de baisse de la mortalité toutes causes confondues due à la marche et à la pratique du vélo sont similaires chez les hommes et les femmes.

Ce sont également les mêmes dans les différents groupes d'âges adultes (de 20 ans à 74 ans pour la marche, et de 20 ans à 64 ans pour le vélo).

Pour que les effets sanitaires bénéfiques de l'activité physique se manifestent pleinement, une période d'accroissement de cinq ans est nécessaire, d'après le consensus des experts. Dans le cas d'une évaluation simple (cas unique), on suppose un état stationnaire (le transport actif et l'activité physique sont déjà pratiqués au cours des années précédentes) ; par conséquent, aucune période d'accroissement des effets sanitaires n'est appliquée.

### 3.16.3 Pollution atmosphérique

Le taux de mortalité et l'exposition à la pollution atmosphérique entretiennent une relation linéaire. Par conséquent, chaque dose de pollution (exprimée en concentration de matières particulaires) entraîne la même augmentation du risque, jusqu'à une concentration maximale de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (qui équivaut aux niveaux courants les plus élevés de pollution atmosphérique dans la Région européenne).

Le risque relatif obtenu à partir de la méta-analyse des études sur les effets sanitaires des matières particulaires  $\text{PM}_{2,5}$  (cf. paragraphe 3.10) – qui comprenait des études effectuées en Allemagne, Australie, Canada, Danemark, Espagne, États-Unis, Finlande, France, Grèce, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède et Suisse – peut être appliqué à d'autres pays présentant des niveaux et une composition comparables de pollution atmosphérique.

Aucun seuil de pollution n'a été fixé pour que des effets sanitaires soient constatés.

Une hausse approximativement identique du risque relatif est appliquée aux hommes et aux femmes.

Pour que les effets sanitaires de l'exposition chronique à la pollution atmosphérique se manifestent pleinement, une période d'accroissement de cinq ans est nécessaire, d'après le consensus des experts. Dans le cas d'une évaluation simple (cas unique), on suppose un état stationnaire (le transport actif et l'exposition à la pollution ont déjà eu lieu au cours des années précédentes) ; par conséquent, aucune période d'accroissement des effets sanitaires n'est appliquée.

### 3.16.4 Accidents de la circulation

Il est possible d'obtenir un taux générique de base des accidents de la circulation, de qualité et de fiabilité suffisantes pour une évaluation nationale, en associant des données issues de bases nationales (et dans certains cas internationales) ; ce taux est calculé en divisant le nombre d'accidents mortels de la route (par moyen de transport) par l'exposition (la « quantité » de transport actif) à l'intérieur des frontières administratives (cf. paragraphe 3.11).

Le taux national d'accidents de la circulation (nombre total d'accidents mortels touchant des piétons ou des cyclistes, divisé par le nombre total de kilomètres parcourus à pied ou en vélo, respectivement) peut tenir lieu d'approximation du risque d'accidents de la route dans le cas d'évaluations au niveau d'une ville, s'il n'existe pas de taux d'accidents spécifique pour la ville.

### 3.16.5 Émissions de carbone

Il existe une relation linéaire entre les changements touchant les déplacements par des moyens de transport motorisés (en passager-km par mode), les variations des émissions de carbone (en masse de  $\text{CO}_2\text{e}$ ) et les facteurs sous-jacents de ces émissions (en masse de  $\text{CO}_2\text{e}$  par passager-km et par mode).

La méthode COPERT (37) de l'Agence européenne pour l'environnement est la plus adaptée au calcul des facteurs d'émission ; elle calcule la consommation d'énergie (en MJ par véhicule-km) à l'aide de courbes non linéaires émission-vitesse, en multipliant le

contenu en carbone de cette énergie (masse de CO<sub>2</sub>e par MJ), en tenant compte de la part des biocarburants dans le mélange des carburants utilisés pour les transports, et du contenu en carbone de l'électricité (dans le cas des véhicules électriques). La meilleure méthode pour obtenir les facteurs d'émission par passager-km consiste à utiliser une relation linéaire entre les émissions par véhicule-km et le taux d'occupation moyen du véhicule, par moyen de transport (lequel varie selon le pays et l'année d'évaluation). Les taux ordinaires moyens d'occupation s'élèvent à 1,6 passager par véhicule pour les voitures, à 12,2 passagers par véhicule pour les bus, à 40 passagers pour les transports ferroviaires et à 1,05 passager pour les motos.

Une approximation suffisante de l'effet de la conduite sur route peut être obtenue en ajoutant 21,6 % aux facteurs officiels d'émission de carbone en laboratoire, pour prendre en compte la pollution au démarrage à froid, qui s'additionne aux émissions chaudes pendant la phase initiale effectuée à froid de chaque déplacement – autrement dit, les 3,4 premiers kilomètres, approximativement, selon le pays.

Les futures parts du type de carburant alimentant le véhicule et le taux moyen d'occupation ont été calculés approximativement en exploitant des bases de données internationales, notamment la projection de référence pour 2014 du modèle GAINS, de l'IIASA (101).

- Pour les voitures, cinq types génériques de conditions de circulation, correspondant à la plupart des contextes européens, peuvent être retenus :

- la moyenne européenne en ville (32 km/h) ;
- peu ou pas d'encombrements, milieu urbain (écoulement libre, 45 km/h) ;
- quelques encombrements aux heures de pointe (déplacement domicile-travail, entrées et sorties d'écoles), milieu urbain (35 km/h) ;
- forts encombrements quasi-quotidiens (matin, après-midi et entre les heures de pointe), milieu urbain (20 km/h) ; et
- moyenne européenne en milieu rural (60 km/h).

- Les émissions de carbone du puits au réservoir, et le carburant ou l'énergie utilisée pour la fabrication du véhicule et la production énergétique entretiennent une relation linéaire, qui inclut la génération d'électricité en amont et la production de combustibles fossiles.
- Enfin, il existe également une relation linéaire entre les modifications d'émissions (en masse de CO<sub>2</sub>e) et le coût social du carbone (en dollars des États-Unis par tonne de CO<sub>2</sub>e). Pour les pays ou les contextes pour lesquels il n'existe pas d'informations scientifiques, ou qui ne sont pas couverts par les outils d'orientation politique, il est possible d'attribuer au coût social du carbone les valeurs recommandées par la Commission européenne (soit 44 USD en 2015, puis une hausse pour atteindre 66 USD en 2030).



# 4

## Guide par étapes de l'utilisateur

### 4.1 Accéder à l'outil HEAT

L'outil HEAT est disponible sur le site Web du Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, à l'adresse [www.euro.who.int/HEAT](http://www.euro.who.int/HEAT) (8) ou bien directement sur le site Web de HEAT, à l'adresse [www.heatwalkingcycling.org](http://www.heatwalkingcycling.org).

### 4.2 Utiliser l'outil HEAT en cinq étapes

#### 4.2.1 Fonctions générales de l'outil HEAT

Selon les caractéristiques de l'évaluation entreprise, le nombre de questions varie. Les questions sont au nombre maximal de 21 ; selon l'itinéraire que vous emprunterez au cours de l'évaluation, vous sauterez certaines questions. Sur la partie gauche de l'écran, le menu des pages vous aide à vous orienter lorsque vous suivez le processus d'évaluation.

Cliquez sur « suivant » ou « précédent » pour vous déplacer d'une page à l'autre. Vous pouvez également revenir à une question antérieure pour vérifier ou modifier une donnée saisie, dans la section du menu à laquelle la question appartient (voir aussi plus bas), situé dans la partie gauche de l'écran. Utilisez ensuite le bouton « suivant » pour avancer dans le reste de l'évaluation ; seules les sections concernées par le changement nécessiteront de nouvelles saisies ; les autres données déjà saisies s'afficheront.

En déplaçant votre souris sur l'icône « ? » à côté d'un champ de saisie, vous verrez apparaître des

informations supplémentaires, des conseils et des astuces au sujet de ce champ. Le site Web de l'outil HEAT comprend également une section sur les questions fréquemment posées, des conseils et astuces supplémentaires, et de plus amples informations sur chaque section de l'outil.

Le paragraphe suivant décrit plus en détail les cinq étapes de l'évaluation par HEAT.

#### 4.2.2 Étape 1 : définissez votre évaluation

Prenez tout d'abord connaissance du cadre dans lequel l'outil HEAT peut être utilisé, pour vous assurer qu'il est applicable à votre évaluation (cf. paragraphe 3.4).

On vous demandera ensuite d'apporter des informations sur l'évaluation souhaitée (par exemple, évaluation d'un projet, comparaison de deux scénarios). Celles-ci détermineront le cas d'usage spécifique, les méthodes et les hypothèses associées que l'outil HEAT appliquera à votre évaluation. Les sept questions suivantes seront posées.

- Quel moyen de transport actif voulez-vous évaluer : la marche, le vélo, ou les deux ?
- À quelle échelle géographique voulez-vous évaluer les effets : national, urbain ou infra-urbain ? (dans ce dernier cas, les accidents de la circulation ne pourront pas être évalués ; cf. paragraphe 3.11)

- Que voulez-vous comparer ? Si vous ne possédez des données que pour une situation particulière, vous effectuerez une évaluation simple (un seul cas), qui comparera le cas de référence précisé par les valeurs que vous aurez saisies, à un cas hypothétique de comparaison ne comportant ni marche ni pratique du vélo. Mais si vous possédez des données sur deux situations, par exemple avant et après une intervention, ou si vous comparez deux scénarios alternatifs A et B, alors vous procéderez à une évaluation à deux cas, et saisirez des données sur le cas de référence aussi bien que sur le cas de comparaison.
- Quelles sont les années concernées par l'évaluation ? Vous pouvez saisir l'année du cas de référence, de même que celle du cas de comparaison (par exemple, de 5 à 10 ans plus tard), dans le cas d'une évaluation à deux cas. Si vous ne saisissez aucun chiffre, l'outil HEAT utilise par défaut l'année en cours pour le cas de référence. Dans le cas d'une évaluation à deux cas, l'outil HEAT fixe l'année du cas de comparaison à dix ans de plus que l'année du cas de référence. Vous pourrez changer ces deux dates par défaut ultérieurement (cf. étape 3 plus bas).
- Période d'évaluation : sur combien d'années souhaitez-vous effectuer le calcul des bénéfices ? Dans une évaluation simple, l'outil HEAT calcule par défaut les effets sur 10 ans ; et dans une évaluation à deux cas, il les calcule par défaut pour l'intervalle séparant l'année du cas de référence et celle du cas de comparaison. Vous pouvez modifier ces paramètres par défaut lors de l'étape 3.
- Quels effets voulez-vous étudier dans votre évaluation : les bénéfices de l'activité physique, les risques de l'exposition à la pollution atmosphérique et/ou le risque d'accidents de la circulation lors d'un trajet à pied ou en vélo, ou la baisse des émissions de carbone grâce au changement de moyen de transport, d'un mode motorisé à la marche ou au vélo ?
- Si vous avez choisi les effets sur les émissions de carbone, vous devrez répondre à une question supplémentaire : comment l'évaluation doit-elle prendre en compte les moyens de transport motorisé ? Vous pouvez décider de ne fournir aucune donnée, ou bien des données sur des catégories de base (la voiture et les transports publics), ou sur des catégories élaborées de moyens de transport motorisé (actuellement : la voiture (conducteur ou passager), la moto, les bus locaux, le rail léger ou le train). Si vous ne possédez aucune donnée sur les moyens de transport motorisé, l'outil HEAT utilisera des valeurs par défaut pour les évaluations à deux cas (cf. paragraphe 3.13). Pour une évaluation simple, vous pourrez saisir des données sur le transfert (supposé ou évalué) des autres moyens de transport vers la marche et/ou le vélo à un stade ultérieur de l'évaluation (cf. paragraphes 3.12.1 et 3.12.2 et l'étape 3 plus bas) ; vous pouvez également choisir d'utiliser les valeurs par défaut.

En se fondant sur les données saisies au cours de cette première étape, l'outil HEAT sélectionnera un taux de mortalité par défaut, une valeur d'une vie statistique et/ou une valeur du coût social du carbone, les paramètres associés aux émissions de carbone (au niveau du pays), les niveaux de pollution atmosphérique et un taux d'accidents de la circulation.

Pour évaluer la pollution atmosphérique au niveau urbain ou infra-urbain, vous devrez choisir votre ville dans le menu déroulant. Si elle n'y figure pas, vous pouvez choisir une ville de la liste située dans un pays similaire au vôtre en termes de volume et de composition de la circulation, d'industrie lourde, d'environnement topographique et de climat. Sinon, vous pouvez décider de désélectionner la case « évaluation au niveau urbain/infra-urbain » et utiliser à la place le niveau de concentration de base de  $PM_{2,5}$  dans votre pays. Pour réaliser l'évaluation des bénéfices de l'activité physique, et des émissions de carbone au niveau urbain et infra-urbain, l'outil HEAT utilise par défaut les valeurs nationales. Pour réaliser l'évaluation des accidents de la circulation, et des émissions de

carbone au niveau urbain, l'outil HEAT utilise par défaut les valeurs nationales du risque d'accidents de la circulation et des paramètres des émissions de carbone. Le risque d'accidents de la route ne peut pas être évalué au niveau infra-urbain. Quelle que soit l'option retenue, vous pourrez également écraser les valeurs affectées par défaut lorsque vous vérifierez les paramètres de calcul lors de l'étape 4 de l'évaluation (voir plus bas).

### 4.2.3 Étape 2 : saisissez vos données

Toutes les évaluations réalisées au moyen de l'outil HEAT requièrent deux paramètres essentiels, que vous devrez saisir : la « quantité » de marche et/ou de pratique du vélo, et le nombre de personnes composant la population. Vous les saisissez en trois étapes.

- Saisissez la « quantité » de marche et/ou de pratique du vélo effectuée dans la zone de l'étude, par personne et par jour. Vous pouvez l'exprimer en durée (minutes ou heures), en distance (kilomètres ou miles), en nombre de trajets, en nombre de pas, en part modale, en fréquence ou en changement du pourcentage (pour les évaluations à deux cas uniquement, cf. paragraphes 3.7 et 3.8).
- Ensuite, vous devrez choisir le type de population concernée par les données sur la marche et/ou la pratique du vélo que vous avez saisies. Les types proposés sont les suivants : population générale (si les données proviennent d'une enquête nationale sur les déplacements, d'une enquête représentative à grande échelle ou d'une étude en ligne mise à la disposition d'une population générale) ; utilisateurs de moyens de transports spécifiques (cyclistes et piétons uniquement : par exemple, si les données ont été recueillies par dénombrement ou interrogations au passage de l'utilisateur). Ce choix est important pour l'interprétation correcte des « quantités » de marche et de vélo saisies. Par exemple, une moyenne assez ordinaire de 4 km parcourus en vélo par personne et par jour dans une population de cyclistes réguliers peut signifier une moyenne de 0,5 km parcouru en vélo par personne

et par jour dans une population générale (qui comprendra un mélange de cyclistes parcourant 4 km par jour et de non-cyclistes parcourant 0 km par jour).

- Enfin, vous saisissez le nombre de personnes composant la population à laquelle se rapportent les données sur la marche ou le vélo, en sachant que les calculs effectués par l'outil HEAT sont conçus pour être utilisés sur une tranche d'âge de 20 ans à 74 ans pour la marche, et de 20 ans à 64 ans pour le vélo (cf. paragraphe 3.4). Si les trajets à pied ou en vélo sont majoritairement effectués par des personnes plus jeunes ou plus âgées, vous pouvez choisir les tranches d'âge 20 ans–44 ans, ou 45 ans–64 ans (ou 45 ans–74 ans en ce qui concerne une évaluation sur la marche). Le chiffre de la population doit correspondre à celui de la population totale, et non seulement à la taille de l'échantillon de population sur laquelle l'enquête a pu être effectuée. Par exemple, s'il s'agit d'une enquête nationale sur les déplacements qui est représentative de la population entière, indiquez ici la population totale (c'est-à-dire respectivement, les personnes âgées de 20 ans à 64 ans, ou de 20 ans à 74 ans) plutôt que la taille de l'échantillon de l'enquête. Il importe de vous assurer que vous avez correctement saisi le chiffre de la population, car cela peut influencer considérablement les résultats. Il est également important que le type de population sélectionné lors de l'étape précédente (voir ci-dessus) corresponde au nombre de personnes composant la population saisie : c'est pourquoi HEAT présélectionne ici le type de population. Si vous souhaitez le modifier, utilisez le bouton « précédent » pour retourner à l'étape précédente.

Des messages d'alerte apparaîtront si les niveaux de marche ou de vélo saisis excèdent le cadre proposé pour l'utilisation de l'outil HEAT (cf. paragraphe 3.4) et risquent de mener en théorie, à une très forte baisse du taux de mortalité. Concrètement, si vous saisissez une durée de marche ou de vélo supérieure à une

heure par jour, vous serez incité à vous demander si cette durée représente fidèlement un comportement à long terme dans une population adulte moyenne, pour laquelle l'outil HEAT est conçu. Pour éviter d'aboutir à des valeurs excessives, la réduction du risque proposée dans le module HEAT sur l'activité physique est plafonnée à 45 % pour la pratique du vélo, et à 30 % pour la marche (cf. paragraphe 3.9).

#### 4.2.4 Étape 3 : apportez des informations susceptibles d'ajuster les données

Au cours de cette étape, il vous faudra apporter des informations supplémentaires sur le(s) moyen(s) de transport évalué(s). Celles-ci sont nécessaires pour ajuster les données utilisées pour les calculs d'impact. L'outil HEAT présente automatiquement les questions nécessaires à l'évaluation.

Selon les méthodes et les types choisis pour l'évaluation, il peut procéder à tout ou partie des ajustements suivants (pour de plus amples informations, se reporter au paragraphe 3.14) :

- la proportion de marche ou de trajet à vélo à exclure en raison de facteurs non liés au projet ou à l'intervention évalué(e) – pour les évaluations à deux cas uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 0 % ;
- la correction spatiale et temporelle des données de marche ou de vélo pour tenir compte de possibles sous- ou surestimations dues à des facteurs tels que les variations saisonnières ou spatiales ; le paramètre par défaut est fixé à 0 % ;
- la période requise pour qu'il y ait une demande de transport actif, avec mention du nombre d'années nécessaire pour que l'usage d'une nouvelle infrastructure atteigne un état stationnaire – pour les évaluations à deux cas uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 1 an ;
- la proportion de nouveaux trajets qui n'étaient pas effectués avant l'intervention – pour les évaluations

à deux cas et les émissions de carbone uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 0 % ;

- la proportion de trajets réaffectés qui empruntent un itinéraire différent, passent à présent par une nouvelle infrastructure et ne sont donc pas pris en compte dans l'évaluation – pour les évaluations à deux cas au niveau infra-urbain uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 0 % ;
- la proportion de trajets transférés d'un autre moyen de transport ; cette information est demandée pour caractériser la différence entre les cas de référence et de comparaison aux fins d'évaluation des émissions de carbone ; les curseurs sont fixés aux valeurs par défaut qui s'appliqueraient si aucune correction n'était faite ;
- la proportion de transport actif effectué au cœur de la circulation, par rapport à celui qui est effectué loin des grands axes, dans des parcs, etc. – pour les évaluations de la pollution atmosphérique uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 50 % ;
- la proportion de trajets effectués dans un but de transport – pour les évaluations de la pollution atmosphérique et des émissions de carbone uniquement –, afin d'affecter correctement le niveau de pollution atmosphérique et d'exclure de l'évaluation des émissions de carbone les trajets effectués dans un but de loisir, qui ne sont pas supposés remplacer d'autres moyens de transport ; le paramètre par défaut est fixé à 50 % ;
- les conditions de circulation, que vous pouvez choisir parmi cinq options – pour les évaluations des émissions de carbone uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à la moyenne européenne en ville (32 km/h). Vous pouvez choisir de saisir une donnée locale ou l'une des autres valeurs par défaut : peu ou pas d'encombrements, milieu urbain (écoulement libre, 45 km/h) ; quelques encombrements aux heures de pointe (déplacements domicile-travail, entrées et sorties d'écoles),



milieu urbain (35 km/h) ; forts encombrements quasi-quotidiens (matin, après-midi et entre les heures de pointe), milieu urbain (20 km/h) ; et moyenne européenne en milieu rural (60 km/h) ;

- les modifications du risque d'accidents de la circulation dans le temps – pour les évaluations à deux cas et les accidents uniquement ; le paramètre par défaut est fixé à 0 % ; et
- le remplacement de l'activité physique, pour préciser si une partie du transport actif remplace d'autres formes d'activité physique, telles que de l'exercice pendant les moments de loisir ; le paramètre par défaut est fixé à 0 %.

En outre, vous pouvez également au cours de cette étape, saisir le coût des investissements ayant conduit à l'usage du transport actif évalué, pour calculer un rapport coût-avantages. Le coût saisi doit comprendre tous les investissements concernés. Par exemple, pour évaluer le rapport coût-avantages d'une campagne de promotion du vélo, il est nécessaire d'inclure le coût de l'infrastructure cyclable qu'utilise le public cible, qui peut être payée par l'administration locale.

#### **4.2.5 Étape 4 : vérifiez les paramètres de calcul**

Au cours de cette étape, l'outil HEAT présente un tableau récapitulatif de toutes les valeurs (par défaut et de fond) et données saisies, pour que vous puissiez les vérifier et les modifier le cas échéant. Le groupe consultatif international a fixé les paramètres de l'évaluation par HEAT en fonction des meilleures connaissances disponibles actuellement ; ils comprennent notamment des valeurs de fond qui ne peuvent pas être changées (cf. paragraphe 3.13). Vous pouvez en revanche modifier les valeurs par défaut si des données locales fiables existent, en gardant à l'esprit que le changement des paramètres peut sensiblement



influer sur les résultats finaux.<sup>6</sup> Si elles existent, utilisez des valeurs locales pour les deux paramètres suivants :

- En ce qui concerne la valeur d'une vie statistique, il est nécessaire de saisir la valeur normalisée (en euros) utilisée dans le pays étudié. Cette valeur est à la base de la valeur économique calculée ; elle influera fortement sur les résultats économiques. La valeur par défaut est affectée en fonction du pays choisi lors de l'étape 1<sup>7</sup> (cf. paragraphe 3.15.1). Si une autre valeur est utilisée dans le contexte de votre évaluation des transports locaux, saisissez-la pour remplacer la valeur par défaut.
- Le taux de décès annuel dans la population en âge de travailler (nombre de décès par année dans le groupe d'âge concerné, pour 100 000 personnes) peut être calculé à partir de données publiées sur la mortalité des personnes en âge de travailler dans le pays étudié. La valeur par défaut est la dernière valeur nationale disponible dans la base de données détaillées sur la mortalité européenne de l'OMS (113). Si possible, utilisez le taux de décès annuel national, ou le taux brut annuel de mortalité les plus récents (pour la tranche d'âge concernée).

En ce qui concerne le taux d'actualisation, vous pouvez saisir le taux à utiliser pour calculer les bénéfices futurs. L'outil HEAT utilise 5 % comme valeur par défaut. Les taux d'actualisation courants sont en général disponibles auprès des organismes publics.

<sup>6</sup> Pour la valeur de fond par défaut de pollution atmosphérique, une valeur de la concentration en  $PM_{2,5}$  peut être obtenue en utilisant si nécessaire, un facteur de conversion internationalement accepté de 0,6 (79), pour transformer les mesures de la concentration en  $PM_{10}$  plus largement disponibles, en estimations de la concentration en  $PM_{2,5}$  (57).

<sup>7</sup> Il n'a pas été possible d'obtenir une valeur nationale d'une vie statistique utilisable par défaut pour neuf pays (cf. paragraphe 3.15). Les valeurs par défaut suivantes sont utilisées : celles de l'Espagne pour Andorre, celle de la Suisse pour le Liechtenstein, celle de la France pour Monaco, et celle de l'Italie pour Saint-Marin. La valeur utilisée pour le Turkménistan est fondée sur des données de Géorgie, et celle de l'Ouzbékistan est fondée sur des données du Kirghizistan. Les valeurs calculées pour 2005 (et fondées sur des approximations en utilisant les pays proches ayant des niveaux similaires de PIB par habitant) sont adoptées en tant que valeurs par défaut pour l'Azerbaïdjan (à partir de données de Géorgie), le Bélarus (à partir de données de la Fédération de Russie) et le Tadjikistan (à partir de données du Kirghizistan).

#### 4.2.6 Étape 5 : résultats et valeur économique associée

Les résultats obtenus par l'outil HEAT sont affichés en deux étapes :

- le résumé des résultats, qui récapitule les bénéfices et les inconvénients sanitaires et économiques, de même que les effets sur les émissions de carbone de tous les facteurs choisis (par l'utilisateur) et un bref résumé des données saisies ; et
- les résultats détaillés par moyen de transport (marche et/ou vélo) et facteur (activité physique, pollution atmosphérique, accidents de la circulation et émissions de carbone, selon les choix de l'utilisateur).

Le résumé des résultats présente d'abord la « quantité » de marche ou de pratique du vélo saisie par l'utilisateur, et le nombre de personnes composant la population évaluée.

L'outil affiche ensuite les estimations globales ci-dessous (qui regroupent les effets positifs et négatifs de tous les facteurs liés à la santé, et la réduction des émissions de carbone, en fonction du choix effectué par l'utilisateur) :

- le nombre de décès prématurés prévenus (par an, au cours de la totalité de la période de l'évaluation) ;
- les tonnes d'équivalents  $CO_2$  évités (par an, au cours de la totalité de la période de l'évaluation) ;
- la somme de la valeur économique des effets sur la mortalité (de l'activité physique, de la pollution atmosphérique et/ou des accidents de la circulation selon les choix effectués par l'utilisateur, par an, au cours de la totalité de la période de l'évaluation, et en tenant compte de l'actualisation le cas échéant), à l'aide de la valeur d'une vie statistique (cf. paragraphe 3.15.1) ;

- la valeur économique des effets des émissions de carbone, par an, au cours de la totalité de la période de l'évaluation, et en tenant compte de l'actualisation le cas échéant), en utilisant le coût social des émissions de carbone (cf. paragraphe 3.15.2) ; et
- la valeur économique totale des effets, qui récapitule les bénéfices économiques des trois calculs d'effets sanitaires et d'effets sur les émissions de carbone, selon les choix effectués par l'utilisateur (par an, au cours de la totalité de la période de l'évaluation, et en tenant compte de l'actualisation le cas échéant).

Les utilisateurs peuvent choisir les résultats détaillés qu'ils veulent voir apparaître dans un tableau récapitulatif, par moyen de transport (marche et/ou vélo) et par facteur (activité physique, pollution atmosphérique, accidents de la circulation et émissions de carbone). En fonction de la sélection effectuée, les résultats détaillés sont ensuite présentés pour chacun des moyens de transport et des facteurs choisis ; les informations sont les mêmes que celles décrites plus haut, dans le résumé des résultats.

Enfin, les résultats sont proposés sous forme de graphiques synthétiques, montrant les résultats totaux, par moyen de transport et par facteur.

#### 4.2.7 Limites et analyse de sensibilité

De nombreuses variables utilisées pour réaliser les calculs dans l'outil HEAT sont des estimations, qui sont donc fiables avec un certain degré d'erreur. Souvenez-vous que l'outil vous procure une approximation du niveau des effets sanitaires et économiques, et des effets sur les émissions de carbone. Plusieurs hypothèses sont appliquées pour réaliser ces calculs, comme expliqué dans le paragraphe 3.16. Pour vous faire une idée plus précise de la gamme possible des résultats, nous vous recommandons fortement de procéder plusieurs fois aux calculs, en saisissant différentes valeurs pour les variables pour lesquelles

vous avez fourni la meilleure supposition possible, c'est-à-dire en indiquant des estimations hautes et basses de ces variables.

## Références

1. Plan d'action pour la prévention et la maîtrise des maladies non transmissibles dans la Région européenne de l'OMS Copenhague : Bureau régional de l'OMS pour l'Europe ; 2016 ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0019/315613/66wd11f\\_NCDActionPlan\\_160522.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/315613/66wd11f_NCDActionPlan_160522.pdf?ua=1), consulté le 29 novembre 2017).
2. Stratégie sur l'activité physique pour la Région européenne de l'OMS 2016-2025. Copenhague : Bureau régional de l'OMS pour l'Europe ; 2016 ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/283807/65wd09f\\_PhysicalActivityStrategy\\_150474\\_withCover.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/283807/65wd09f_PhysicalActivityStrategy_150474_withCover.pdf?ua=1), consulté le 29 novembre 2017).
3. Cavill N, Kahlmeier S, Rutter H, Racioppi F, Oja P. Economic assessment of transport infrastructure and policies. Methodological guidance on the economic appraisal of health effects related to walking and cycling. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2007 (<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/107865/1/E90944.pdf>, consulté le 29 novembre 2017).
4. Rutter H, Cavill N, Dinsdale H, Kahlmeier S, Racioppi F, Oja P. Health economic assessment tool for cycling (HEAT for cycling). User guide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2008 (revised edition published online, 2011).
5. Kahlmeier S, Kelly P, Foster C, Götschi T, Cavill N, Dinsdale H et al. Health economic assessment tools (HEAT) for cycling and walking. Methodology and user guide. Economic assessment of



- transport infrastructure and policies. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2011.
6. Kahlmeier S, Kelly P, Foster C, Götschi T, Cavill N, Dinsdale H et al. Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking. Methodology and user guide. Economic assessment of transport infrastructure and policies. 2014 update. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2011 (revised edition published online 2014).
  7. Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. 4th Consensus Meeting, Bonn, Germany, 11–12 December 2014. Meeting report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2015.
  8. Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking (revised edition) [website]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017 (<http://www.heatwalkingcycling.org>, consulté le 29 novembre 2017).
  9. Cavill N, Kahlmeier S, Rutter H, Racioppi F, Oja P. Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: a systematic review. *Transport Policy*. 2008;15:291–304.
  10. Kelly P, Kahlmeier S, Götschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N et al. Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2014;11:132.
  11. De Nazelle A, Bode O, Orjuela JP. Comparison of air pollution exposures in active vs. passive travel modes in European cities: a quantitative review. *Environ Int*. 2017;99:151–60.
  12. Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. Core group meeting, Copenhagen, Denmark, 2–3 November 2016. Meeting background document. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2016.
  13. Kahlmeier S, Götschi T, Cavill N, Fernandez AC, Brand C, Rueda DR et al. Health economic assessment tool (HEAT) for cycling and walking. Methods and user guide on physical activity, air pollution, injuries and carbon impact assessments. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017.
  14. Kahlmeier S, Racioppi F, Cavill N, Rutter H, Oja P et al. “Health in all policies” in practice: guidance and tools to quantifying the health effects of cycling and walking. *J Phys Activ Health*. 2010;7(Suppl. 1):S120–5.
  15. Rutter H, Cavill N, Racioppi F, Dinsdale H, Oja P, Kahlmeier S. Economic impact of reduced mortality due to increased cycling. *Am J Prev Med*. 2013;44:89–92.
  16. Beale S, Bending M, Yi Y, Trueman P. A rapid review of economic literature related to environmental interventions that increase physical activity levels in the general population. London, National Institute for Health and Care Excellence; 2007 (<https://www.nice.org.uk/guidance/ph8/evidence/economic-evidence-review-summary-pdf-67188494>, consulté le 29 novembre 2017).
  17. Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. Meeting report of the consensus workshop in Bonn, Germany, 1–2 October 2013. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe; 2014 ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/248900/](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/248900/)

Development-of-the-health-economic-assessment-tools-HEAT-for-walking-and-cycling.pdf, consulté le 29 novembre 2017).

18. La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports. Paris : OCDE ; 2012 (<http://www.oecd.org/fr/environnement/lavalorisationdurisque-demortalitedanslespolitiques-delenvironnementdelasanteetdestransports.htm>, consulté le 29 novembre 2017).
19. Andersen LB, Schnohr P, Schroll M, Hein HO. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports and cycling to work. *Arch Intern Med.* 2000;160:1621–8.
20. Recommandations mondiales en matière d'activité physique pour la santé. Genève : Organisation mondiale de la santé ; 2010 ([http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations/fr/](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/fr/), consulté le 29 novembre 2017).
21. Mueller F, Rojas-Rueda D, Cole-Hunter T, de Nazelle A, Dons E, Gerike R et al. Health impact assessment of active transportation: a systematic review. *Prev Med.* 2015;76:103–14.
22. Doorley R, Pakrashi V, Ghosh B. Quantifying the health impacts of active travel: assessment of methodologies. *Transport Rev.* 2015;35:559–82.
23. Götschi T, Garrard J, Giles-Corti B. Cycling as a part of daily life: a review of health perspectives. *Transport Rev.* 2016;36:45–71.
24. De Hartog JJ, Boogaard H, Nijland H, Hoek G. Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environ Health Perspect.* 2010;118:1109–16.
25. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Tainio M, Nieuwenhuijsen MJ. The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ.* 2011;343:d4521.
26. Rabl A, de Nazelle A. Benefits of shift from car to active transport. *Transport Policy.* 2012;19:121–31.
27. Elvik R. The non-linearity of risk and the promotion of environmentally sustainable transport. *Accid Anal Prev.* 2009;41:849–55.
28. Woodcock J, Edwards P, Tonne C, Armstrong BG, Ashiru O, Banister D et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *Lancet.* 2009;374:1930–43.
29. Woodcock J, Givoni M, Morgan AS. Health impact modelling of active travel visions for England and Wales using an integrated transport and health impact modelling tool (ITHIM). *PLoS One.* 2013;8:e51462.
30. Schepers JP, Heinen E. How does a modal shift from short car trips to cycling affect road safety? *Accid Anal Prev.* 2013;50:1118–27.
31. Bhalla K, Ezzati M, Mahal A, Salomon J, Reich M. A risk-based method for modeling traffic fatalities. *Risk Anal.* 2007;27:125–36.
32. Teschke K, Harris MA, Reynolds CCO, Winters M, Babul S, Chipman M et al. Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: a case-cross-over study. *Am J Publ Health.* 2012;102:2336–43.
33. Jacobsen PL. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prev.* 2003;9:205–9.

34. Elvik R, Bjørnskau T. Safety-in-numbers: a systematic review and meta-analysis of evidence. *Saf Sci.* 2017;92:274–82.
35. Development of the health economic assessment tools (HEAT) for walking and cycling. 5th consensus meeting: meeting report. Copenhagen, 28–29 March 2017. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017.
36. CURB tool: climate action for urban sustainability, user guide, version 2.0, September 2016. Washington (DC): World Bank; 2016.
37. COPERT IV. Copenhagen: European Environment Agency; 2012.
38. Transport analysis guidance: WebTAG. London: Department for Transport; 2014 (<https://www.gov.uk/guidance/transport-analysis-guidance-webtag>, consulté le 29 novembre 2017).
39. Brand C, Tran M, Anable J. The UK transport carbon model: an integrated life cycle approach to explore low carbon futures. *Energy Policy.* 2012;41:107–24.
40. Lumbreras J, Borge R, Guijarro A, Lopez JM, Encarnacion Rodríguez M. A methodology to compute emission projections from road transport (EmiTRANS). *Technol Forecasting Soc Change.* 2014;81:165–76.
41. Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet.* 2009;374:2104–14.
42. Jarrett J, Woodcock J, Griffiths UK, Chalabi Z, Edwards P, Roberts I et al. Effect of increasing active travel in urban England and Wales on costs to the National Health Service. *Lancet.* 2012;379:2198–2205.
43. Development of the Health Economic Assessment Tools (HEAT) for walking and cycling. Core group meeting: meeting report. Copenhagen, 2–3 November 2016. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2017.
44. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee report 2008. Washington (DC): United States Department of Health and Human Services; 2008.
45. Oja P, Titze S, Bauman A, de Geus B, Krenn P, Reger-Nash B et al. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21:496–509.
46. Hamer M, Chida Y. Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Sports Med.* 2008;42:238–43.
47. Wen CP, Wai JP, Tsai MK, Yang YC, Cheng TY, Lee MC et al. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet.* 2011;378:1244–53.
48. Lee C, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, Lancet Physical Activity Series Working Group. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet.* 2012;380:219–29.
49. Wang N, Zhang X, Xiang YB, Li H, Yang G, Gao J et al. Associations of tai chi, walking, and jogging with mortality in Chinese men. *Am J Epidemiol.* 2013;178:791–6.

50. Schnohr P, Scharling H, Jensen J. Intensity versus duration of walking, impact on mortality: the Copenhagen City Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14:72–8.
51. WHO expert meeting: methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Meeting report, Bonn, Germany, 12–13 May 2014. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2014 ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
52. McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, Stewart-Evans J, Malliarou E, Jarup L et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med.* 2007;357:2348–58.
53. Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six US cities. *Environ Health Perspect.* 2010;108:941–7.
54. Mills NL. Ischemic and thrombotic effects of dilute diesel-exhaust inhalation in men with coronary heart disease. *N Engl J Med.* 2007;357:1075–82.
55. Krzyzanowski M, Kuna-Dibbert B, Schneider J, editors. Health effects of transport-related air pollution. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2005 (<http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/health-effects-of-transport-related-air-pollution>, consulté le 29 novembre 2017).
56. Karanasiou A, Viana M, Querol X, Moreno T, de Leeuw F. Assessment of personal exposure to particulate air pollution during commuting in European cities – recommendations and policy implications. *Sci Total Environ.* 2014;490:785–97.
57. Int Panis L, de Geus B, Vandenbulcke G, Willems H, Degraeuwe B, Bleux N et al. Exposure to particulate matter in traffic: a comparison of cyclists and car passengers. *Atmos Environ.* 2010;44:2263–70.
58. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2012;380:2224–60.
59. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project: final technical report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013 (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>, consulté le 29 novembre 2017).
60. Ostro B. Outdoor air pollution – assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva: World Health Organization; 2004 (Environmental Burden of Disease Series, No. 5; [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/ebd5/en](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/ebd5/en), consulté le 29 novembre 2017).
61. Janssen AH, Hoek G, Simic-Lawson M, Fischer P, van Bree L, ten Brink H et al. Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>. *Environ Health Perspect.* 2011;119:1691–9.

62. Tainio M, de Nazelle AJ, Götschi T, Kahlmeier S, Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen MJ et al. Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Prev Med*. 2016;87:233–6.
63. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B et al. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environ Health*. 2013;12:43.
64. Elvik R, Sundfør HB. How can cyclist injuries be included in health impact economic assessments? *J Transport Health*. 2017;6:29–39.
65. Foley L, Panter J, Heinen E, Prins R, Ogilvie D. Changes in active commuting and changes in physical activity in adults: a cohort study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015;12:161.
66. Laeremans M, Götschi T, Dons E, Kahlmeier S, Brand C, de Nazelle A et al. Does an increase in walking and cycling translate into a higher overall physical activity level? *J Transport Health* 2017;5:S20.
67. Wanner M, Götschi T, Martin-Diener E, Kahlmeier S, Martin BW. Active transport, physical activity, and body weight in adults: a systematic review. *Am J Prev Med*. 2012;42:493–502.
68. Götschi T, Loh TH. Advancing project-scale health impact modeling for active transportation: a user survey and health impact calculation of 14 US trails. *J Transport Health* 2017;4:334–7.
69. Nellthorp J, Sansom T, Bickel P, Doll C, Lindberg G. Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency (UNITE): valuation conventions for UNITE. Leeds: University of Leeds; 2007 ([http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/downloads/D5\\_Annex3.pdf](http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/downloads/D5_Annex3.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
70. Boesch H-J, Kahlmeier S, Sommer H, van Kempen E, Staatsen B, Racioppi F et al. Economic valuation of transport-related health effects: review of methods and development of practical approaches, with a special focus on children. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2008 ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/53864/E92127.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/53864/E92127.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
71. Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, Clemes SA, De Cocker K, Giles-Corti B et al. How many steps/day are enough? For adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2011;8:79
72. Woodcock J, Franco OH, Orsini N, Roberts I. Non-vigorous physical activity and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol*. 2011;40:121–38.
73. Manson J, Greenland P, LaCroix AZ, Stefanick ML, Mouton CP, Oberman A et al. Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*. 2002;347:716–25.
74. Andersen LB, Schnohr P, Schroll M, Hein HO. All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports and cycling to work. *Arch Intern Med*. 2000;160:1621–8.
75. Development of guidance and a practical tool for economic assessment of health effects from walking. Consensus workshop, 1–2 July 2010, Oxford, United Kingdom. Background document: summary of literature reviews and issues for discussion. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2010.
76. Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen M. Adjustment of risk estimates of physical activity and mortality by the impact of air pollution (particulate matter

of less than 2.5 µm). Barcelona: Centre for Research in Environmental Epidemiology; 2014.

77. WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database [online database]. Geneva: World Health Organization; 2017 ([http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en), consulté le 29 novembre 2017).
78. WHO Global Health Observatory data repository, exposure country average 2014 [online database]. Geneva: World Health Organization; 2017 (<http://apps.who.int/gho/data/view.main.SDGPM25116v?lang=en>, consulté le 29 novembre 2017).
79. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air - mise à jour mondiale 2005. Copenhague : Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, 2005 ([http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/fr/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/fr/), consulté le 29 novembre 2017).
80. Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N et al. Urban air pollution. In: Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, editors. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attribution to selected major risk factors. Volume 1. Geneva: World Health Organization; 2004:1353–434 ([http://www.who.int/health-info/global\\_burden\\_disease/cra/en](http://www.who.int/health-info/global_burden_disease/cra/en), consulté le 29 novembre 2017).
81. Di Q, Dominici F, Schwartz JD. Air pollution and mortality in the Medicare population. *N Engl J Med.* 2017; 376:2513–22.
82. ITF-IRTAD International Transport Forum – International Traffic Safety Data and Analysis Group. Database casualties by age and road use [online database]. Paris: OECD; 2017 (<http://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=67140>, consulté le 29 novembre 2017).
83. WHO Global Health Observatory data repository [online database]. Geneva: World Health Organization; 2017 (<http://apps.who.int/gho/data/?theme=main>, consulté le 29 novembre 2017).
84. Institute for Transportation & Development Policy and the University of California. A global high shift cycling scenario: the potential for dramatically increasing bicycle and E-bike use in cities around the world, with estimated energy, CO<sub>2</sub>, and cost impacts. New York: Institute for Transportation & Development Policy; 2015 ([https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2015/11/A-Global-High-Shift-Cycling-Scenario\\_Nov-2015.pdf](https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2015/11/A-Global-High-Shift-Cycling-Scenario_Nov-2015.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
85. Diaz Olvera L, Plat D, Pochet P. The puzzle of mobility and access to the city in sub-Saharan Africa. *J Transp Geogr.* 2013;32:56–64.
86. WALCYNG. How to enhance WALKing and CYcliNG instead of shorter car trips and to make these modes safer. Lund: Department of Traffic Planning and Engineering, University of Lund; 1997 ([https://safety.fhwa.dot.gov/ped\\_bike/docs/walcyng.pdf](https://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/docs/walcyng.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
87. Dons E, Götschi T, Nieuwenhuijsen M, de Nazelle A, Anaya E, Avila-Palencia I et al. Physical Activity through Sustainable Transport Approaches (PASTA): protocol for a multi-centre, longitudinal study. *BMC Publ Health.* 2015;15:1126.
88. Brand C, Goodman A, Ogilvie D. Evaluating the impacts of new walking and cycling infrastructure on carbon dioxide emissions from



motorized travel: a controlled longitudinal study. *Appl Energy*. 2014;128:284–95.

89. Goodman A, Sahlqvist S, Ogilvie D. New walking and cycling routes and increased physical activity: one- and 2-year findings from the UK iConnect study. *Am J Public Health*. 2014;104:e38–46.
90. OBIS (Optimising Bike Sharing in European Cities), final report. Brussels: European Commission; 2011.
91. Woodcock J, Edwards P, Tonne C, Armstrong BG, Ashiru O, Banister D et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. *Lancet*. 2009;374:1930–43.
92. Keogh-Brown M, Jensen HT, Smith RD, Chalabi Z, Davies M, Dangour A et al. A whole-economy model of the health co-benefits of strategies to reduce greenhouse gas emissions in the UK. *Lancet*. 2012;380 (Suppl. 3):S52.
93. Buekers J, Dons E, Elen B, Int Panis L. Health impact model for modal shift from car use to cycling or walking in Flanders: application to two bicycle highways. *J Transport Health*. 2015;2:549–62.
94. Mulley C, Tyson R, McCue P, Rissel C, Munro C. Valuing active travel: including the health benefits of sustainable transport in transportation appraisal frameworks. *Res Transport Business Management*. 2013;7:27–34.
95. Cycle more often 2 cool down the planet! Quantifying CO<sub>2</sub> savings of cycling. Brussels: European Cyclists' Federation; 2011.
96. UK Government conversion factors for company reporting, full 2016 dataset. London: Department for the Environment, Food and Rural Affairs and Department for Energy and Climate Change; 2016.
97. European motor vehicle parc 2014: vehicles in use (2009–2014). Madrid: ANFAC/ACEA; 2014.
98. New car CO<sub>2</sub> report 2014: the 13th report. London: Society of Motor Manufacturers and Traders; 2014.
99. World energy outlook 2015. Paris: International Energy Agency; 2015.
100. Eurostat. Base de données sur les transports, actualisation d'octobre 2015. Bruxelles : Commission européenne ; 2016 (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database>, consulté le 29 novembre 2017).
101. IIASA, IIASA GAINS model, scenario WPE\_2014\_CLE: the updated «current legislation» (after the bilateral consultations in 2014) of the PRIMES 2013 REFERENCE activity projection. Laxenburg: IIASA; 2014.
102. Olson P, Nolan K. In depth: Europe's most congested cities. *Forbes*. 2008; 21 April ([https://www.forbes.com/2008/04/21/europe-commute-congestion-forbeslife-cx\\_po\\_0421congestion\\_slide.html](https://www.forbes.com/2008/04/21/europe-commute-congestion-forbeslife-cx_po_0421congestion_slide.html)).
103. Newman P, Kenworthy J. Sustainability and cities: overcoming automobile dependence. Washington (DC): Island Press; 1999.
104. EMEP/EEA. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016: technical guidance to prepare national emission inventories. Copenhagen: European Environment Agency; 2016.

105. UK new car market starts 2016 on a high with best January in 11 years. London: Society of Motor Manufacturers and Traders; 2016 (<http://www.smm.co.uk/2016/02/uk-new-car-market-starts-2016-on-a-high-with-best-january-in-11-years>, consulté le 29 novembre 2017).
106. Transport statistics Great Britain: 2015 edition. London: Department for Transport; 2015.
107. Odeh N, Hill N, Forster D. Current and future lifecycle emissions of key «low carbon» technologies and alternatives, final report. Harwell: Ricardo AEA for the Committee on Climate Change; 2013.
108. JEC well-to-wheels analysis. Brussels: JEC – Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration; 2014 ([http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report\\_2014/wtt\\_report\\_v4a.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report_2014/wtt_report_v4a.pdf), consulté le 29 novembre 2017).
109. Electricity-specific emission factors for grid electricity. London: Ecometrica; 2011.
110. EC DG Climate Action, transport database TRACCS (Transport data collection supporting the quantitative analysis of measures relating to transport and climate change). Brussels: Emisia, Infras and IVL for the European Commission; 2013.
111. National Travel Survey [website]. London: Government of the United Kingdom (<https://www.gov.uk/government/collections/national-travel-survey-statistics>, consulté le 29 novembre 2017).
112. Onderzoek Verplaatsingen in Nederland (OVIN) (2013–2014) [National travel survey in the Netherlands (OVIN) (2013–2014)]. The Hague: Central Bureau of Statistics; 2016.
113. European detailed mortality database [online database]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017 (<http://data.euro.who.int/dmdb>, consulté le 29 novembre 2017).
114. ITF. Adapting transport policy to climate change: carbon valuation, risk and uncertainty. Paris: OECD Publishing; 2015.
115. Smith S, Braathen NA. Monetary carbon values in policy appraisal. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2015 (<http://www.oecd-ilibrary.org/content/workingpaper/5jrs8st3ngvh-en>, consulté le 29 novembre 2017).
116. Average speed and delay on local “A” roads. London: Department for Transport; 2017.
117. Free flow vehicle speeds in Great Britain: 2015 [website]. London: Department for Transport (<https://www.gov.uk/government/statistics/free-flow-vehicle-speeds-in-great-britain-2015>, consulté le 29 novembre 2017).
118. Average speed in Europe’s 15 most congested cities in 2008 (in kilometers per hour). New York: Statista; 2008 (<https://www.statista.com/statistics/264703/average-speed-in-europes-15-most-congested-cities>).
119. Johnson T. A guide to selected algorithms, distributions, and databases used in exposure models developed by the office of air quality planning and standards. Washington (DC): United States Environmental Protection Agency; 2002.
120. De Nazelle A, Rodríguez DA, Crawford-Brown D. The built environment and health: impacts of pedestrian-friendly designs on air pollution exposure. *Sci Total Environ.* 2009;407:2525–35.



121. Transport statistics Great Britain. London: Department for Transport; 2016.
122. Leuenberger M, Frischknecht R. Life cycle assessment of two wheel vehicles. Uster: ESU-services; 2010.
123. Del Duce A. Life cycle assessment of conventional and electric bicycles. Eurobike, Friedrichshafen, Germany, 31 August–3 September 2011.
124. Ricardo AEA. Current and future life-cycle emissions of key «low-carbon» technologies and alternatives. Harwell: Committee on Climate Change; 2013.
125. National travel survey: the way we travel. London: Department for Transport; 2015.
126. Mortality risk valuation in environment, health, and transport policies. Paris: OECD; 2012.
127. World Bank search [online database]. Washington (DC): World Bank Group; 2017 (<http://search.worldbank.org/data>, consulté le 29 novembre 2017).
128. Moore FC, Diaz DB. Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy. *Nat Clim Change*. 2015;5:127–31.
129. Nordhaus WD. Revisiting the social cost of carbon. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114:1518–23.
130. Anthoff D, Tol RSJ. The uncertainty about the social cost of carbon: a decomposition analysis using FUND. *Clim Change*. 2013;117:515–30.
131. Weisbach D, Moyer E. Discounting in integrated assessment. Washington (DC): Resources for the Future; 2010.
132. Tol RSJ. The social cost of carbon: trends, outliers and catastrophes. *Economics E-Journal*. 2008;2: 2008–25.



Bureau régional de l'OMS pour l'Europe

L'Organisation mondiale de la santé (OMS), créée en 1948, est une institution spécialisée des Nations Unies à qui incombe, sur le plan international, la responsabilité principale en matière de questions sanitaires et de santé publique. Le Bureau régional de l'Europe est l'un des six bureaux régionaux de l'OMS répartis dans le monde. Chacun d'entre eux a son programme propre, dont l'orientation dépend des problèmes de santé particuliers des pays qu'il dessert.

#### États membres

Albanie  
Allemagne  
Andorre  
Arménie  
Autriche  
Azerbaïdjan  
Biélorus  
Belgique  
Bosnie-Herzégovine  
Bulgarie  
Chypre  
Croatie  
Danemark  
Espagne  
Estonie  
Ex-République yougoslave  
de Macédoine  
Fédération de Russie  
Finlande  
France  
Géorgie  
Grèce  
Hongrie  
Irlande  
Islande  
Israël  
Italie  
Kazakhstan  
Kirghizistan  
Lettonie  
Lituanie  
Luxembourg  
Malte  
Monaco  
Monténégro  
Norvège  
Ouzbékistan  
Pays-Bas  
Pologne  
Portugal  
République de Moldova  
Roumanie  
Royaume-Uni  
Saint-Marin  
Serbie  
Slovaquie  
Slovénie  
Suède  
Suisse  
Tadjikistan  
Tchéquie  
Turkménistan  
Turquie  
Ukraine

ISBN 9789289052962



**Organisation mondiale de la santé**  
**Bureau régional de l'Europe**

UN City, Marmorvej 51, DK-2100 Copenhague Ø, Danemark  
Tél : +45 45 33 70 00 Fax : +45 45 33 70 01  
Courriel : eucontact@who.int Site web : www.euro.who.int