

**Faculté des sciences économiques,
sociales, politiques et de communication
École des sciences politiques et sociales (PSAD)**

Changement climatique et santé en Belgique

Projections 2100

Auteur : Astrid DUBOIS
Promoteur(s) : Bruno MASQUELIER
Lecteur(s) : Anais Camille AUGE
Année académique 2023-2024
Master en Sciences de la Population et du Développement

« Je déclare sur l'honneur que ce mémoire a été écrit de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (idées, phrases, graphes, cartes, tableaux,...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Je déclare avoir pris connaissance et adhérer au Code de déontologie pour les étudiant(e)s en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses et savoir que le plagiat constitue une faute grave. »

Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études, marquant l'accomplissement des trois années au sein du Master de Sciences de la Population et du Développement.

Tout d'abord, je souhaite remercier Anne et Franck Dubois qui m'accompagnent et me soutiennent chaque jour dans la réalisation de mon projet professionnel. « Tout est possible à qui rêve, ose, travaille et n'abandonne jamais » (Xavier Dolan). Merci de m'aider à croire en moi, à voir grand, à me pousser à me dépasser et à saisir les opportunités qui me sont offertes.

Je tiens également à remercier Louis et Elise Dubois, Hortense Dubois, Blanche Dubois, Baudouin Dubois, et Nicolas Sarafidis, pour tout le soutien et les encouragements apportés au long de l'écriture de ce travail de recherche. Merci à tous les membres de ma famille pour leur présence bienveillante, essentielle dans la concrétisation de ce projet.

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude envers mon promoteur de mémoire, monsieur Bruno Masquelier pour sa disponibilité, ses conseils et son expertise, qui m'ont permis d'enrichir mon travail et d'approfondir ma réflexion.

Enfin, je remercie madame Anaïs Camille Auge pour son temps, et l'attention qu'elle portera à la lecture de mon mémoire.

Table des matières

Remerciements	3
Table des matières	4
Acronymes	7
Introduction	8
Partie 1 : Aperçu global du réchauffement climatique	11
I. Définitions et mécanismes du réchauffement climatique	11
1. Causes du changement climatique	11
2. Conséquences du réchauffement climatique	14
II. Projections climatiques globales	16
1. Representative Concentration Pathways (RCPs)	16
2. Shared Socioeconomic Pathways (SSP)	17
3. Scénarios Combinés	20
III. Impacts globaux du changement climatique sur la santé.	21
1. Déterminants des risques sur la santé	21
2. Conséquences directes du changement climatique sur la santé	23
3. Conséquences indirectes du changement climatique sur la santé	24
Partie 2 : Le climat et la santé actuelle en Belgique	26
I. Etat actuel du climat en Belgique	26
1. Variation des températures	26
2. Variation des précipitations	28
3. Qualité de l'air	29

4. Impacts sur la biodiversité belge	31
II. Etat des lieux actuels sur la santé en Belgique	32
1. Mortalité liée à la chaleur	32
2. Pathologies cardio-vasculaires	33
3. Pathologies respiratoires et allergiques	36
4. Pathologies vectorielles	40
5. Pathologies dermatologiques	41
6. Santé mentale	42
Partie 3 : Impact des projections climatiques sur la santé de la population belge en 2100	43
I. Projections climatiques : horizon 2100 en Belgique	43
1. Scénario climatique : SSP1-RCP2.6	43
2. Scénario climatique : SSP2-RCP4.5	46
3. Scénario climatique : SSP5-RCP8.5	48
II. Santé de la population belge : horizon 2100	51
1. Mortalité liée à la chaleur	51
2. Pathologies cardiovasculaires	53
3. Pathologies respiratoires et allergiques	54
4. Pathologies vectorielles	57
5. Pathologies dermatologiques	58
6. Santé mentale	59
7. Sécurité alimentaire et hydrique	60

Partie 4 : Stratégies d'adaptation et atténuation pour réduire les risques sanitaires	61
I. Collaboration internationale	61
II. Politiques européennes	62
III. Politiques et mesures actuelles en Belgique	64
Conclusion	66
Bibliographie	69
Annexes	83

Acronymes

CO₂ : Dioxyde de carbone

COVNM : Composés méthaniques non-volatiles

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

IRM : Institut Royal Météorologique

NH₃ : Ammoniaque

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

NO_x : Oxyde d'azote

O₂ : Dioxygène

O₃ : Ozone troposphérique

PM_{2.5} : Particule fine 2.5mm

SO_x : Oxyde de soufre

SROCC : Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans un contexte de changement climatique

SSP : Shared Socioeconomic Pathways

RCP : Representative Concentration Pathways

Introduction

« Le changement climatique rend des millions de personnes malades ou plus vulnérables aux maladies dans le monde entier » dénonce le directeur général de l'Organisation Mondiale de la Santé, le docteur Ghebreyesus (OMS, 2022). La hausse des températures, l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'air, l'intensification des pluies et des tempêtes ou encore la montée des eaux influent sur la santé des populations d'après l'OMS, et sont responsables d'au minimum 150 000 décès par an actuellement dans le monde. D'après l'étude empirique menée par Vicedo-Cabrera et al. (2021), on peut attribuer 37 % des décès liés à la chaleur, comme étant directement causés par le réchauffement climatique, notamment par la croissance des épisodes de canicule. Ces décès sont également corrélés avec certains facteurs de fragilité : l'âge ou encore le lieu d'habitation (zone rurale ou urbaine, territoire géographique), mais aussi l'existence d'autres pathologies chroniques. Ce nombre devrait augmenter d'ici 2030 (OMS, 2022). Le changement climatique influe directement sur la santé des écosystèmes et la biodiversité (déforestation, destruction et modification de l'habitat des animaux, extinction d'espèces animales et végétales, sécheresses, appauvrissement des sols, tempêtes tropicales, ...) (Morand & Lajaunie, 2018).

Le changement climatique représente l'un des plus grands enjeux du XXI^e siècle. Il est au cœur des débats et notamment ceux de santé publique. Source d'inquiétude, il est important d'en comprendre l'étendue actuelle pour saisir l'ampleur du phénomène futur, les conséquences sur la biodiversité et les répercussions qui en découlent sur la santé des populations.

Actuellement, les professionnels de santé ont connaissance que le dérèglement climatique a des impacts sur la santé : sur la santé pulmonaire, cutanée, cardio-vasculaire... Et sur la santé globale en général. En parallèle, des organisations comme le GIEC, ont publié des projections jusqu'en 2100 en établissant des scénarios potentiels de l'évolution climatique. L'objectif de la recherche est de comprendre comment pourrait être impactée la santé belge en 2100 selon les différents scénarios.

Définissons au préalable les principaux mots clé de cette étude. Le réchauffement climatique est défini par les Nations Unies comme étant « les variations à long terme de la température et des modèles météorologiques. Il peut s'agir de variations naturelles, dues par exemple à celles du cycle solaire. Cependant, depuis les années 1800, les activités humaines constituent la cause principale des changements climatiques, essentiellement en raison de la combustion de combustibles fossiles

comme le charbon, le pétrole et le gaz. La combustion de combustibles fossiles génère des émissions de gaz à effet de serre qui agissent comme une couverture autour de la Terre, emprisonnant la chaleur du soleil et entraînant une hausse des températures » (Nations Unies, 2022). On note également, que l'origine du changement climatique est corrélée à l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (essence, charbon pour chauffer, déforestation qui empêche l'absorption d'une quantité importante de CO₂ pour la transformer en O₂) et du méthane (décharge, élevage animal intensif). Certains secteurs sont davantage émetteurs, à savoir : le secteur énergétique, industriel, le secteur du transport, du bâtiment, mais également l'agriculture et l'élevage (Nations Unies, 2022). Le secteur énergétique représente par exemple en 2020, à l'échelle mondiale, une émission de 15,18 milliards de tonnes de CO₂, le secteur du transport est responsable de l'émission de 7,29 milliards de tonnes de CO₂, la construction de 6,22 milliards et enfin le secteur agricole de 5,87 milliards de tonnes de CO₂ (Ritchie, Rosado & Roser, 2020).

Nous pouvons également rappeler la définition de la santé décrite par l'OMS comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (OMS, 1946).

Enfin, nous nous intéressons, dans cette recherche, aux projections climatiques. Les auteurs Aboukrat et Lepousez (2022), les définissent comme une estimation quantitative de l'évolution du climat futur, en réponse à des changements prévus dans les concentrations de gaz à effet de serre et d'autres facteurs influençant le climat, basée sur l'utilisation de modèles climatiques. Les modèles climatiques sont définis comme « des représentations numériques de la planète et des interactions entre ses différents réservoirs qui modulent le climat (l'atmosphère, les océans, et les surfaces continentales) » (Aboukrat & Lepousez, 2022). Ces projections permettent de fournir des informations sur les variations de température, les précipitations, la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes. Elles sont souvent représentées sous forme de scénarios. Ceux-ci permettent de représenter plusieurs futurs possibles et d'estimer les risques et impacts du changement climatique sur les écosystèmes et les populations humaines (Aboukrat & Lepousez, 2022).

Pour élaborer cette recherche, nous avons centré nos recherches sur la littérature scientifique à partir des bases de données telles que Pubmed, Cairn, Google Scholar ou encore ScienceDirect, mais

également à l'aide de rapports officiels internationaux (ceux du GIEC par exemple). La recherche a débuté en nous documentant sur le sujet, au préalable à partir des différents mots-clés du sujet, de manière globale : changement climatique, santé, projections 2100. À partir des informations obtenues, nous avons pu affiner nos recherches en réduisant l'échelle d'étude, l'Europe, puis la Belgique ou des pays mitoyens. Avec l'obtention de données générales sur les conséquences sanitaires du réchauffement climatique, nous avons également pu préciser notre champ de recherche selon plusieurs pathologies, une par une. Nous avons répertorié chaque article dans un tableau comprenant : les noms des auteurs, la date de publication, le lieu de la publication, le titre, et les idées principales de chaque article, afin de pouvoir trier les différentes données et les utiliser en allant du plus général au plus spécifique.

La recherche suivante s'articule en quatre parties. La première donne un aperçu général du réchauffement climatique et de ses principaux impacts sur la santé. La deuxième partie fait un état des lieux du climat actuel et de la santé en Belgique. La troisième partie s'intéresse aux impacts des projections climatiques sur la santé de la population belge en 2100. Enfin, cette étude s'achèvera par une partie consacrée aux stratégies d'adaptation et d'atténuation du changement climatique qui participeront à la réduction des risques sanitaires en Belgique.

Partie 1 : Aperçu global du réchauffement climatique

I. Définitions et mécanismes du réchauffement climatique

1. Causes du changement climatique

Au cours des temps géologiques, des séries d'événements ont façonné la biodiversité, dont plusieurs extinctions massives. Grâce à l'analyse de sédiments, de grains de pollen, d'isotopes, les géologues décrivent une alternance des climats au cours du temps, traduites par des périodes glaciaires et des périodes de réchauffement sur terre. Par exemple, il y a 100 millions d'années, lors du Crétacé, le climat était plus chaud d'environ 6 degrés, le niveau de la mer était supérieur à 300-400 mètres qu'actuellement, inondant de nombreuses terres aujourd'hui émergées (Joussaume, 2000). L'annexe 1 décrit l'estimation de la température globale de la Terre au cours des âges, en la comparant avec la température actuelle de la Terre, exposant ainsi les périodes plus chaudes et plus froides. L'une des plus célèbres extinction de masse est celle du Permien Trias (il y a 225 millions d'années), dans laquelle près de 96 % des espèces marines et environ 70 % des espèces terrestres disparaissent. Les causes de cette extinction massive incluent notamment une activité volcanique intense, ayant libéré de fortes quantités de gaz à effet de serre, engendrant un fort réchauffement (illustré sur l'annexe 1) et des changements environnementaux drastiques (Joussaume, 2000).

Ainsi, au cours du temps, les réchauffements et refroidissements terrestres sont liés à des causes naturelles telles que des éruptions volcaniques massives, des impacts d'astéroïdes, des variations climatiques, et donc des variations du niveau de la mer (avec des modifications de la concentration du dioxyde de carbone dans l'air et dans l'eau) (Avisseau & al, 2020).

Le réchauffement du climat peut avoir deux causes : d'une part, les causes naturelles (volcanisme ou les activités solaires par exemple) ou d'autre part, les causes anthropiques (liées aux activités humaines). En ce sens, la modification du climat que nous vivons de nos jours, diffère fortement des modifications climatiques des ères géologiques connues précédemment : le CO₂ lié aux activités humaines est actuellement une cause majeure du réchauffement depuis 1850. En effet, le CO₂ étant un gaz à effet de serre, la hausse de sa concentration dans l'air provoque une augmentation de la température sur Terre (Avisseau & al, 2020).

Sur le plan historique européen, le XIX^e siècle est marqué par la révolution industrielle, introduisant une ère de progrès technologique et de croissance économique. Depuis 1850, nous observons un réchauffement d'environ 1 degré Celsius, ayant d'ores et déjà des conséquences sur la météorologie et sur les écosystèmes (Annexe 2). On observe qu'au cours de la même période, la proportion de dioxyde de carbone dans l'atmosphère croît fortement, passant d'environ 290 parties par millions en 1850 à près de 405 parties par millions actuellement, visible sur l'annexe 3. Grâce à ce même graphique, nous observons que l'augmentation de CO₂ atmosphérique démarre à partir de 1800 (Avisseau & al, 2020).

La révolution industrielle a participé massivement à l'augmentation de la production de gaz à effets de serre par différents biais.

Tout d'abord, la croissance de la combustion fossile (pétrole, le charbon ou encore le gaz naturel), avec une croissance encore plus rapide à partir des années 1960, est corrélée à une hausse de CO₂ atmosphérique et à la croissance de consommation d'énergie mondiale (Annexe 4). En effet, les méthodes de production énergétique ont été radicalement transformées, passant d'une dépendance exclusive aux ressources renouvelables (eau ou bois) à la combustion et la diversification des sources d'énergie. Au cours de la révolution industrielle, le charbon est devenu la principale source d'énergie pour alimenter les machines à vapeur (usines et transports). Par la suite, c'est l'utilisation massive du pétrole, utilisé pour le chauffage, la production électrique ou encore le transport qui a accéléré la production de gaz à effet de serre (Avisseau & al, 2020).

Ensuite, un autre facteur participant au phénomène relève de la modification de l'utilisation des terres. La croissance de la demande en matières premières a conduit à une déforestation conséquente, pour l'expansion des terres agricoles, la construction de nouvelles infrastructures et l'extraction de ressources. Or, d'une part, les forêts contribuent à l'absorption du CO₂ pour le transformer sous forme de O₂, et d'autre part, elle participe à l'absorption des eaux. De même, au cours des années, l'industrialisation avec l'utilisation généralisée de pesticides et la mécanisation de l'agriculture (combustion fossile) vont contribuer à dégrader les sols, l'eau et la biodiversité (Avisseau & al, 2020).

De même, la période de la révolution industrielle amorce une croissance démographique mondiale. Les avancées technologiques, l'innovation dans le domaine médical, l'amélioration des conditions de vie et l'augmentation de la production agricole, ont participé à augmenter l'espérance de vie et à diminuer la mortalité (infantile notamment) (Pison, 2022). D'après Pison (2022), la croissance démographique entre 1700 et 1800 se situe autour de 0,3 %. Cependant, à partir de 1800, on observe un changement de la tendance progressive vers la hausse, puis une nette augmentation à partir de 1900. La population mondiale était d'environ 1 milliard d'individus en 1800. Le nombre d'individus sur Terre a mis 127 ans pour doubler. Or, elle n'a mis que 33 ans pour atteindre 3 milliards d'individus en 1960, puis 14 ans pour atteindre 4 milliards en 1974. La population mondiale atteint les 8 milliards en 2022. On observe tout de même un ralentissement du taux de croissance à partir des années 1970 (Pison, 2022).

La révolution industrielle a modifié les écosystèmes à l'échelle mondiale, perturbant les cycles naturels, ayant des répercussions systémiques, tels que la régulation du climat. Le passage d'une économie agraire à une société industrielle et la nouvelle configuration des zones urbaines ont favorisé la naissance d'un système économique régi par les lois du marché : le capitalisme (Koch, 2011). Dans ce système, les moyens de production sont détenus par des entreprises privées. La liberté d'entreprendre a permis à des entrepreneurs d'investir dans de nouvelles industries et technologies, en ayant recours à de la main d'œuvre bon marché dans l'objectif de maximiser les profits. Ce modèle, mondialisé de production et de consommation, a particulièrement influencé le changement climatique actuel. En effet, la production, le transport et la distribution des biens de consommation nécessitent une importante quantité d'énergie, augmentant considérablement les émissions de gaz à effet de serre. De plus, ce modèle de consommation est caractérisé par la production et la consommation d'articles rapidement obsolètes, incitant les consommateurs à acheter davantage, plus régulièrement de nouveaux produits, et entraînant une surproduction des biens et une surconsommation de ressources naturelles. Ce phénomène crée une pression sur l'environnement et participe à sa dégradation (production de nombreux déchets). Pour répondre à la demande croissante de matières premières nécessaires à la production de masse, les activités extractives et la déforestation sont intensifiées. Ainsi, les écosystèmes se détériorent, la biodiversité diminue et la libération de CO₂, stocké dans la biomasse, est favorisée (IPCC, 2014) (Koch, 2011).

Enfin, les méthodes d'agriculture et d'élevage ont également été modifiées, se basant également sur de la production et de la consommation de masse. Aujourd'hui intensifs, l'agriculture et l'élevage sont responsables d'importantes émissions de méthane dans l'air. Selon l'Agence Internationale de l'énergie (AIE), le secteur agricole est le principal émetteur de méthane et est responsable en 2022, de l'émission de 142 millions de tonnes. Parallèlement, les nombreux engrais utilisés sont source de protoxyde d'azote, également un gaz ayant des propriétés à effet de serre (IEA, 2023).

2. Conséquences du réchauffement climatique

Le changement climatique est à l'origine de plusieurs phénomènes directs et indirects, impactant les humains, les animaux et les écosystèmes.

Tout d'abord, concentrons-nous sur les impacts directs. Comme expliqué précédemment, les activités humaines libèrent des gaz à effet de serre (CO₂, méthane, protoxyde d'azote) qui s'accumulent dans l'atmosphère et piègent la chaleur du soleil, provoquant le réchauffement. En effet, les différents gaz à effets de serre absorbent une partie supplémentaire du rayonnement infrarouge renvoyé de la surface de la Terre. Ceux-ci piègent cette chaleur dans l'atmosphère au lieu de la laisser s'échapper vers l'extérieur de la planète, participant au réchauffement des températures. Ainsi, la première conséquence est la hausse des températures. Les régions arides deviennent encore plus sèches, augmentant le risque de sécheresses et de feux de forêt. De même, les vagues de chaleur deviennent de plus en plus fréquentes et plus intenses, aggravent la pollution de l'air, perturbent les cycles saisonniers déstabilisant les écosystèmes et diminuent la biodiversité (ONU, 2023) (Avisseau & al., 2020).

La hausse des températures accélère la fonte des glaces, contribuant à l'élévation du niveau des mers, qui représente une deuxième conséquence du réchauffement climatique. Les glaciers libèrent de l'eau douce dans les océans et ceux-ci absorbent la chaleur, provoquant également un réchauffement des océans (ONU, 2023) (Avisseau & al., 2020). Les océans ont également un rôle conséquent dans la capture du CO₂. D'après le CNRS (2021), ils absorbent près de 30 % des émissions anthropiques. En revanche, cela participe également au réchauffement des océans, au blanchiment des coraux et à la perturbation de l'écosystème marin.

Troisièmement, le réchauffement climatique perturbe les schémas climatiques naturels. Les températures plus chaudes entraînent une accélération du cycle d'évaporation de l'eau des océans, ce qui augmente la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Ainsi, la proportion de phénomènes météorologiques augmente, tels que des précipitations et des tempêtes plus intenses, ainsi que des périodes de sécheresse plus longues et des vagues de chaleurs plus fréquentes (ONU, 2023) (Avisseau & al., 2020).

Poursuivons par les impacts indirects engendrés par le changement climatique. Dans un premier temps, il entraîne des perturbations sur les écosystèmes naturels, sur la biodiversité, traduits par une modification des habitats, des déplacements ou l'extinction d'espèces. Pour les populations humaines, les modifications climatiques sont un facteur migratoire (Avisseau & al., 2020). D'après la Banque Mondiale, en 2050, « l'Afrique subsaharienne pourrait enregistrer jusqu'à 86 millions de migrants climatiques internes ; l'Asie de l'Est et Pacifique, 49 millions ; l'Asie du Sud, 40 millions ; l'Afrique du Nord, 19 millions ; l'Amérique latine, 17 millions ; et l'Europe de l'Est et Asie centrale, 5 millions » (Banque Mondiale, 2021).

Dans un second temps, les variations des précipitations, des températures, et des phénomènes météorologiques extrêmes affectent les productions agricoles et la qualité des eaux. Les cultures sont notamment menacées par les vagues de sécheresse, les inondations, les tempêtes ou encore les maladies. La sécurité alimentaire et la sécurité hydrique sont donc menacées, et peuvent par conséquent être à l'origine de tensions et de conflits. En effet, ce changement peut aggraver les tensions sociales, économiques ou encore politiques, en exacerbant les problèmes liés aux ressources naturelles, à la migration forcée et aux inégalités socio-économiques. Cela peut être utilisé comme arme diplomatique (ONU, 2023). Par exemple, le Nil est une source d'eau pour l'Éthiopie, le Soudan et l'Égypte. L'Éthiopie serait tout à fait en mesure de couper l'eau aux deux pays situés en aval du fleuve (Gascon, 2015). Par conséquent, l'insécurité hydrique et alimentaire, peut être à l'origine de conflits, et de crises humanitaires pour les populations locales.

II. Projections climatiques globales

1. Representative Concentration Pathways (RCPs)

Les projections climatiques globales reposent sur des modèles cherchant à simuler les relations et interactions entre l'atmosphère, les océans, la surface terrestre et la surface glaciaire. Le Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évaluation du climat (GIEC) a mis au point un outil permettant d'évaluer les impacts potentiels du réchauffement climatique selon la concentration future de gaz à effet de serre, sur base de différents niveaux d'efforts de réduction des émissions. Appelés Représentative Concentration Pathways (RCPs), ils exposent différentes trajectoires possibles, allant du RCP1.9 qui suppose des efforts significatifs pour réduire les émissions, au RCP8.5, qui envisage une augmentation continue des émissions (IPCC, 2014) (IPCC, 2018). Ainsi, les projections basées sur ces scénarios indiquent des tendances de réchauffement global, avec une augmentation potentielle de la température moyenne mondiale de 1 °C à 3,7 °C en 2100 (IPCC, 2014).

Le GIEC identifie notamment cinq scénarios principaux :

- Le scénario RCP 1.9 est le plus récent et a été introduit pour explorer les trajectoires les plus optimistes en termes de réduction de gaz à effets de serre, s'alignant avec les objectifs décrits par les Accords de Paris. Il vise à limiter le réchauffement planétaire global à 1,5 °C (IPCC, 2018). Notifions ici que les dernières données indiquent qu'entre juillet 2023 et juin 2024, la Terre a été plus chaude de 1,64 °C au cours de ces 12 mois. Par conséquent le seuil de 1,5 °C aurait déjà été dépassé (Niranja, 2024).
- Le scénario RCP2.6 envisage une réduction des gaz à effets de serre significative, permettant de limiter initialement le réchauffement global entre 0,3 °C et 1,7 °C en 2100. Dans celui-ci, la montée du niveau de la mer se limite à une moyenne de 0,4 m pour 2100 (Annexe 5) (IPCC, 2014). En 2023, ce scénario viserait à conserver l'augmentation de température en deçà de 2 °C. En effet, le GIEC a constaté que la moyenne de température mondiale a d'ores et déjà augmenté de 1,1 °C en 2020, depuis les années 1850-1900 (IPCC, 2023). Dans le Rapport sur les Océans et la Cryosphère dans le changement climatique

(SROCC) (2019), la hausse du niveau de la mer reste similaire au scénario établi en 2014, autour de 0,43 cm (Annexe 5) (IPCC, 2019).

- Le scénario RCP4.5 démontre une certaine stabilisation des émissions, atteignant un pic dans les années 2040 avant de diminuer sur le long terme. Dans ce scénario, en 2014, le GIEC projette une augmentation de température entre 1,1 °C et 2,6 °C en 2100, et une augmentation moyenne du niveau de la mer avoisinant les 0,47 m (IPCC, 2014). Lors de la publication du rapport de 2023, ce scénario, décrit par le GIEC, vise à limiter le réchauffement en dessous de 3 °C (Annexe 6) (IPCC, 2023).
- Le scénario RCP6.0 envisage une poursuite continue de l'augmentation des émissions jusqu'en 2050, avant une stabilisation. En 2014, le RCP6.0 vise une hausse de la température comprise entre 1,4 °C et 3,1 °C en 2100 et une augmentation du niveau de la mer entre 0,33 m et 0,63 m (IPCC, 2014).
- Le scénario RCP8.5 correspond à celui des hautes émissions, dans lequel les émissions continuent de croître jusqu'en 2100, ayant pour conséquence notamment une hausse de la température mondiale moyenne de plus de 4 °C d'ici 2100. En 2014, le GIEC projette une température supérieure comprise entre 2,6 °C et 4,8 °C, ainsi qu'une hausse du niveau de la mer entre 0,45 m et 0,82 m (IPCC, 2014). En 2100, ce scénario devrait excéder le réchauffement de 4 °C (Annexe 6) (IPCC, 2023). Sur le plan de l'élévation du niveau de la mer, le SROCC de 2019 explicite une hausse qui avoisinerait plutôt les 84 cm, valeur supérieure à ce qui était projetée en 2014 (Annexe 5) (IPCC, 2019).

2. Shared Socioeconomic Pathways (SSP)

Les Shared Socio-economic Pathways (SSP) ont été développés pour compléter les RCP, et tenter de fidéliser au maximum les projections climatiques à la réalité. En effet, ceux-ci permettent de tenir compte des relations existantes entre les facteurs socio-économiques et les trajectoires des émissions de gaz à effet de serre, dans l'objectif de modéliser les impacts climatiques. Ce modèle tient compte de ce qui est potentiellement mis en place par la société pour s'adapter (inclus les moyens techniques, économiques, sociaux et institutionnels pour faire face aux impacts du

changement climatique) ou atténuer le changement climatique (capacité de la société à réduire les émissions de gaz à effets de serre) (O'Neill & al, 2017). Les différentes dynamiques socio-économiques pouvant influencer les émissions sont développées par les chercheurs de la communauté internationale et décrites notamment par O'Neill et al. (2017), selon cinq catégories distinctes (Figure 1/ Annexe 8):



Figure 1 : Trajectoires SSP, O'Neill, 2017.

- SSP1 : « Sustainability - Taking the Green Road » : ce premier SSP s'axe sur une transition durable généralisée, mais progressive, caractérisée par une croissance économique modérée, une diminution importante des inégalités, le développement des énergies renouvelables ou encore la transition démographique. Il suppose une coopération internationale visant une gestion responsable des ressources naturelles et la mise en place de politiques de durabilité, de technologie verte et un mode de consommation responsable. Dans ce SSP, l'objectif n'est plus la croissance économique, mais le bien-être humain et l'amélioration des institutions, impliquant de faibles défis en matière d'adaptation (O'Neill & al, 2017).
- SSP2 : « Middle of the Road » : ce scénario est intermédiaire, et représente une continuité des tendances historiques et actuelles. Dans celui-ci, les tendances socio-économiques se poursuivent sans changements. Les croissances économiques et démographiques se poursuivent de manière inégale dans le monde, de même que les progrès technologiques. Des politiques environnementales sont mises en place, mais ne sont ni harmonisées, ni uniformisées. Elles permettent une évolution lente vers les objectifs de développement

durable. Cette tendance place le monde face à des défis modérés sur les plans de l'atténuation et de l'adaptation (O'Neill & al, 2017).

- SSP3 : « Regional Rivalry - A Rocky Road » : dans ce SSP, les rivalités inter-régionales s'intensifient, menant notamment à des conflits. De ce fait, la coopération internationale est limitée, et les quelques politiques élaborées en faveur de l'environnement et de la préservation du climat sont désorganisées et hétérogènes (Riahi et al., 2017). Les ressources naturelles sont sous tension et les Etats sont dépendants aux énergies fossiles. Par conséquent, la gestion des ressources naturelles est inefficace. Le SSP3 est notamment caractérisé par une croissance démographique importante, une nationalisation des Etats (primauté de la souveraineté nationale), accentuant donc les inégalités sociales. Le développement économique ainsi que le progrès technologique sont lents et la consommation est importante. Le développement humain est limité, les institutions sont inefficaces, impliquant des défis conséquents en termes d'adaptation pour de nombreux groupes d'individus dans toutes les régions du monde (O'Neill & al, 2017).
- SSP4 : « Inequality - A Road Divided » : ce scénario est caractérisé par une croissance économique modérée dans les pays industrialisés et plus lente dans les pays à bas revenus, mais surtout par de fortes inégalités socio-économiques, avec une société fragmentée en deux catégories. D'une part, se trouve une élite qui jouit des nouvelles technologies, des ressources, des pouvoirs politiques et des opportunités économiques (O'Neill & al, 2017). D'autre part, le reste de la population subit de fortes contraintes économiques et environnementales (Calvin et al., 2017). Des politiques environnementales sont tout de même établies, mais produites par et pour les élites, limitant leur efficacité et leur globalisation. En raison des disparités dans l'accès aux ressources et aux technologies, ce scénario représente des défis significatifs en termes d'adaptation et d'atténuation (O'Neill & al, 2017).
- SSP5 : « Fossil-fueled Development - Taking the Highway » : enfin, le SSP5 décrit un développement rapide, essentiellement basé sur les combustibles fossiles. La croissance économique est rapide, dans un marché concurrentiel et ouvert, favorisant le développement des pays en développement, l'amélioration des institutions et la participation de tous les groupes sociaux. S'appuyant sur la réalisation des objectifs de développement humain et une

forte croissance économique, les défis sont relativement faibles sur le plan de l'adaptation à tout changement climatique potentiel (O'Neill & al, 2017). Cependant, ce développement s'effectue au détriment des politiques environnementales, entraînant des défis importants sur le plan de l'atténuation (Kriegler et al., 2017).

Une recherche de Samir et Wolfgang (2017) étudie les scénarios démographiques jusqu'en 2100 selon les différents SSP et en se basant sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation. Ces trois variables sont clés pour évaluer la vulnérabilité et la capacité d'adaptation des populations. Les auteurs mettent en exergue des divergences significatives selon les scénarios. Par exemple, dans le SSP1, la croissance démographique devrait se stabiliser avant de décliner en 2050 grâce à l'éducation, l'investissement dans le secteur médical (faible mortalité) pour tous les pays. Sur le plan de la natalité, elle devrait stabiliser pour les pays de l'OCDE, et diminuer dans les autres (vieillissement de la population). Les auteurs supposent une population autour de 6,9 milliards et une mitigation moyenne face au changement climatique. En revanche, c'est dans le SSP3 que la croissance démographique est particulièrement forte et notamment dans les pays en développement. Cela est dû notamment au faible niveau d'éducation et à une mortalité élevée, tout deux pouvant être une conséquence de l'arrêt de la collaboration internationale. Dans ce scénario, la population totale atteint 12,6 milliards en 2100 (Samir & Wolfgang, 2017).

3. Scénarios Combinés

La mise en relation des RCP et des SSP permet de modéliser des scénarios climatiques en intégrant les dynamiques socio-économiques, politiques et les trajectoires d'émissions. Ils sont notamment utilisés pour développer des stratégies d'adaptation et d'atténuation.

Dans le 6^e rapport du GIEC (2023), les chercheurs ont mis en perspective les principaux RCP avec les SSP (Annexe 7) :

- SSP1-RCP2.6 : il représente un développement durable associé à des politiques climatiques ambitieuses permettant de limiter le réchauffement planétaire en dessous de 2 °C. Cette modélisation s'appuie sur la collaboration internationale pour mettre en place des mesures

d'atténuation via des politiques climatiques drastiques et une gestion durable des ressources (IPCC, 2023) (O'Neill & al, 2017).

- SSP2-RCP4.5 : celui-ci s'apparente à la poursuite des tendances actuelles et l'élaboration de politiques environnementales plutôt modérées (efforts d'atténuation lents), dans l'objectif de limiter le réchauffement à 3 °C (IPCC, 2023) (O'Neill & al, 2017).
- SSP5-RCP8.5 : cette dernière projection rassemble une société dans laquelle la croissance économique est rapide par le biais d'une utilisation massive des énergies fossiles, avec une émission de gaz à effet de serre incontrôlée. En conséquence, le réchauffement excéderait les 4 °C dans ce scénario (IPCC, 2023) (O'Neill & al, 2017).

III. Impacts globaux du changement climatique sur la santé.

1. Déterminants des risques sur la santé

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), différents facteurs influencent la vulnérabilité des êtres humains face aux conséquences du changement climatique sur le plan de la santé, appelés déterminants du risque.

Le premier déterminant identifié par l'OMS est le facteur de vulnérabilité. Il englobe les aspects démographiques, géographiques, les facteurs biologiques, le niveau socio-économique, ou encore socio-politique (OMS, 2023).

Sur le plan démographique, l'âge, le sexe et le genre jouent un rôle central. En effet, certaines tranches d'âge (jeunes enfants, et personnes âgées) et certains sexes (femmes enceintes) peuvent être davantage sensibles aux effets climatiques sur la santé. De même, la localisation géographique affecte la vulnérabilité. Par exemple, certaines régions possédant des côtes peuvent être plus sujettes aux inondations et aux tempêtes. Les facteurs biologiques, tels que les caractéristiques génétiques ou encore l'état de santé (présence ou absence de maladie chronique) peuvent influencer le

développement d'affections liées au climat. Sur le plan socio-économique, le niveau de pauvreté, le niveau d'accès aux ressources ou encore le degré d'entourage peuvent affecter la vulnérabilité. Enfin, la stabilité politique du pays peut affecter notamment la qualité et l'efficacité des réponses en cas d'aléas.

Le second déterminant décrit par l'OMS correspond au facteur d'exposition. Celui-ci tient compte de la présence effective des individus par rapport au risque (vivre proche d'un cours d'eau dans une zone sujette aux inondations), des forces médicales disponibles, de la présence et de la qualité des infrastructures (pour minimiser les impacts sanitaires), ainsi que des systèmes d'énergie, de santé des systèmes alimentaires et d'eau (OMS, 2023).

Le troisième est l'aléa climatique, qui fait référence aux événements naturels qui ont le potentiel de causer des dommages, des perturbations ou des pertes (vagues de sécheresses, tempêtes, inondations,...) (OMS, 2023).

Le GIEC ajoute à ces trois déterminants : le degré de réponse, c'est-à-dire la capacité de résilience de l'individu et du système de santé (IPCC, 2023).

Le rapport du National Research Council (NRC) datant de 1983 a élaboré un protocole en 4 étapes, visant à évaluer les risques sur la santé dans l'objectif d'améliorer la qualité de la réponse. Tout d'abord, il faut formuler le problème, avant d'identifier l'agent. Il faut dans cette étape déterminer les effets que peut causer l'agent sur la santé humaine, par le biais d'études épidémiologiques, toxicologiques ou encore de la littérature scientifique. Ensuite, il faut évaluer la relation dose-réponse, en quantifiant l'incidence des effets sur la santé. La quatrième étape vise à évaluer l'exposition (ampleur, fréquence et durée de l'exposition), pour finalement caractériser le risque (NRC, 1983).

Ces déterminants sont centraux dans la compréhension du phénomène de changement climatique. En effet, il est important de notifier que certaines populations sont davantage susceptibles d'être touchées par les impacts du réchauffement climatique.

2. Conséquences directes du changement climatique sur la santé

Premièrement le changement climatique a des conséquences directes sur la santé humaine. Elles résultent d'une exposition directe à l'aléa climatique.

En premier lieu, la confrontation à un événement climatique immédiat, tels que les tempêtes, ouragans, inondations ou incendies peuvent provoquer directement des blessures, des décès ou encore des déplacements massifs de population. Par exemple, d'après le rapport du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Weather Service (2006), aux Etats-Unis, 1 353 décès sont directement dus à l'ouragan Katrina du 23 au 31 août 2005, et 275 000 maisons ont été endommagées ou détruites, obligeant les populations à se déplacer (NOAA's National Weather Service, 2006). Certaines régions sont davantage soumises régulièrement aux aléas climatiques. À Madagascar par exemple, on comptabilise une moyenne de 7 cyclones par an (Données Mondiales, 2024).

En deuxième lieu, la proportion et l'intensification des vagues de chaleur sont un facteur de morbidité et sont associées à une augmentation de la mortalité. Elles peuvent entraîner une hausse des épisodes de déshydratation, ou encore une hausse de la proportion des maladies vasculaires (cardiovasculaires, accidents vasculaires cérébraux). Une étude statistique de Robine et al. datant de 2008 s'est par exemple intéressée à la canicule de l'été 2003, dans 15 pays européens. Ils ont remarqué une hausse de 70 000 décès supplémentaires par rapport à la période de référence 1998-2002 (Robine & al. 2008). De même, selon Santé Publique France, sur les périodes d'été de 2014-2022, en France « 33 000 décès sont attribuables à la chaleur » (Santé Publique France, 2023). D'après l'OMS « des travaux de recherche récents attribuent 37 % des décès liés à la chaleur, au changement climatique induit par l'Homme » (OMS, 2023).

Enfin, la hausse des températures, et la modification des rythmes des précipitations, associées à la pollution atmosphérique accroissent la concentration des particules fines, favorisent les pics d'ozone, dégradant la qualité de l'air. Dans son rapport « Ambient air pollution : a global assessment of exposure and burden of disease » (2016), l'OMS conclut qu'en 2012, la pollution de l'air est responsable de 3 millions de décès prématurés annuellement, affectant toutes les régions du

monde. Le changement climatique serait un facteur aggravant, et l'urbanisation également (OMS, 2016).

3. Conséquences indirectes du changement climatique sur la santé

Deuxièmement, le changement climatique impacte la santé en modifiant les systèmes naturels et sociaux, donnant lieu à des conséquences indirectes. Celles-ci peuvent interagir avec d'autres facteurs, et peuvent apparaître avec un certain délai après l'événement climatique initial.

Tout d'abord, le réchauffement favorise la propagation de maladies infectieuses telles que les zoonoses (borréliose de Lyme transmise par la tique) ou les maladies vectorielles (le paludisme, la dengue, transmise par le moustique). Rappelons qu'une zoonose se définit comme une « maladie ou une infection naturellement transmissible des animaux vertébrés à l'homme » (OMS, 2020), alors que la maladie vectorielle est une maladie humaine, transmise par l'intermédiaire d'un vecteur (le moustique pour le paludisme par exemple) d'un hôte à un autre (OMS, 2020). La modification des habitats des vecteurs influence leur distribution géographique et donc parfois les zones où les populations sont touchées par ces pathologies. Par exemple, l'étude sur la relation entre le climat et l'incidence de la dengue en Argentine, de Lopez et al. (2023), conclut que l'augmentation de l'incidence du virus de la dengue et son expansion semble être associée à l'augmentation des températures au cours des 20 dernières années en Argentine. De même, l'étude sur la dengue de l'European Center for disease prevention and control (ECDC) à la Réunion identifie que la dengue dans la partie Sud de l'UE était initialement importée par les voyageurs dans des zones réceptives. La poursuite de la transmission au sein de l'UE est permise ensuite grâce aux conditions environnementales favorables à l'activité du vecteur (le moustique) (ECDC, 2018).

De plus, le changement climatique impacte la production de pollen et sa distribution, augmentant les symptômes allergiques et les pathologies respiratoires chroniques (asthme). L'étude de D'Amato et al. (2020), rappelle le lien de cause à effet entre l'augmentation des niveaux de CO₂ dans l'atmosphère sur l'augmentation de la production de pollen mais également la modification de ses caractéristiques qui la rendent davantage allergène. Selon cette étude, l'incidence des maladies

allergiques aux pollens doit être attendue à moyen long terme en conséquence du changement climatique (D'Amato & al., 2020).

Parallèlement, les variations climatiques peuvent impacter la sécurité alimentaire, en affectant les productions agricoles, la disponibilité et les prix des produits. La santé est impactée par conséquent sur le plan nutritionnel (malnutrition, retards de croissance et pathologies digestives). Certaines communautés dépendantes des ressources naturelles, comme les sociétés dépendantes de l'agriculture, de la pêche ou de la foresterie, sont particulièrement sensibles aux variations climatiques.

De même, les événements météorologiques extrêmes (inondations par exemple) peuvent contaminer les systèmes d'eau potable, augmentant le risque de développer des maladies hydriques telles que les diarrhées (l'OMS estime qu'elles sont responsables chaque année de 505 000 décès), le paludisme ou encore le choléra (OMS, 2023). Il peut également affecter la disponibilité de l'eau potable et l'assainissement, lors des périodes de sécheresse et peut augmenter le risque de développer des maladies (OMS, 2023). Selon l'OMS, « en 2021, plus de deux milliards de personnes vivaient dans des pays en situation de stress hydrique » (UN-Water, 2021). Cet événement devrait s'accroître avec le réchauffement climatique.

Enfin, les questions climatiques exercent également une pression sur la santé mentale des individus. Les événements météorologiques, les catastrophes naturelles, et les déplacements forcés peuvent causer des troubles anxieux, ou encore des traumatismes. L'incertitude générée par le changement climatique peut participer au développement d'un stress chronique. Une enquête a été réalisée au Royaume-Uni pour étudier la prévalence et les conséquences psychosociales des inondations de 2007. Les chercheurs ont pu conclure que la prévalence des symptômes de détresse sur le plan de la santé mentale était largement supérieure chez les individus touchés par les inondations (Paranjothy, & al., 2011).

Partie 2 : Le climat et la santé actuelle en Belgique

I. Etat actuel du climat en Belgique

1. Variation des températures

- Tendances générales

Le Rapport Climatique de 2020, élaboré par l'Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM), fournit une analyse de l'évolution des températures au cours du temps, de 1833 à 2019. Les données montrent des fluctuations, mais la tendance va vers une nette augmentation des températures moyennes annuelles. En effet, si nous prenons le cas de Bruxelles (Uccle), ville dans laquelle la moyenne de référence est 9,8 °C (1961-1990), on peut observer que l'écart à la moyenne était d'environ -1 °C en 1933, pour près de +1,8 °C en 2019 (Annexe 9) (IRM, 2020). Depuis 1981, les observations décrivent un réchauffement moyen par décennie de +0,38 °C (IRM, 2020). On constate également une modification de l'inclinaison de la pente de la courbe de tendance à partir des années 1980, indiquant une augmentation un peu plus rapide des températures sur cette période (Annexe 9) (IRM, 2020). Ainsi, on remarque un passage d'une température moyenne annuelle de 7 °C à Uccle en 1979 à 12,2 °C en 2020-2022 (IRM, 2020).

D'après l'IRM (2020), la température moyenne annuelle de la Belgique a atteint environ 11,8 degrés en 2020.

- Variabilité saisonnière

Influencée par le changement climatique, la variabilité saisonnière des températures est sujette à des modifications.

Tout d'abord, intéressons-nous aux étés, et plus particulièrement aux épisodes de vagues de chaleur. L'IRM définit ses vagues comme étant « une période d'au moins cinq jours consécutifs au cours de laquelle les deux critères suivants sont vérifiés simultanément :

→ la température maximale atteint ou dépasse 25 °C chaque jour,

→ la température maximale atteint ou dépasse 30 °C au moins à trois reprises durant la période considérée » (IRM, 2020).

Ainsi, on peut constater sur le graphe en annexe 10, que les vagues de chaleur sont de plus en plus récurrentes à Uccle, au cours du temps et elles durent de plus en plus longtemps. L'IRM indique que tous les 10 ans, les vagues de chaleur durent 2 jours de plus (IRM, 2020).

De même, grâce à l'annexe 11, on observe également que ces épisodes de chaleurs sont de plus en plus intenses : 1 °C supplémentaire à chaque décennie (IRM, 2020).

Les années 2019 et 2020 ont par exemple enregistré des vagues de chaleur significatives avec des températures atteignant les 40,6 °C (IRM, 2020).

En ce qui concerne les hivers, on observe qu'ils s'adoucissent avec le temps. L'IRM décrit les vagues de froid comme étant « une période d'au moins cinq jours consécutifs au cours de laquelle les deux critères suivants sont vérifiés simultanément :

→ la température maximale est négative chaque jour (c'est-à-dire qu'il gèle tout au long de la journée ; c'est ce qu'on appelle un jour d'hiver),

→ la température minimale atteint une valeur inférieure à -10 °C au moins à trois reprises durant la période considérée (IRM, 2020).

Avec les années, la fréquence des jours de gel a diminué (le nombre annuel de jours avec un minimum inférieur à 0 °C) à Uccle, comme le montre le graphique de l'annexe 12. On observe, grâce à l'annexe 13, que la proportion de vagues de froid diminue légèrement, mais pas de manière significative (IRM, 2020). Parallèlement, on observe une diminution du nombre de jours avec des précipitations neigeuses (IRM, 2020).

Malgré le fait que la tendance générale soit au réchauffement, il existe des fluctuations entre les années et entre les différentes zones du territoire belge (IRM, 2020). Il existe également des fluctuations entre le milieu rural et le milieu urbain (Annexe 14). Les routes et bâtiments capturent la chaleur, augmentant les températures locales par rapport aux territoires ruraux, appelés îlots de chaleur urbains (Bruxelles Environnement, 2024). En effet, au cours du temps, le développement des activités industrielles et économiques, ainsi que les crises agricoles et alimentaires dans les campagnes ont participé à l'exode rural des populations belges vers les villes (principalement vers

Charleroi, Bruxelles et Anvers), accélérant l'urbanisation et la périurbanisation, de façon exponentielle jusque dans les années 1910 (Eggerickx, 2013). D'après Eggerickx (2013), en 1831, 28 % de la population belge vit en ville, alors qu'elle atteint 60 % en 1930. Ainsi, les villes poussent leurs murs sur des territoires extérieurs, détruisant les écosystèmes présents (Annexe 15). Cette transition urbaine a participé aux modifications de modes de consommations d'énergie (électricité, et chauffage), à l'expansion des infrastructures, mais également des transports.

Il est important de signifier que les variations de températures impactent également les rendements agricoles. En Belgique, l'été 2023 a été marqué par une période de sécheresse en début de saison, suivie par de nombreux jours de pluies, impactant les rendements et la qualité du blé par exemple (de Thier & Bilterijs, 2023). De même, les modifications de températures peuvent impacter l'élevage. En 2019, les vagues de chaleur en Belgique ont été responsables d'une forte mortalité animale, réduisant la production de lait et de viandes (Le Soir, 2019).

2. Variation des précipitations

- Modification de la distribution des précipitations

D'après les données de l'IRM, il existe une tendance à l'augmentation des précipitations, surtout lors des périodes hivernales. En effet, on constate une hausse de 31 % entre les années 1833-1863 et 1999-2019 (IRM, 2020). Globalement, l'IRM constate une hausse de la quantité de précipitations au cours du temps, avec une moyenne annuelle qui passe d'une moyenne 762 mm/an durant le 19^e siècle, à une moyenne de 834 mm/an sur la période 1981-2019 (IRM, 2020). Cependant, les étés ont tendance à devenir plus secs, avec des épisodes de sécheresses plus prolongées (IRM, 2020).

- Événements extrêmes

On observe sur le graphique de l'annexe 16 que chaque décennie, le nombre de jours de fortes précipitations durant l'été augmente de 0,6 jour, avec des pics de valeurs post 2001. Par conséquent, les épisodes de précipitations extrêmes comme les averses augmentent au cours du temps (IRM, 2020). On peut illustrer ces chiffres avec l'exemple des inondations connues par la

Belgique en juillet 2021. Par endroits, près de 100 mm de pluie sont tombés en 24 heures, causant de nombreux décès, et d'importants dégâts matériels (BBC News, 2021) (The Guardian, 2021).

3. Qualité de l'air

Débutons notre état des lieux en rappelant que l'effet de serre est un phénomène naturel sur Terre, indispensable à la vie. Cependant, en plus de provoquer le réchauffement climatique, l'émission de gaz à effets de serre a pour effet de réduire la qualité de l'air. En région bruxelloise, en 2022, le CO₂ représente 91 % des gaz à effet de serre produits : 56 % de ceux-ci étant le résultat du chauffage des bâtiments, et 24 % des transports routiers (Bruxelles environnement, 2024). En région flamande, le secteur industriel est responsable de 26% des émissions de CO₂, le transport de 24 % et 23 % de la production de CO₂ est due à la production d'énergie. Enfin, en Wallonie, c'est également le secteur industriel qui est à l'origine de la majeure partie des émissions, à hauteur de 32 %, suivi du transport (22 %) puis du résidentiel et de l'agriculture (14 %) (Bruxelles environnement, 2024). L'annexe 17 illustre la proportion de ces GES au cours du temps à Bruxelles. Celle-ci diminue au cours du temps, notamment grâce aux mesures et politiques mises en place, mais également en conséquence des modifications climatiques (le chauffage des bâtiments représente une part importante des émissions).

Les activités humaines sont également à l'origine de polluants atmosphériques : l'oxyde d'azote (principalement émis par les installations industrielles et les transports routiers), les particules fines (issues des émissions des véhicules, des industries, du chauffage et des activités agricoles), l'oxyde de soufre (combustion), l'ammoniaque (majoritairement issus des transports routiers) et les composés organiques volatils non-méthaniques (issus des industries) (Bruxelles environnement, 2024). Leur concentration moyenne est élevée. Par exemple, en 2019, le quatrième pays le plus exposé aux particules fines en Europe, est la Belgique. La Flandre est d'ailleurs la région la plus touchée par celles-ci tandis que le polluant atmosphérique majeur à Bruxelles est le dioxyde d'azote (Siensano, 2024). Selon cette même source, on constate que l'oxyde d'azote est un polluant touchant davantage les zones urbaines que rurales. La Belgique est le 5e pays européen ayant une concentration moyenne de dioxyde d'azote la plus élevée en 2019. L'urbanisation joue un rôle important dans l'accumulation des polluants car la réduction d'espaces verts limite la filtration par

les végétaux. Ainsi, la qualité de l'air est davantage dégradée en zone urbaine (transports, industries et activités commerciales, chauffage) (Siensano, 2024).

Cependant, la proportion des polluants atmosphériques diminue au cours du temps, tel que le montre le graphique en annexe 18, et comme l'explique, Bruxelles Environnement, « Entre 1990 et 2022, les émissions de polluants dans l'air ont diminué. La réduction a été de : 71 % pour les oxydes d'azote (NO_x), 80 % pour les oxydes de soufre (SO_x), 52 % pour l'ammoniaque (NH₃), 70 % pour les composés volatiles non-méthaniques (COVNM), 78 % pour les particules fines (PM_{2.5}) » (Bruxelles Environnement, 2024).

Le dernier polluant que nous souhaiterions mettre en évidence ici est l'ozone troposphérique (O₃). Ce polluant dit secondaire se forme dans l'atmosphère suite à un contact avec d'autres polluants (dioxyde d'azote et le méthane par exemple) et représente 8 667 tonnes en 2022 (Bruxelles environnement, 2024). À cause de son fort impact sur la santé, l'OMS recommande une concentration maximale de 60 µg m⁻³. Sur le territoire belge, la concentration d'ozone excède cette valeur. Il est important de notifier que ce sont davantage les zones rurales qui sont touchées par une concentration plus forte de ce polluant (le monoxyde d'azote (NO) émis par les voitures et autres véhicules réagit avec l'ozone, le décomposant dans les zones à forte circulation, inhibant par conséquent ses effets) (Siensano, 2024). De même, l'ozone interagit avec la vapeur d'eau : sa concentration diminue lorsque la concentration en vapeur d'eau augmente (Doherty & al., 2017).

L'OMS émet des recommandations en termes de concentration moyenne de polluants annuelles pour limiter l'exposition aux populations.

Concernant les particules fines, elle préconise de ne pas excéder les 5 µg m⁻³ pour les particules fines PM_{2.5} et 15 µg m⁻³ pour les PM₁₀. En Belgique, malgré le fait que les tendances d'exposition des Belges soient en diminution, les concentrations moyennes annuelles restent supérieures aux normes établies par l'OMS. Comme il est possible de l'observer sur l'annexe 19, l'exposition aux PM_{2.5} est inégalement répartie sur le territoire : la Flandre est confrontée plus largement à ces particules (+100 % à +175 % les valeurs recommandées), suivie du centre du pays (+25 % à +100 % selon le territoire) et enfin le sud de la Wallonie, se situe presque dans les normes (-25 % à +25 % par endroits) (Sciensano, 2024). Pour les PM₁₀ (annexe 20), la distribution d'exposition suit la même tendance : de 0 % à +75 % en Flandres, de -25 % à +25 % dans la ceinture centrale, et

majoritairement entre -50 % à -25 % en Wallonie. On peut expliquer ces tendances par la densité de population et la quantité de sources de particules fines par rapport à la Wallonie (Sciensano, 2024).

La recommandation de concentration pour le dioxyde d'azote s'élève annuellement à 10 µg m⁻³. En Belgique (annexe 21), malgré le fait que la concentration diminue au cours du temps, elle est toujours nettement supérieure en région de Bruxelles capitale et dans les agglomérations de la moitié Nord du pays. En 2021, 85 % de la population est surexposée à ce polluant (Sciensano, 2024).

Enfin, en Belgique (annexe 22), la tendance est inversée et la Wallonie est davantage exposée à l'ozone (ce qui est cohérent avec ce qui a été dit précédemment). Sur presque tout le territoire, la concentration excède les recommandations de l'OMS. Au cours du temps, l'exposition s'est accrue, jusqu'en 2020 où l'on observe un ralentissement (Sciensano, 2024).

4. Impacts sur la biodiversité belge

Le réchauffement climatique influence la richesse de la biodiversité, en Belgique également. Ces impacts sont traduits sur les modifications des habitats, de la répartition des espèces animales et végétales et les interactions au sein des écosystèmes.

Premièrement, en raison des modifications des températures, et de la distribution des précipitations, les écosystèmes terrestres et marins belges sont modifiés. Par exemple, d'après la Belgian Biodiversity Platform (2021), les cycles de croissance et de reproduction de certains arbres sont perturbés par des hivers plus doux et des étés plus secs. De même, d'après l'Observatoire des forêts wallonnes, dans son rapport sur l'état des forêts, les zones marécageuses se voient asséchées, mettant en danger de nombreuses espèces y habitant (Observatoire des forêts wallonnes, 2020).

Deuxièmement, le changement climatique modifie la répartition des espèces. Elle provoque d'une part des déplacements, et facilite d'autre part l'arrivée et l'établissement d'espèces exotiques envahissantes pour la faune et la flore locale. Nous pouvons ici prendre l'exemple du frelon asiatique qui prolifère particulièrement en Belgique et qui met notamment en danger les espèces d'abeilles locales (Belgian Biodiversity Platform, 2021).

Troisièmement, on constate une transformation dans les interactions écologiques. En effet, le changement climatique affecte le calendrier biologique saisonnier, impactant la floraison des végétaux, la migration des oiseaux ou encore certaines reproductions. Ces altérations peuvent donner lieu à des désynchronisations entre les espèces comme une modification de la pollinisation. Par exemple, le réchauffement donne des saisons de pollinisation plus longues et plus intenses, affectant la quantité de pollen dans l'air (Belgian Biodiversity Platform, 2021) (European Environment Agency, 2020).

Nous verrons par la suite dans quelle mesure le déséquilibre de la biodiversité augmente certains risques pour la santé humaine (impact sur la propagation de maladies vectorielles ou encore développement d'allergies).

II. Etat des lieux actuels sur la santé en Belgique

Le changement climatique impacte la santé publique. En Belgique, ces effets se manifestent à travers l'augmentation de la prévalence, de l'incidence de certaines pathologies, la hausse de la mortalité ou de la morbidité pour d'autres.

Dans cette partie, nous allons mettre en exergue les liens de causalité existants entre les modifications climatiques et certaines pathologies.

1. Mortalité liée à la chaleur

La mortalité des Belges est particulièrement influencée par les vagues de chaleur plus intenses et plus fréquentes. Nous prenons plus tôt l'exemple de la canicule de 2003 en Europe, en Belgique, le taux de surmortalité entre le 3 et le 16 août, a atteint 21,6 % (Robine & al., 2008). Le nombre de décès supplémentaires lié à cette vague de chaleur s'élève à 1230 (Brits & al., 2009). En 2010, la vague de chaleur est responsable de 967 décès donc 40 % des individus ont plus de 85 ans (Climat.be, s.d).

En 2022, la Belgique comptabilise 116 380 décès. D'après le rapport « Be-Momo the Belgian mortality monitoring » de Nganda et al. (2023), la surmortalité estivale a été de 5,8 % et représente la plus importante depuis 20 ans. Elle touche majoritairement les aînées (85 ans et plus), même si elle n'est pas la conséquence de pics comme pour les étés 2019 et 2020.

Il est important de notifier le fait que certains facteurs influencent la vulnérabilité face à la chaleur. Ces facteurs sont individuels et contextuels et décrit sur l'annexe 23. Ainsi, des déterminants biologiques impactent la vulnérabilité tels que les personnes âgées, les personnes atteintes de maladies chroniques, les femmes enceintes ou encore les jeunes enfants sont davantage à risque. Il en va de même pour des facteurs contextuels comme le milieu professionnel ou le lieu de vie (Zhang & al., 2022).

2. Pathologies cardio-vasculaires

L'OMS définit les maladies cardiovasculaires comme étant « un ensemble de troubles affectant le cœur et les vaisseaux sanguins » (OMS, 2021). Certaines pathologies sont dites « aiguës » (AVC, infarctus du myocarde, thromboses veineuses, ...), d'autres sont dites chroniques (hypertension artérielle par exemple) (OMS, 2021).

Selon l'enquête menée en 2018 sur la prévalence des maladies et affections chroniques en Belgique : 17,6 % de la population interrogée souffre d'hypertension, « 0,7 % de la population de 15 ans, et plus, déclare avoir souffert d'infarctus dans les 12 mois précédant l'interview, 1,3 % déclare avoir souffert d'une maladie coronarienne, tandis que 3,4 % déclare avoir souffert d'une autre maladie cardiaque grave » (Van der Heyden, Enquête santé 2018, p. 35). Il est également important de mettre en lumière le constat effectué selon lequel la prévalence des maladies cardiaques graves (autres que l'infarctus et l'insuffisance coronarienne) est plus élevée chez les individus vivant en région flamande (15,5 % contre 7,6 % en région bruxelloise et 6,0 % en Wallonie) (Van der Heyden, 2019).

D'après StatBel, en 2021, 23,6 % des décès parmi la population belge est due aux maladies cardio-vasculaires. Elle représente la deuxième principale cause de décès chez les hommes (21,9 %) et la première chez les femmes (25,2 %) (StatBel, 2024). Si nous analysons les données chiffrées depuis

1998, nous pouvons identifier que le taux de mortalité associé aux pathologies cardio-vasculaires diminue légèrement au cours du temps avec une légère recrudescence en 2021 (StatBel, 2024).

De nombreuses pratiques individuelles influencent ces maladies (alimentation, activité physique, tabac, alcool), mais aussi les caractéristiques biologiques (âge), démographiques, géographiques (urbanisation) et le niveau de revenus représentent des facteurs d'influences. Cependant, ces pathologies sont également impactées par les facteurs environnementaux comme les températures et la pollution de l'air (OMS, 2021) (Ebi & al., 2021).

Intéressons-nous tout d'abord au facteur température.

Lors de fortes chaleurs, le corps humain utilise deux mécanismes de thermorégulation pour refroidir la température corporelle : la vasodilatation et la transpiration. Contrôlée par les cellules nerveuses, cette régulation du cerveau peut être perturbée en cas de déshydratation. La vasodilatation est à l'origine de l'élargissement des vaisseaux sanguins permettant un transfert de chaleur des muscles vers la peau. Cette réponse cardiaque demande une accentuation du rythme et de l'intensité du pompage cardiaque, augmentant par conséquent la demande en dioxygène. La production de sueur peut être à l'origine d'une déshydratation. Un déficit hydrique diminue le volume sanguin et peut être source de tensions vasculaires supplémentaires (Ebi & al., 2021).

Par conséquent, le changement climatique agit comme facteur aggravant sur les personnes ayant des problèmes cardiaques préalables, sur les personnes plus âgées (plus de 65 ans), chez les jeunes enfants ou encore chez les malades chroniques. En effet, l'augmentation de la demande en dioxygène ne peut être correctement satisfaite et peut entraîner des répercussions vitales lors des épisodes de fortes chaleurs.

Une autre étude, expose que les températures extrêmes (chaudes et froides mais davantage froides), ainsi que les transitions et la variabilité des températures peuvent être à l'origine d'infarctus du myocarde. Avec le froid, la pression artérielle et la charge de travail du cœur augmentent par le mécanisme de vasoconstriction. De même, le froid peut favoriser la coagulation du sang et les changements brusques de températures participent au stress du corps affectant la santé vasculaire (Clayes & al., 2017).

Intéressons-nous maintenant au second facteur environnemental influençant les maladies cardiovasculaires, la pollution.

D'après l'OMS, les particules fines, le dioxyde d'azote et l'ozone sont particulièrement responsables de l'augmentation du risque de développer des pathologies cardiovasculaires. En pénétrant dans le système respiratoire, ces polluants irritent les bronches, puis les bronchioles avant d'atteindre le système circulatoire via les échanges alvéolaires (entre l'O₂, CO₂ et le sang). Ils peuvent ainsi parvenir à l'endommagement des vaisseaux sanguins, augmentant la pression artérielle pouvant mener à une hypertension chronique, des pathologies ischémiques ou bien peuvent parvenir à libérer les plaques graisseuses menant à la formation de caillots sanguins obstructifs (OMS, 2018).

D'après la même étude de Clayes et al. (2017), il existe une corrélation entre la pollution atmosphérique et le risque de développer des maladies cardiovasculaires. Plus particulièrement, à court terme, l'exposition aux polluants (excepté l'ozone) est associée au risque accru d'infarctus du myocarde (événement aigu). Les effets majeurs ont été observés avec le CO₂ et les PM_{2.5}. Par exemple, pour le PM_{2.5}, le risque d'infarctus du myocarde est augmenté de 2,5 % à chaque augmentation de 10 µg m⁻³. De même, le risque d'infarctus du myocarde est augmenté de 8 % à chaque augmentation de 10 µg m⁻³ de concentration de dioxyde d'azote. Les auteurs insistent également sur le caractère chronique de l'exposition présentant un risque permanent et de long terme sur la santé : « vivre pendant des années dans des régions où les PM_{2.5} sont plus élevés augmente le risque d'infarctus du myocarde (et d'autres événements cardiovasculaires) d'environ 5 à 10 fois par rapport aux effets d'une exposition à court terme » (Clayes & al., 2017). Ainsi, les populations vivant dans la partie nord de la Belgique ont davantage de risque de développer des pathologies cardiovasculaires.

Enfin, Zhang et al. (2022) établissent des effets conjoints entre la chaleur et la pollution. Dans le cas d'un épisode de chaleur, associé à un bas niveau de PM₁₀, le risque de mortalité cardiovasculaire augmente de 7,04 %. Dans le cas d'une forte concentration en PM₁₀, le risque augmente de 13,69 % (Zhang & al., 2022)

3. Pathologies respiratoires et allergiques

Cette partie s'articule autour de deux axes principaux : d'une part, les pathologies respiratoires dans leur globalité, et d'autre part, autour des pathologies respiratoires allergiques plus spécifiquement.

- *Pathologies respiratoires*

L'OMS (2024) définit les maladies respiratoires comme étant « des pathologies affectant les voies de passage de l'air, notamment les voies nasales, les bronches et les poumons. Les maladies respiratoires englobent les infections respiratoires aiguës ainsi que les maladies respiratoires chroniques telles que l'asthme, la bronchopneumopathie chronique obstructive et le cancer du poumon ».

En Belgique, en 2020, les causes de mortalité liées au système respiratoire s'élèvent à 8,2 % des décès annuels. On observe une diminution au cours du temps (à partir des données de 1998). Elles sont également recensées selon des sous-catégories, à savoir : les tumeurs cancéreuses de l'appareil respiratoire (4,8 % des décès en 2020), et la grippe/ pneumopathie (2,9 % des décès en 2020). Le Covid-19 est répertorié séparément et est responsable de 17,4 % des décès en 2020.

Tout d'abord, intéressons-nous à la relation entre la pollution de l'air et les affections respiratoires. Les études montrent que les particules fines et l'ozone sont les principaux polluants responsables des maladies respiratoires telles que : l'asthme, la rhinosinusite, les broncho-pneumopathies obstructives chroniques (BPCO) ou encore les pneumonies. Même à faible concentration, les effets néfastes sur le système respiratoire humain persistent. Les particules fines (plus particulièrement les PM_{2.5}) et l'ozone sont les principales responsables de pathologies telles que les inflammations pulmonaires et aggravent certaines maladies chroniques (asthme et BPCO) (Van de Val, & al., 2021). La vulnérabilité face à l'ozone est d'autant plus forte pour les personnes atteintes de maladies chroniques respiratoires, ainsi que les enfants en bas âge, les personnes âgées et les sportifs (Van de Val, & al., 2021). Rappelons que la région flamande est davantage exposée à ces particules d'après la norme établie par l'OMS, et la région wallonne à l'ozone. En Belgique, la prévalence de l'asthme est de 10 % et celle des BPCO est de 6 % (Chiesi, 2024). On observe également, une prévalence stable de l'asthme en Belgique jusqu'en 2013, année à partir de laquelle

la prévalence augmente en Flandre et en Wallonie (Van der Heyden, & Charafeddine, 2019). Par conséquent, les épisodes de pollution intense (souvent associés à des vagues de chaleur ou des pics de trafics) en Belgique peuvent entraîner des impacts respiratoires aigus. L'exposition chronique à la pollution de l'air peut impacter le système respiratoire sur du long terme, et représente un facteur de risque conséquent favorisant le développement de tumeurs pulmonaires cancéreuses (Van de Val, & al., 2021). D'après l'Agence Européenne pour l'Environnement, 9 % des décès par cancer du poumon seraient dus à la pollution. Nous n'avons pas de données exactes sur l'impact de la pollution atmosphérique sur les décès par cancer du poumon en Belgique (le nombre de décès par tumeurs de l'appareil respiratoires s'élèvent à 6 089 personnes, soit 5,4 % des décès) (Ligue contre le cancer, 2023) (StatBel, 2024). Cependant, en France 3,6 % des cancers du poumons sont qualifiés d'attribuables à la pollution de l'air (et notamment à l'exposition aux particules fines) en 2015, faisant de la pollution l'un des facteurs de risque les plus importants après le tabac (Kulhánová & al., 2018), (Ligue contre le cancer, 2023).

Ensuite, les variations de températures impactent significativement les pathologies respiratoires, soit en les initiant, soit en les exacerbant (Canadian Lung Association, 2021). En période de fortes chaleurs, les polluants atmosphériques sont davantage concentrés, exacerbant par conséquent les réactions du système pulmonaire (inflammation, symptômes aigus d'asthme et de BPCO), comme expliqué précédemment. De plus, lors des périodes de chaleur, l'état d'hydratation va également affecter les maladies pulmonaires (la viscosité des sécrétions pulmonaires est affectée et est plus difficile à expulser) (Canadian Lung Association, 2021). Finalement, les vagues de chaleur sont plus dangereuses les jours où les concentrations en ozone et en carbone sont plus élevées (Demoury & al., 2022).

Les périodes hivernales coïncident régulièrement au développement et à la propagation des affections pulmonaires d'origines virales. L'annexe 24 met en relation les températures avec la mortalité belge. On peut en effet observer des pics de mortalité particulièrement élevés en hiver (Sciensano, 2024). Par exemple, la période hivernale 2020-2021 a été responsable d'une surmortalité de 13,2 %, caractérisée par une deuxième puis d'une troisième vague d'épidémie de covid (17,4 % des décès annuels en 2020) et par l'épidémie de grippe (virus influenzae représente 2,9 % des décès annuels en 2020) (StatBel 2024) (Bustos Sierra & al., 2024). De même, en hiver 2021 la surmortalité en Belgique s'élève à +8,3 %, une nouvelle fois majoritairement due au covid (8,9 % des décès annuels), au virus de la grippe (2,5 % des décès annuels) (StatBel 2024) (Bustos

Sierra & al., 2024). Si on s'intéresse à la répartition régionale de la surmortalité au cours de cette période, on identifie que la Flandre a été confrontée à une surmortalité de 8,8 %, la Wallonie de 21,5 % et Bruxelles de 17,9 % (Bustos Sierra & al., 2024).

En période hivernale, la fréquentation des hôpitaux due aux affections respiratoires augmente par rapport au reste de l'année. Les personnes asthmatiques sont plus vulnérables aux vagues de froid (respirer de l'air froid irrite davantage les voies respiratoires) et l'asthme représente un facteur de comorbidité face aux virus de l'hiver (Demoury & al., 2022).

Nous identifions également l'infection à virus respiratoire syncytial (VRS), touchant majoritairement les nourrissons et les enfants jusqu'à 5 ans. Cette pathologie, pouvant s'étendre de la légère infection respiratoire à la détresse respiratoire, affecte en moyenne 26,2 % des nourrissons belges (environ 14 500 enfants contaminés chaque année). C'est une source fréquente d'hospitalisation (3 200 à 3 600 enfants par an), au cours de l'hiver, accentuée par les pics de froid qui augmentent la propagation du virus (Conseil Supérieur de la Santé, 2023).

Enfin, pendant l'hiver, les individus passent plus de temps à l'intérieur, ce qui les expose davantage aux polluants dits domestiques (tabac, produits ménagers) pouvant également favoriser le développement de symptômes respiratoires. Pour finir, l'étude de Demoury et al. (2022) met en exergue que l'effet des vagues de froid est également amplifié par la présence de PM_{2.5} et de NO₂, tandis que l'ozone le réduit (Demoury & al., 2022).

- Pathologies respiratoires d'origine allergique

L'allergie peut être définie comme étant « l'ensemble des symptômes qui surviennent lors de l'exposition à un allergène auquel la personne est sensibilisée. L'allergie résulte d'un dérèglement du système immunitaire responsable d'une perte de tolérance à des substances, a priori inoffensives, et rencontrées dans la vie quotidienne : les allergènes. Une fois qu'elle est sensibilisée à un allergène, la personne allergique présente, à chaque nouveau contact, une réaction inadaptée de l'organisme et donc des manifestations de son allergie » (Assurance Maladie, 2023).

D'après le rapport « Impact of Climate Change on the healthcare system in Belgium » (2021), 18 % de la population belge est allergique aux pollens de graminées, et 10 % aux pollens des Bétulacées

(bouleau, noisetier et aulne). En Belgique, les affections allergiques sont classées parmi les 5 maladies chroniques les plus répandues sur le territoire, et elles indiquent une hausse de la prévalence au cours des dernières années (Van de Val & al., 2021).

On considère déjà que les modifications climatiques impactent particulièrement les pathologies allergiques, et que la prévalence de ces maladies augmente, impactant la santé respiratoire de la population belge (développement des rhinites et symptômes asthmatiques) (Brits & al., 2009), (Van de Val & al., 2021). Comme expliqué précédemment, le changement climatique modifie la saisonnalité (moment et durée) et par conséquent les périodes de pollinisation des végétaux. Une météo chaude et sèche favorise la dispersion du pollen. Une période plus longue de chaleur augmente la durée de dispersion et donc la concentration dans l'air. De ce fait, les durées d'exposition au pollen des individus sont également bouleversées (Van de Val & al., 2021). L'annexe 25 expose le calendrier des pollens en Belgique en intégrant les présences systématiques, l'allongement potentiel de la période et met en exergue les pollens les plus allergisants en Belgique, à savoir : le bouleau et les graminées (Sciensano & le Réseau Belge de surveillance aérobiologique, 2024). On observe par exemple une forte variation des pics de graminées en 2023 (valeurs atteignant 260 grains/m³), et en 2024 (valeurs atteignant 240 grains/m³) sur la période fin mai-début juin, par rapport aux moyennes enregistrées sur la période 2014-2023 (maximum 140 grains/m³) à la même époque de l'année (Sciensano & Réseau Belge de surveillance aérobiologique, 2024).

Parallèlement aux modifications de températures, la concentration en CO₂ influence, elle aussi, la croissance des végétaux et la production de pollen (Van de Val & al., 2021). De même, Verscheure & al (2023) conclut que l'azote impacte l'allergie au pollen en modifiant la concentration des pollens dans l'air, les modifications physiologiques des pollens et leur réactivité allergique, engendrant une hausse de symptôme au contact de l'humain. Le réseau Belge de surveillance aérobiologique est actuellement à l'initiative d'une enquête dans le but de comprendre ce phénomène (Sciensano & le Réseau Belge de surveillance aérobiologique, 2024).

4. Pathologies vectorielles

Van de Vel, et al. (2021) rappelle que "les possibilités de transmission de ces maladies vectorielles sont déterminées par la présence du vecteur, le taux de survie et de reproduction du pathogène au sein du vecteur » (p. 64).

Les affections vectorielles sont influencées par des facteurs climatiques tels que : la saisonnalité, l'humidité et les précipitations ainsi que les températures. Elles sont également liées à certains facteurs non-climatiques comme l'urbanisation, l'utilisation des sols et l'état des forêts. En Belgique, les deux principales maladies vectorielles sont dues aux moustiques et aux tiques (Van de Vel & al., 2021).

Concentrons-nous premièrement sur les maladies transmissibles par les tiques. Celles-ci sont responsables de la transmission de la maladie de Lyme, dont 14 % des tiques en Belgique sont porteuses, et d'une forme d'encéphalite. On observe une tendance saisonnière aux morsures de tique, s'étendant de mars à octobre avec un pic de cas en juin. En effet, l'optimisation de l'activité des tiques est corrélée à des températures comprises entre 18 et 25 °C. Les tiques survivent en dessous (éclosion des œufs autour des 9 °C), mais leur activité et leur suivi diminue lors de températures très élevées et sans précipitations (Van de Vel & al., 2021). D'après le rapport de 2024, relatif à la surveillance des morsures de tique en Belgique, chaque province est concernée par ce phénomène. Cependant, la Wallonie dénombre davantage de morsures qu'en Flandre. Cette différence peut être notamment causée par le fait que l'environnement wallon soit plus approprié à la survie de la tique. Elle contient en effet, des zones de fortes végétations (Geebelen, Hery & Lernout, 2024).

Deuxièmement, le moustique représente un vecteur majeur pour de nombreuses maladies : Zika, la fièvre du Nil occidental, le chikungunya, la dengue ou encore le paludisme. Récemment apparu en Belgique, le moustique Culex est par exemple le vecteur responsable de la fièvre du Nil occidental (bien que majoritairement asymptomatique). Le moustique Aedes a particulièrement envahi l'Europe et représente un risque majeur de maladies comme le chikungunya et la dengue. Ce type de moustique a pu être retrouvé ponctuellement en Belgique : le Aedes albopictus (moustique tigre) en 2000 en Hainaut, à Namur, dans la Flandre Est ou encore en province de Luxembourg, le Aedes japonicus en 2002 à Namur, puis en 2017, et le Aedes pharoensis en 2017 à l'aéroport de Liège n'a

pas survécu à cause du climat inapproprié. La Belgique surveille et quantifie la présence des moustiques exotiques grâce à son projet MEMO+ (Monitoring of Exotic Mosquitoes in Belgium) (Sciensano, s.d), (Van de Vel & al., 2021). En effet, le changement climatique peut favoriser l'incidence de nouvelles maladies infectieuses en devenant un lieu dans lequel de nouvelles espèces vectorielles pourraient survivre et contaminer les populations locales.

5. Pathologies dermatologiques

Avec la détérioration de la couche d'ozone, les radiations UV atteignant la surface de la Terre augmentent et impactent le système dermatologique en exacerbant les risques de développer certains cancers de la peau (mélanomes et carcinomes) et accélèrent le vieillissement cutané (Gilliet & Boehncke, 2024). Ainsi, d'après l'OMS « une diminution de 10 % de la concentration d'ozone entraînera l'apparition de 300 000 cancers cutanés non mélanocytaires et 4 500 mélanomes de plus » (OMS, 2017). Certaines caractéristiques physiques interviennent comme étant des facteurs de risques individuels face à ce type d'affection : peau, yeux et cheveux clairs, antécédents de coups de soleil graves (OMS, 2017). En effet, d'après la fondation contre le cancer, le risque de développer un cancer de la peau (type mélanome) augmente de 80 % lorsque l'individu a subi des coups de soleil importants entre les âges de 15 et 20 ans (Fondation contre le cancer, 2024). De même, certaines activités professionnelles nécessitant le travail en extérieur augmentent les risques face à ce type de pathologies (agriculteurs par exemple).

Les cancers de la peau sont parmi les cancers les plus fréquents. En 2021, la Belgique compte 49 065 nouveaux cas d'après la Fondation contre le cancer (2024).

La littérature n'est pas encore très documentée sur le sujet, mais une étude met en relation une influence possible de l'augmentation de température, les rayonnements UV, la pollution de l'air et les comportements individuels sur l'incidence des cancers de la peau (Watson, & al., 2024).

Une autre étude, de Lorette et Maruani (2016), examine l'impact des changements environnementaux sur la santé cutanée. D'après eux, différents facteurs influencent l'apparition ou aggravent les affections cutanées : à savoir le réchauffement climatique, la pollution et les variations

saisonniers. Ils soulignent l'augmentation des allergènes, les changements d'humidité et la chaleur comme pouvant exacerber l'eczéma, le psoriasis ou encore le cancer de la peau.

6. Santé mentale

Cianconi et al. (2020) identifie que les catastrophes naturelles peuvent avoir des conséquences sur la hausse de la dépression, l'anxiété et de stress post-traumatique. En effet, la confrontation des individus à des phénomènes météorologiques extrêmes peut induire des déplacements massifs de communautés.

Un sondage en France révèle que 93 % des adultes âgés de 18 à 24 sont inquiets du réchauffement climatique. Les effets psychologiques, tels que l'anxiété face au climat, et la détresse environnementale se manifestent même sans événements climatiques extrêmes (Van de Vel & al., 2021). L'étude « High temperatures trier suicide mortalité in Brussels : a case-crossover study (2002-2011) » s'intéresse à l'impact des températures sur le taux de suicide à Bruxelles. Les résultats montrent une corrélation, suggérant que les vagues de chaleur peuvent avoir des effets négatifs sur la santé mentale (Casas, 2022).

Partie 3 : Impact des projections climatiques sur la santé de la population belge en 2100

Le projet CORDEX (Coordinated Régional Climate Downscaling Experiment) est une initiative internationale, implantée en Belgique, qui vise à améliorer les projections climatiques et à étayer les données climatiques dans chaque région. Cette partie se base majoritairement sur les données climatiques issues de ce modèle. Il permet de comprendre comment le climat belge pourrait évoluer selon les divers scénarios RCPs (IRM, s.d).

I. Projections climatiques : horizon 2100 en Belgique

1. Scénario climatique : SSP1-RCP2.6

Rappelons tout d'abord que le scénario SSP1-RCP2.6 suppose une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre, avec la mise en place d'efforts conséquents pour limiter le réchauffement climatique en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (IPCC, 2023). Ce scénario optimiste est sujet à un pic d'émissions dans les années 2020, avant de décroître (Van de Vel & al., 2021).

- Variation des températures

Dans le modèle climatique RCP2.6, la Belgique pourrait connaître une augmentation moyenne de la température annuelle entre +1 °C et +2 °C par rapport à la normale 1961-1990 qui s'élève à 9°C (nouvelle moyenne annuelle entre 10 °C et 11 °C). Déclinons ce phénomène selon chacune des saisons.

En hiver, la normale 1961-1990 est de 2,2 °C et pourrait ainsi atteindre les 4,4 °C. Au printemps, la température pourrait atteindre jusqu'à 10 °C. La température de l'été dans ce scénario pourrait s'étendre entre 16,8 °C (+1 °C par rapport à la valeur normale 1961-1990) et 17,8 °C (+2 °C par rapport à la valeur moyenne normale 1961-1990). Et les températures automnales oscilleraient en moyenne entre 10,8 °C (+1 °C) et 11 °C (+2 °C) (IRM, 2024).

D'après l'IRM, la hausse des températures serait en général plus importante en hiver par rapport à l'été et les différences interrégionales seraient de moins en moins marquées au cours du temps. On observerait également, d'après les simulations disponibles de l'IRM une hausse supérieure des températures moyennes en 2050 (par rapport aux valeurs de référence sur la période 1976 à 2005), que dans les années 2085, quelle que soit la saison (IRM, 2024). Ce ralentissement en deuxième partie de la période concernée pourrait être une conséquence positive des politiques de réduction des gaz à effet de serre mises en place.

En raison de son urbanisation, Bruxelles devrait connaître une hausse supérieure des températures, d'après l'étude de Duchene et al. (2022). Le nombre de jours de vagues de chaleur à Bruxelles devrait être de 30,6 % supérieur à nos jours. Cette même étude estime que dans ce scénario, la température de Bruxelles en été pourrait augmenter de 3,6 °C (Duchêne & al., 2022).

- *Variation des précipitations*

Le changement climatique impacte le rythme, la distribution des précipitations et la variabilité saisonnière. Dans le scénario RCP2.6, on observe à l'échelle annuelle en comparaison avec la période de 1976 à 2005, une hausse de 5 % des précipitations en Wallonie, et de 10 % dans la partie nord du pays, pour la période future 2036-2065. Cependant, sur la période s'étendant de 2071 à 2100, on constate une diminution d'environ -5 % sur le territoire (IRM, 2024).

Si on s'intéresse à la distribution saisonnière, on remarque qu'en hiver, les variations des précipitations oscillent entre -5 % (sud et ceinture centrale du pays) et 10 % (nord) selon la zone géographique en 2100. Sur cette même période, le printemps devrait être relativement plus sec : entre -5 % et -10 % par rapport à la norme moyenne actuelle. L'été est plus ou moins similaire à ce qui est connu actuellement. En revanche, les automnes devraient également être un peu plus secs, avec des variations entre -5 % et -15 % (IRM, 2024).

- *Qualité de l'air*

Rappelons premièrement que les scénarios sont notamment fondés sur les différentes trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre, avec tout de même un pic d'émissions dans les années 2020. Le scénario SSP1-RCP2.6 est associé à la mise en place de politiques drastiques visant à diminuer les émissions de gaz à effets de serre, dans le but de limiter le réchauffement climatique (IPCC, 2023) (O'Neill & al, 2017).

Les tendances européennes décrites par le rapport 5 du GIEC, ne sont pas très précises. Elles révèlent cependant une poursuite de la réduction des PM_{2.5}, et la trajectoire la plus importante en termes de réduction d'O₃ (Annexe 26) (IPCC, 2014).

En effet, les projections d'évolution de la qualité de l'air sont complexes étant donné les nombreuses incertitudes autour des modifications d'émissions. Bruxelles Environnement met en exergue des tendances jusqu'en 2040, selon deux aspects : le premier suggère l'ajout de nouvelles mesures de réductions d'émissions, le second précise qu'aucune mesure supplémentaire n'est mise en place par rapport à la situation actuelle. Dans cette partie, nous allons nous intéresser particulièrement à l'hypothèse selon laquelle la Belgique ajoute des mesures additionnelles, qui s'approchent du scénario SSP1-RCP6.

A Bruxelles, les émissions d'oxyde d'azote (NO₂) seraient réduites de 80 % par rapport à 2005 d'ici 2030, atteignant une émission avoisinant 1,2 kt par an. Rappelons que les principaux émetteurs sont les véhicules. Cette réduction serait permise par la mise en place de restrictions automobiles (zone à basses émissions, et interdiction progressive des moteurs thermiques) (Brussels Environnement, 2023). Concernant les émissions d'oxyde de soufre issues notamment de la combustion pour le chauffage des bâtiments (mazout), avec l'ajout de mesures supplémentaires, on s'attend à une poursuite de la réduction atteignant -83 % entre 2005 et 2030. Les composés organiques volatiles non-méthaniques voient une légère augmentation autour de 2020 induite notamment par les mesures progressives d'interdiction des véhicules diesel à Bruxelles, favorisant les véhicules à essence. Avec des mesures d'interdiction complète des automobiles à moteur thermique, les émissions devraient pouvoir se stabiliser (Brussels Environnement, 2023). Enfin, les particules fines 2.5 seraient réduites par la mise en place de nouvelles politiques (réduction de 56 % entre 2005 et 2030, soit une réduction de 0,6 kt).

2. Scénario climatique : SSP2-RCP4.5

Le scénario SSP2-RCP4.5, expliqué de façon plus détaillée en partie I, représente en résumé une stabilisation des émissions avec des mesures modérées en termes de réduction d'émissions, avec un pic d'émissions autour de 2040 avant de décroître (IPCC, 2023) (Van de Vel & al., 2021).

- *Variation des températures*

Dans le scénario RCP4.5, la Belgique pourrait connaître une augmentation de la température annuelle de 2 °C à 3 °C d'ici 2100 (nouvelle moyenne annuelle entre 11 °C et 12 °C). Il est important d'identifier les variations sur le plan saisonnier, pour pouvoir mieux identifier par la suite les impacts sur la santé de la population belge. Ainsi, dans ce scénario, les augmentations hivernales feraient augmenter la moyenne normale entre 4,2 °C et 5,2 °C. Pour le printemps, les températures moyennes pourraient s'étendre entre 10 °C et 11 °C. L'été devrait connaître des moyennes de température entre 17,8 °C et 18,8 °C. Et enfin les moyennes automnales oscilleraient entre 11,8 °C et 12,8 °C (IRM, 2024). Par conséquent, les étés seraient significativement plus chauds, et les hivers s'adoucirait, réduisant la fréquence annuelle des jours de gel.

Contrairement au scénario RCP2.6, les températures moyennes autour de 2050 devraient poursuivre leur hausse et s'accroître au-delà de 2085, quelle que soit la période saisonnière (IRM, 2024). Cette croissance modérée, mais continue, des températures entre ces deux périodes, pourrait notamment être justifiée par le maintien des politiques modérées de réduction des gaz à effets de serre.

D'après le rapport de Van de Vel et al. (2021), le nombre moyen de jours soumis aux vagues de chaleur ont un lien avec l'urbanisation. En effet, dans le scénario RCP4.5, ce nombre passe de 0,9 actuellement à 7,1 en zone rurale et de 5,1 jours actuellement à 16,8 jours en 2050 (Van de Vel & al., 2021).

Pour un réchauffement de 2 °C à 3 °C, à Bruxelles, d'après Duchene et al. (2022), le nombre de jours concernés par des vagues de chaleur devrait être 158,9 % supérieur au nombre actuel. Cette même étude estime que dans ce scénario, la température de Bruxelles en été augmentera de 4,1 °C (Duchene & al., 2022).

- *Variation des précipitations*

Selon le scénario 4.5, la tendance annuelle sur la période future 2036-2065, oscille entre 5 % et -5 % de précipitations. Alors qu'en moyenne, sur la période étendue de 2071-2100, on constate un changement de précipitations annuelles d'environ 10 % supplémentaire par rapport à la période 1976-2005, sur la quasi-totalité du territoire belge (IRM, 2024).

Nous savons que les variations de précipitations sont particulièrement sensibles à la saisonnalité, c'est pourquoi nous allons les détailler ici. En hiver, on constate qu'autour de 2085, la majorité du territoire est concernée par une fluctuation de 15 % de précipitations supplémentaires. La saison printanière est en moyenne plus humide de 5 %. L'été est un peu plus sec avec une oscillation selon la zone du territoire entre 5 % et -10 % (centre et nord-est du pays autour de 5 %, nord-ouest et sud du pays entre -5 % et -10 %). Enfin, on peut déterminer que l'automne sera plus humide avec une hausse des précipitations entre 10 % et 20 % (IRM, 2024). Les fluctuations saisonnières de précipitations, impactent la vulnérabilité de Belgique face aux inondations, dont la probabilité augmente.

- *Qualité de l'air*

Dans le scénario SSP2-RCP4.5, les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent dans la continuité de la tendance actuelle, atteignant un pic d'émission dans les années 2040. Elles sont modérément diminuées à partir de cela, en raison des efforts d'atténuation mis en place plus lentement (IPCC, 2023) (O'Neill & al, 2017).

Une nouvelle fois, les projections sur la qualité de l'air sont peu documentées et peu précises. Cependant, toujours d'après l'annexe 26, on observe que les tendances en termes de PM_{2.5} sont à la baisse jusqu'en 2100. On constate également une réduction plus lente et moins intense des émissions d'ozone que le scénario RCP2.5 (IPCC, 2014).

Dans cette partie, nous allons nous intéresser particulièrement à l'hypothèse selon laquelle la Belgique n'ajoute pas de mesures additionnelles, qui s'approche du scénario SSP1-RCP4.5.

Les données jusqu'en 2040 à Bruxelles de Brussels Environnement, suivent une distribution conjointe de celle du scénario RCP2.5, mais mettent légèrement plus de temps pour atteindre les différents objectifs (Brussels Environnement, 2023). Ces données sont à relativiser étant donné que la ville de Bruxelles est déjà soumise à de nombreuses politiques de préservation environnementales.

Les résultats de l'étude de Lauwaet et al., retransmis dans le rapport de Van de Vel et al. (2021) analysent la potentielle concentration d'ozone selon le scénario 4.5 entre les périodes 2000-2009 et 2025-2036. Ils concluent que la supposée réduction des émissions d'oxyde d'azote, diminuerait la destruction de l'ozone, engendrant une hausse de sa concentration (jusqu'à 30 % plus élevée d'ici 2030). Pour eux, limiter la réduction de dioxyde d'azote permettrait une augmentation de seulement 10 % de la concentration l'ozone en 2030 (Van de Vel & al., 2021).

3. Scénario climatique : SSP5-RCP8.5

Le scénario SSP5-RCP8.5 est le plus pessimiste. L'augmentation continue des émissions sans la mise en place de politiques climatiques supplémentaires, entraîne les prédictions climatiques dans lesquelles le réchauffement est supérieur à 4 °C (IPCC, 2023) (Van de Val & al., 2021).

- Variation des températures

Le scénario RCP8.5 est caractérisé en Belgique par une augmentation des températures annuelles comprises entre 4 à 5 °C, voire davantage (nouvelle moyenne annuelle entre 13 °C et 14 °C). Les hivers et les automnes seraient particulièrement impactés par la hausse des températures, avoisinant les moyennes hautes (plus proches des 5 °C supplémentaires voire au-dessus, que des 4 °C). Ils deviendraient tous deux beaucoup plus doux avec une hausse des températures moyennes pouvant excéder les 7,5 °C en hiver, et tournant autour des 14,8 °C pour l'automne. Le printemps devrait avoir des températures oscillant entre 12 et 13 °C. Les températures moyennes normales estivales devraient s'étendre entre 19,8 °C et 20 °C (IRM, 2024).

Dans ce scénario, on pourrait notamment observer un doublement de l'écart de la température moyenne prévue en Belgique entre les périodes 2036-2065 et 2071-2100, pendant les périodes hivernales et automnales. On pourrait constater une hausse de 2 °C autour de l'hiver et de l'automne

2050, et de plus de 4 °C autour de 2085. De même pour la période printanière : +1 °C à 2 °C autour de 2050 selon la localisation et +3 ° à 4 °C autour de 2085. Pour la saison estivale, il y aurait également un doublement, mais on constaterait une hausse moins rapide : +1 °C à 1,5 °C autour de 2050 et +2,5 °C à 3 °C en été, +1,5 °C à 2 °C autour de 2050 (IRM, 2024).

Dans ce scénario, la quantité de vagues de chaleur pourrait se multiplier par 14, atteignant près de 50 jours par an (Van de Val & al., 2021).

L'étude de Duchêne et al. (2022) projetant le futur climat de la zone urbaine de Bruxelles, suggère même qu'à Bruxelles la hausse des températures devrait être supérieure à l'augmentation de la moyenne mondiale en raison de l'urbanisation, pouvant atteindre les 5,3 °C dans ce scénario. D'après cette étude, le nombre de jours de vagues de chaleur devrait être multiplié par 8,5 en 2100. En effet, les vagues de chaleur seront plus fréquentes, plus intenses et plus longues. Cette même étude estime que dans ce scénario, la température de Bruxelles en été augmenterait de 5,3 °C (Duchene & al., 2022).

- *Variation des précipitations*

Dans le scénario 8.5, d'après les simulations de l'IRM (2024), on peut mettre en évidence que les précipitations ont tendance à augmenter par rapport à la période de référence de 1976-2005. En effet, sur l'échelle 2036-2065, les précipitations annuelles augmentent de 10 % de manière quasi-uniforme sur l'ensemble du territoire. Sur la période 2071-2100, on remarque une évolution qui tend vers la hausse de 15% à l'est du territoire, et toujours de 10 % sur la partie ouest (IRM, 2024).

Les variations saisonnières se traduisent comme suit. L'hiver est caractérisé par une très forte hausse des précipitations oscillant entre une croissance de +20 % à +25 % (avec une petite zone au nord-ouest à +30 %). Le printemps est légèrement plus humide : la partie ouest varie entre -5 % et 5 % et la partie est de +10 % à +20 %. L'été est relativement plus sec, surtout dans le sud du pays (entre +5 % et -10 %), quant au nord, celui-ci est un peu plus humide (entre +5 % et +15 %). Enfin, l'automne se caractérise par une augmentation des précipitations sur l'ensemble du pays, autour de +15 % (IRM, 2024). L'augmentation des précipitations, principalement en hiver dans ce scénario, rend la Belgique vulnérable au fort risque d'inondations.

- *Qualité de l'air*

Dans les projections du scénario SSP5-RCP8.5, les émissions de gaz à effet de serre sont incontrôlées et continuent d'augmenter de façon conséquente. Dans celui-ci, aucune politique n'est mise en place pour limiter les émissions, par conséquent, les concentrations de PM_{2.5} et de NO₂ pourraient demeurer élevées, voire même, augmenter (IPCC, 2023), (O'Neill & al, 2017).

Les résultats d'une étude de Deutsch et al., menée en 2010, ont été transmis dans le rapport de Van de Vel (2021). Cette étude se basait sur l'année 2003, qui a connu d'importantes vagues de chaleur pour évaluer les variations de concentration atmosphérique des PM_{2.5}, PM₁₀ et O₃, en se référant à une année plus moyenne, l'année 2007. Ils concluent que les valeurs enregistrées pour l'ozone au cours de l'année 2003 sont cinq fois supérieures à celles de 2007 (Van de Vel & al., 2021). De même, dans le chapitre intitulé « Near-term Climate Change : Projections and Predictability » de l'IPCC (2013), les vagues de chaleur sont associées à une dégradation de la qualité de l'air (Kirtman & al., 2013).

Rappelons que la vapeur d'eau impacte l'ozone. Ainsi, la concentration d'ozone diminue lorsque la concentration en vapeur d'eau augmente. Dans le scénario 8.5, caractérisé par un climat plus humide et plus chaud, l'ozone devrait naturellement se réduire. Or, parallèlement à ce phénomène, l'émission de méthane devrait doubler d'ici 2100 (hausse des territoires humides notamment associée à l'élevage intensif entre autres), augmentant de nouveau l'ozone (Doherty & al., 2017).

Le scénario projeté en Belgique, une hausse de l'humidité et des températures plus chaudes, avec une augmentation de la proportion, de la durée et de l'intensité des vagues de chaleur. C'est pourquoi, en lien avec ces études, on peut craindre, une dégradation de la qualité de l'air dans ce scénario.

II. Santé de la population belge : horizon 2100

Il existe de nombreuses incertitudes sur la santé de la population belge en 2100, car nous basons cette étude à partir de projections climatiques. De nombreuses variables peuvent influencer la santé des Belges, autres que les déterminants environnementaux, tels que les comportements individuels, l'âge, la densité de population, l'urbanisation, la capacité de réponse du système de santé ou encore les avancées de la médecine.

Avant de débiter cette partie, il est nécessaire de mettre en évidence le fait que plusieurs facteurs de vulnérabilité peuvent participer à l'exacerbation des impacts du changement climatique. Parmi ceux-ci, nous identifions en Belgique : le vieillissement de la population, l'évolution de l'urbanisation (la croissance démographique de la Belgique est positive grâce aux migrations), ou encore les inégalités socio-économiques.

1. Mortalité liée à la chaleur

- *Scénario climatique : SSP1-RCP2.6*

D'après l'analyse des variations de températures projetées sous le scénario RCP2.6, on sait que la Belgique devrait connaître de nouvelles vagues de chaleur d'ici 2100, malgré les mesures de transitions additionnelles. La Commission des Communautés Européennes (2009) estime qu'à chaque degré supplémentaire, la mortalité dans les pays de l'UE devrait être impactée d'une hausse entre 1 et 4 %.

Rappelons que les régions urbaines sont davantage touchées par les vagues de chaleur, en raison de la densité de population et des effets des îlots de chaleur urbains. L'augmentation de température à Bruxelles selon ce scénario avoisinerait les 3,6 °C, impactant fortement la distribution de mortalité dans cette ville (Duchene & al., 2022).

Nous pouvons également rappeler ici que les décès liés à la chaleur touchent majoritairement les personnes âgées, or la structure par âge belge est sur un modèle de vieillissement de la population (StatBel, 2024). De même, les ménages isolés représentent 1 177 806 Belges en 2021, et leur part

est croissante au cours du temps en Belgique (StatBel, 2024). Nous parlions plus tôt du facteur de vulnérabilité socio-économique, dans lequel le ménage isolé peut s'insérer ici. En effet, ces individus peuvent disposer de revenus moins importants (limitant les capacités d'adaptation), et peuvent être moins susceptibles de recevoir de l'aide immédiate en cas de vague de chaleur par exemple (isolement social). Par conséquent, la proportion de personnes vulnérables augmente considérablement.

- Scénario climatique : SSP2-RCP4.5

L'étude de Kendrovski & al. (2017) s'est intéressée à la mortalité due aux vagues de chaleur, sous le scénario 4.5. En Europe, on pourrait observer jusqu'à 46 690 décès supplémentaires, exclusivement liés aux vagues de chaleur par an (Kendrovski & al., 2017).

Sous le scénario RCP4.5, la Belgique pourrait connaître un réchauffement compris entre +2 °C et +3 °C en moyenne. Les étés devraient être plus chauds, et soumis à une augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des vagues de chaleur.

La région urbaine de Bruxelles pourrait quant à elle, être soumise à un réchauffement s'approchant plutôt des +4,1 °C selon ce scénario, impliquant une nouvelle fois, une vulnérabilité accrue et une probabilité plus forte de décès liés à la chaleur (Duchene & al., 2022).

- Scénario climatique : SSP5-RCP8.5

L'étude de Kendrovski & al. (2017) identifie une nouvelle fois, l'impact conséquent des vagues de chaleur sur la mortalité européenne. À l'horizon 2071-2099, le nombre de décès en Europe pourrait considérablement augmenter, et dépasserait très largement les proportions observées dans les deux scénarios précédents. En effet, selon le scénario le plus pessimiste, la chaleur serait responsable dans ce cas, de 117 333 décès supplémentaires annuellement en Europe (Kendrovski & al., 2017).

En Belgique, dans le scénario RCP8.5, la hausse des températures moyennes annuelles avoisinerait les +4 °C et +5 °C, voire même parfois davantage.

Les villes, telles que Bruxelles, seraient une nouvelle fois, davantage touchées par le phénomène avec des températures pouvant augmenter jusqu'à +5,3 °C (Duchene & al., 2022)

2. Pathologies cardiovasculaires

À mesure que le réchauffement s'intensifie, on pourrait s'attendre à une hausse de la prévalence des maladies cardiovasculaires.

Même sous un scénario RCP2.6, et dans une perspective croissante selon le scénario, les températures estivales ainsi que la proportion, la durée et l'intensité des vagues de chaleur devraient augmenter, impactant le degré de stress thermique sur la population belge. Comme expliqué précédemment, le stress thermique, et les variations de températures impactent le système cardiovasculaire.

Selon les différents scénarios, il existe un risque accru de décès causé par une affection cardiovasculaire. En effet, la maladie cardiovasculaire représente la principale cause de décès en période de vagues de chaleur et les accidents vasculaires cérébraux comme étant la troisième cause de décès (Ebi, & al., 2021). D'après une étude allemande, la proportion d'infarctus du myocarde pourrait augmenter par décennie, à cause de la chaleur, de 18 % dans le cas d'une hausse des températures de 2 °C, et de 63 % dans le cas d'une hausse de 3 °C (Zhang, & al., 2022). Cette tendance pourrait s'aggraver selon les différents scénarios. De même, la hausse des températures impacte l'état d'hydratation des individus, apparaissant comme un facteur de risque supplémentaire. Nous expliquions les différents facteurs de vulnérabilité, et d'après Zhang et al. (2022), si on tient compte de l'évolution démographique de la population, ce qui n'est pas souvent le cas dans les études, la mortalité cardiovasculaire pourrait être cinq fois supérieure à ce qui est prévu. Une autre étude, met en exergue qu'en tenant compte de cette modification démographique, la morbidité liée aux pathologies cardiaques chez les aînés serait augmentée en 2070 de 196,6 % en fonction des scénarios (Zhang et al., 2022). La population de la Belgique est vieillissante et serait donc particulièrement impactée par ces affections cardiaques.

En été, et selon les différents scénarios, le changement climatique peut paradoxalement avoir un effet bénéfique sur la population belge, réduisant la mortalité des affections liées au froid et leur

prévalence (Zhang, & al., 2022). Nous expliquions plus tôt le lien entre les vagues de froid et la probabilité de déclencher une maladie cardiovasculaire telle que l'AVC ou l'infarctus du myocarde. Une réduction de la quantité, de l'intensité et de la durée des vagues de froid pourrait permettre une réduction des maladies cardiovasculaires d'hiver. Ainsi, le scénario le plus pessimiste pourrait davantage être impacté par ce type de réduction.

Une étude brésilienne a cherché à évaluer la différence d'impact sur les mortalités entre les effets bénéfiques sur les vagues de froid et les effets négatifs sur les vagues de chaleur dans plusieurs villes brésiliennes. Ils ont conclu que dans le cadre du scénario 8.5, la mortalité d'été surpassera les gains obtenus l'hiver (Zhang, & al., 2022)

Exacerbée différemment selon le scénario climatique envisagé, et associée à la chaleur, la pollution atmosphérique a un impact significatif sur le risque de provoquer une maladie cardiovasculaire. Le risque de développer des pathologies ischémiques cardiaques et cérébrales augmente avec la durée d'exposition, chronique pour le milieu urbain (Alexeeff, & al., 2021). Même selon le scénario le plus optimiste, le risque augmente considérablement selon le lieu de vie. Effectivement, les zones urbaines sont davantage à risque, en raison de la densité de population (combustion des bâtiments), et des trafics routiers. Rappelons également les divergences entre la région wallonne et flamande. La région flamande est davantage concernée par les particules fines de type PM_{2.5} et la région wallonne par l'ozone (O₃). De même, les villes sont davantage exposées à la chaleur. L'association entre celle-ci et la pollution atmosphérique comme Bruxelles, pourrait être bien plus touchée par les affections cardiovasculaires. Les personnes âgées, et les personnes porteuses de comorbidités sont également davantage à risque.

3. Pathologies respiratoires et allergiques

- *Pathologies respiratoires*

L'inhalation chronique de particules fines est corrélée au risque de développer des affections pneumologiques. Associées à l'augmentation des températures, on peut s'attendre à des conséquences sur la mortalité et la morbidité en Belgique (Van de Vel, 2021). En effet, l'augmentation de la concentration de PM_{2.5} est corrélée à un risque accru de décès, endommageant

les voies respiratoires, et les poumons (Chen & Hoek, 2020). L'étude de Park et al. (2021) corrobore cela, en expliquant l'impact sur le long terme de l'exposition aux PM_{2.5} et au dioxyde d'azote. L'inhalation prolongée participe à l'augmentation du risque de développement de BPCO.

D'après Doherty et al. (2017), en Europe, selon le RCP8.5, et par rapport à l'année 2000, l'exposition prolongée aux particules fines 2.5 serait responsable de 2 890 décès en 2100 causés par des affections respiratoires exclusivement dues au changement climatique. De même, l'exposition à l'ozone sera quant à elle, à l'origine de 9 850 décès en 2100.

En Belgique, les projections en termes de qualité de l'air sont particulièrement incertaines. Cependant, dans le scénario 2.6 par exemple, on suppose que les particules fines devraient diminuer, mais rester toujours à un taux élevé. D'ici là, les individus poursuivent l'inhalation de particules à des concentrations excédant les normes de l'OMS (en Flandre et à Bruxelles surtout), laissant présager des impacts conséquents sur le système pulmonaire (développement de maladies chroniques, voire de cancers). De même, certains individus sont davantage à risque, à savoir les personnes âgées, mais également, les femmes enceintes et les enfants en bas âge (Sciensano, 2024). D'après Sciensano (2024), l'exposition des enfants augmente leur risque de développer de l'asthme. Ainsi, en 2100, l'incidence des enfants atteints d'asthme pourrait augmenter plus ou moins considérablement selon le scénario appliqué, surtout dans les zones urbaines et sur le territoire flamand et bruxellois, davantage confronté aux particules fines et au dioxyde d'azote.

La pollution atmosphérique à l'ozone devrait évoluer, elle aussi en fonction du scénario climatique. Selon les scénarios les plus optimistes, la diminution d'émission des gaz précurseurs d'ozone parviendra à impacter positivement la mortalité liée à l'inhalation d'ozone. En revanche, dans le cadre d'un scénario 8.5, où les émissions précurseurs comme le méthane devraient doubler, et on prévoit une forte hausse de la mortalité liée à l'ozone, et associée à la chaleur et à l'humidité plus importante (Doherty & al., 2017). Rappelons qu'en Belgique, c'est la région wallonne qui est la plus touchée par ces émissions.

Une nouvelle fois, nous pouvons nous questionner sur le potentiel effet bénéfique de la hausse des températures sur des affections telles que la grippe (influenzae). Dans le scénario 8.5, les vagues de froid en Belgique devraient se raréfier et l'humidité devrait fortement s'accroître. Or, d'après Welti (2019), les conditions optimales pour ce virus sont les températures froides et l'humidité relative.

Avec le changement de ces paramètres, l'incidence pourrait diminuer en Belgique dans les scénarios les plus pessimistes. On peut également supposer que l'incidence du virus VRS responsable de la bronchiolite chez les enfants en bas âge pourrait diminuer, avec la diminution conséquente des vagues de froid en Belgique, dans le scénario 8.5.

- *Pathologies d'origine allergique*

Les modifications de saisonnalité ont déjà débuté en Belgique, impactant la durée de la saison pollinique et modifiant la distribution géographique des plantes.

Avec l'augmentation des températures en Belgique, l'intensité saisonnière du pollen est accentuée. Cette hausse favorise une saison de croissance plus longue des plantes, des conditions de floraisons précoces et prolongées, pouvant participer à une augmentation des symptômes allergiques (Lake & al., 2016). En Belgique, le scénario 8.5 décrit des étés plus chauds et plus secs pouvant entraîner une production plus abondante de pollen, et une dispersion plus conséquente. Les changements dans le régime des précipitations peuvent aussi influencer les quantités de pollens. Des périodes de sécheresse suivies par des épisodes de précipitations peuvent favoriser la croissance végétale.

En fonction des scénarios, les saisons seront plus chaudes et les concentrations en CO₂ plus ou moins importantes. Dès lors, ces conditions favorisent la production de pollen par les végétaux et peuvent participer à l'augmentation de leur potentiel allergique (Van de Vel, 2021).

Une étude en France expose que la chaleur associée à une forte augmentation des concentrations de CO₂ (scénario 8.5) pourrait stimuler la photosynthèse des végétaux de 20 à 30 % (Seguin, 2003).

Les zones urbaines connaissent des concentrations en CO₂ et en dioxyde d'azote plus importantes que les zones rurales, impactant également le potentiel allergique des pollens. L'association entre la pollution atmosphérique et les pollens, rend ceux-ci plus irritants pour les voies pulmonaires (Van de Vel, 2021).

En Belgique, en 2100, on peut s'attendre à une augmentation de la prévalence des allergies, une augmentation des affections respiratoires déjà présentes et aggraver les sensibilités. Les enfants sont particulièrement touchés par l'asthme, et Van de Vel et al. (2021), associent par exemple, la

proportion d'appels émis aux urgences pour des causes de crises d'asthme chez les enfants, avec une hausse de la concentration des pollens dans l'air. L'étude de Lake et al. (2016) sur la proportion des personnes sensibles aux pollens issues de l'ambroisie en Europe, montre, par exemple, un doublement des sensibilités allergiques d'ici 2060 (33 millions à 77 millions).

En Belgique, l'intensité de la sensibilité allergique variera selon les scénarios: un scénario 2.6 poursuivra la tendance actuelle avant de la stabiliser, alors qu'un scénario 8.5, risque d'accroître considérablement la part de la population belge allergique aux pollens, et la prévalence de pathologies respiratoires, telle que l'asthme (Van de Vel, 2021).

4. Pathologies vectorielles

Les pathologies vectorielles sont particulièrement sensibles aux facteurs climatiques. Leur intensité variera une nouvelle fois selon le scénario. Tout d'abord, l'augmentation des températures moyennes pourrait permettre la survie, la reproduction et la propagation de nouveaux vecteurs de maladies. Les modifications saisonnières telles que des étés plus doux pourraient participer à l'allongement de l'activité de ces vecteurs, augmentant la durée potentielle de contamination.

Ensuite, la variation des précipitations peut également participer à la création de nouvelles zones de proliférations (larves pour les moustiques par exemple).

Nous nous intéresserons plutôt aux tiques et à la maladie de Lyme. D'une part, les hivers plus doux, et plus humides, comme décrit dans le scénario belge 4.5, pourrait participer à augmenter la population de tiques et d'autre part, les étés plus chauds pourraient allonger la durée d'activité annuelle de la tique. La population belge aurait donc davantage de risques de contracter la maladie. Dans le scénario 8.5, les périodes de forte humidité pourraient faire prospérer de façon conséquente les tiques. Cependant, celles-ci ne résistent pas bien aux fortes chaleurs, ce qui pourrait contribuer à faire diminuer leur nombre.

Les moustiques exotiques représentent un risque important pour la santé publique belge. Nous prenons l'exemple du moustique Aedes. Rappelons qu'en 2017, l'"aedes pharensis" avait été identifié à l'aéroport de Liège, mais avait un faible taux de survie en Belgique à cause de conditions

climatiques non-optimales. Le trafic et le commerce international représentent en effet le plus grand danger d'entrée de ces espèces. La hausse des températures belges pourrait impacter la durée de survie et les possibilités de reproduction sur le territoire, modifiant l'incidence de maladies exotiques (fièvre du Nil occidental, la dengue ou encore le chikungunya) (Van de Vel, 2021). Comme expliqué dans l'étude Kraemer et al. (2015), certains moustiques invasifs montrent déjà des signes d'acclimatation, tel que le "Aedes albopictus" (moustique tigre). Ce moustique pond ses œufs en zone humide, et l'adulte survit avec des températures élevées associées à l'humidité. Ce type de moustique préfère les zones rurales et périurbaines. Il est déjà présent dans certains pays européens : en Italie, en Grèce et en France (Kraemer, & al., 2015). Avec l'augmentation des températures et des taux de précipitations, la Belgique pourrait rencontrer ce type de moustique particulièrement envahissant, et être à l'origine de contamination par les virus de la dengue, du Chikungunya ou encore de Zika. L'évolution de l'incidence en Belgique varierait une nouvelle fois selon les différents scénarios : le RCP2.6 parviendrait peut-être à limiter la survie et la reproduction de ce moustique, contrairement au scénario RCP8.5 qui réunit les caractéristiques nécessaires à la survie et à la reproduction de ce moustique.

5. Pathologies dermatologiques

La santé dermatologique de la population belge en 2100 dépendra des conditions atmosphériques. Nous avons mis en exergue précédemment le lien entre la pollution atmosphérique et l'état cutané. Dans le scénario 8.5 où la combustion des énergies fossiles est centrale, provoquant de fortes émissions de polluants, on peut supposer que la qualité de l'air devrait se dégrader. L'article de Araviiskaia et al. (2019), explique que ces polluants peuvent créer un stress oxydant sur la peau, donner lieu à des inflammations, altérer la barrière cutanée ou encore accélérer le vieillissement de la peau.

L'élévation des températures en Belgique pourrait exacerber les effets des polluants atmosphériques sur la peau et de ses conséquences citées ci-dessus. De même, les vagues de chaleur pourraient conduire à des pics de pollution plus fréquents, exacerbant des symptômes dermatologiques.

Parker et al. (2022), décrivent l'impact des événements extrêmes sur les affections de la peau, et nous permettent de faire des liens avec certains événements qui pourraient survenir en Belgique

d'ici 2100. Tout d'abord, les périodes de sécheresse peuvent entraîner une déshydratation cutanée et augmenter les risques de dermatite atopique (sécheresse cutanée). Ces sécheresses peuvent fissurer la peau et rendre le corps vulnérable à l'entrée d'infections par ces voies. Ensuite, les vagues de chaleur peuvent accentuer des maladies chroniques cutanées telles que le psoriasis ou encore l'eczéma. Enfin, l'article s'intéresse aux effets des inondations, que nous allons exposer ici, la Belgique ayant déjà été confrontée à ce phénomène, récemment. Les inondations peuvent faciliter les infections bactériennes et fongiques de la peau, en réponse à une exposition à de l'eau contaminée. Le contact prolongé de l'eau peut également provoquer des lésions irritatives et allergiques (Parker & al., 2022).

Dans ce même article, les auteurs préviennent également des conséquences de l'exposition aux UV. En effet, selon les différents scénarios d'émission, la durée, l'intensité et la fréquence augmentent. Celles-ci peuvent accroître l'exposition des Belges aux ultra-violets, directement corrélés au risque de développer des cancers de la peau (mélanome, carcinomes basocellulaires et les carcinomes spinocellulaires) (Parker & al., 2022).

6. Santé mentale

Du point de vue de la santé mentale, qui représente un des enjeux de notre époque, nous n'avons que très peu d'informations supplémentaires à fournir par rapport à ce que nous connaissons, à savoir : le stress post-traumatique, l'anxiété climatique, les suicides dus aux vagues de chaleur. Ces phénomènes devraient s'amplifier à mesure que les individus sont confrontés à des aléas extrêmes et selon le degré d'incertitude du futur climatique.

On peut tout de même ajouter qu'une hausse du stress peut impacter l'état cutané, et déclencher ou exacerber des affections inflammatoires de la peau (acné, urticaire et psoriasis) (Parker, 2022).

Une étude a été menée auprès de patients souffrant d'allergies aux pollens d'arbres, dans le but d'explorer les effets des espaces verts résidentiels sur le stress saisonnier. Ils ont établi que le niveau de stress saisonnier augmente lorsque le patient identifie un arbre comme étant allergène à proximité du lieu de résidence (Aerts & al., 2020). Étant donné que la prévalence des pathologies

d'origines allergiques devrait fortement augmenter d'ici 2100 en Belgique, le stress engendré par l'allergie aux pollens pourrait impacter significativement la santé mentale de la population.

Enfin, il pourrait exister un lien entre l'exposition à la pollution (PM_{2.5}) de la femme enceinte, puis de l'enfant dans les premiers stades de sa vie, et le risque de développer un trouble autistique chez l'enfant (Lin & al., 2022). Des études complémentaires seront nécessaires pour en connaître davantage, mais cela pourrait induire un accroissement de la prévalence du trouble autistique en Belgique selon les niveaux de pollution de l'air.

7. Sécurité alimentaire et hydrique

Les modifications climatiques (températures et précipitations) pourraient affecter l'agriculture belge. Les vagues de sécheresse et les changements pluviométriques pourraient diminuer les rendements des productions en réduisant la productivité de certaines cultures, en les détruisant, mais pourraient également diminuer leur qualité (dégradation de la santé des plantes) (Seguin, 2003).

Les modifications de températures à la hausse pourraient exacerber la reproduction de pathogènes dans les aliments (salmonelle par exemple) (Van de Vel, & al., 2021).

Sur le plan hydrique, on pourrait identifier le risque de dégradation de la qualité de l'eau (pathogènes dans l'eau) et épidémique, lors d'événements extrêmes comme des inondations. De plus, la hausse du niveau de la mer du Nord pourrait par exemple provoquer des inondations sur le littoral belge : + 31 cm selon le RCP2.6, +50 cm selon le RCP 4.5 et presque +70 cm d'après le RCP8.5 en 2100 (Van de Vel, & al., 2021).

Partie 4 : Stratégies d'adaptation et atténuation pour réduire les risques sanitaires

I. Collaboration internationale

Face aux défis environnementaux, des politiques sont mises en place selon deux axes : l'adaptation et l'atténuation. Nous expliquons cela dans la partie des RCPs. L'adaptation relève des mesures prises pour réduire la vulnérabilité des individus et des écosystèmes face aux conséquences du changement climatique. L'adaptation agit plutôt sur les conséquences du changement climatique. En revanche, l'atténuation cherche, à réduire et à prévenir les émissions de gaz à effet de serre pour limiter l'ampleur du changement climatique. L'atténuation cherche, à agir sur les causes du réchauffement.

Sur le plan international, les initiatives sont majoritairement des stratégies d'atténuation. Plusieurs accords clé sont à l'origine de la collaboration pour lutter contre le changement climatique. Le protocole de Kyoto de 1997 établit des restrictions pour les pays développés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'accord de Paris de 2015 vise notamment à limiter le réchauffement climatique en deçà de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Il encourage également les pays à établir des plans nationaux sous forme d'objectifs (I4CE - Institute Climate Economics, 2022).

De plus, des mécanismes financiers ont été mis en place pour tarifier le carbone, via des taxes d'émission sur le carbone, et la mise en place de quotas (ils peuvent être échangés et monnayés entre les pays). Cette dynamique économique cherche à ce que les états investissent dans des énergies vertes et dans des technologies moins polluantes, dans le but de diminuer les émissions globales (I4CE - Institute Climate Economics, 2022).

Les Nations Unies se sont accordées pour établir 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) pour 2030 (PNUD, 2024). Même s'ils sont tous liés directement ou indirectement au climat, attardons nous sur les objectifs 13 et 11. L'objectif 13 est particulièrement spécifique, il vise la lutte contre le changement climatique et ses impacts. Sur le plan de l'atténuation, il cherche la réduction des émissions de GES, le renforcement des politiques climatiques ou encore la mobilisation

financière pour les pays en développement. Sur le plan de l'adaptation, il encourage au renforcement de la résilience et l'intégration de politiques climatiques à l'échelle nationale. Nous pouvons également prendre l'exemple de l'ODD 11 qui s'axe sur les villes et communautés durables. Dans une perspective d'atténuation, l'objectif d'axe sur la réduction de l'empreinte carbone urbaine et l'installation d'infrastructures vertes. Dans sa perspective d'adaptation, il s'intéresse à la gestion des risques liés au climat, et la rénovation d'infrastructures résistantes aux aléas extrêmes (PNUD, 2024).

Ainsi, certaines initiatives internationales participent également au soutien financier des pays du Sud dans leur transition énergétique, tant dans des projets d'adaptation que d'atténuation : le Fond Vert pour le Climat. En 2020, les flux financiers de soutien s'élèvent à environ 83 milliards de dollars US (I4CE - Institute Climate Economics, 2022). Sur la période 2016-2020, la contribution belge était établie à 50 millions annuellement (Brussels Environnement, 2020).

Dans une perspective d'adaptation, l'Organisation des Nations Unies a développé le « cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe : 2015-2030 » (2015), pour permettre d'une part, le renforcement des capacités des communautés. D'autre part, il vise à aider les communautés à prévenir des catastrophes, pour réduire leur vulnérabilité face aux aléas climatiques extrêmes (investissement dans les infrastructures et système de gestion des risques par exemple) (UN, 2015).

II. Politiques européennes

L'Europe a mis en place plusieurs initiatives visant l'atténuation du réchauffement climatique en Europe.

Initié en 2019, le Pacte Vert Européen (Green Deal européen) a pour objectif que l'Europe tende à la neutralité carbone d'ici 2050. Ce pacte met en œuvre des politiques en faveur de la réduction des émissions dans différents secteurs (industrie, transport et agricole), et il encourage la transition verte des États membres en développant les sources d'énergie renouvelable (éolien, solaire et hydroélectrique) (Conseil Européen, s.d).

L'UE a par exemple, mis en place en 2016 des Plafonds d'Émission Nationaux (PEN) sur les principaux polluants atmosphériques. En Belgique, basés sur les chiffres de 2005, les plafonds s'élèvent pour 2030 à : -59 % pour l'azote, -66 % pour le soufre, -35 % pour les composés volatiles non-méthaniques, - 39 % pour les particules fines 2.5 et -13 % pour l'ammoniaque. Chaque année, la Belgique doit faire part de son évolution auprès de la Commission européenne (IrCELine, s.d).

Par la suite, l'Union européenne a adopté une loi sur le climat en 2021, impliquant une réduction de 55 % de l'émission des GES pour 2030, en se basant sur les émissions de 1990. Elle est notamment facilitée par la mise en pratique du système d'échange de quotas d'émissions (Conseil Européen, 2021).

Sur le plan de l'adaptation, l'UE publie une nouvelle stratégie d'adaptation au changement climatique. Elle vise à renforcer la résilience du peuple européen. Elle fonde ses objectifs selon 4 points : « • une adaptation plus intelligente : améliorer les connaissances et gérer l'incertitude ; une adaptation plus systémique : soutenir l'élaboration de politiques à tous les niveaux et dans tous les secteurs ; une adaptation plus rapide : accélérer l'adaptation dans tous les domaines ; intensifier l'action internationale en faveur de la résilience face au changement climatique » (I4CE - Institute for Climate Economics, 2022).

L'UE se positionne également en faveur de la préservation et de la restauration de la biodiversité (Conseil Européen, s.d). Par exemple, pour soutenir la transition agricole et favoriser la préservation des sols, des forêts, et de la biodiversité, l'UE a mis en place un fond européen spécifique (FEADER) (Commission européenne, s.d).

III. Politiques et mesures actuelles en Belgique

La Belgique a mis en œuvre certaines mesures d'atténuation. Celle-ci dispose d'un Plan Climat 2030, dont l'objectif est de réduire ses émissions de gaz à effets de serre à hauteur de 55 % pour s'aligner avec les directives européennes. Une stratégie bas-carbone de long-terme est établie en Belgique. La Wallonie base ses actions pour la neutralité en 2050 autour de la captation du carbone, et la réduction d'émissions. Pour réduire ses émissions elle s'axe autour de : l'optimisation énergétique, les réductions liées aux industries et aux transports, l'aménagement du territoire avec le déploiement d'énergie renouvelable, l'agriculture... Ces actions devraient permettre à la Wallonie de diminuer ses émissions de 95 % entre 1990 et 2050 (Wallonie environnement & Wallonie énergie, 2019). Une autre initiative est en discussion en Belgique pour favoriser la réduction des émissions. Il s'agit de la mise en place d'une taxe carbone, en vigueur dans de nombreux pays européens (Climat.be, s.d).

Parallèlement, chacune des régions possède son plan air-climat-énergie. Celui de Bruxelles axe, par exemple, ses actions selon différents secteurs : le bâtiment, l'environnement urbain, la production d'énergie, le transport et les produits et biens de consommation (Brussels Environnement, 2023). Dans la partie urbanisation, les objectifs sont de limiter les effets des îlots de chaleur en créant des îlots de fraîcheur (introduction d'espaces végétalisés, entretien et préservation de la forêt de Soignes, ...) dans l'objectif notamment de créer ou conserver les espaces qui permettent de stocker naturellement le carbone (Brussels Environnement, 2023). Dans cette perspective de transition énergétique, la Belgique a ouvert un fonds spécifique pour soutenir les projets innovants locaux (Climat.be, 2024). On peut prendre ici l'exemple du projet « Agroforestry in Flanders » qui cherche à réduire les émissions tout en améliorant le système agricole. Ce projet intègre les arbres dans les exploitations agricoles, visant à capturer le carbone, à prévoir des inondations et à améliorer la biodiversité (Agroforestry in Flanders, s.d).

Récemment, une loi sur le climat a été approuvée en Belgique. Elle assure le suivi annuel des politiques climatiques mises en œuvre sur le territoire au niveau fédéral. Elle vise également à favoriser la transparence des quotas d'émission (Climat.be, 2023).

Ensuite, des initiatives d'atténuation ont été établies en Belgique. Au travers de son « Plan national d'adaptation au changement climatique », la Belgique cherche à favoriser la résilience du pays

autour de différentes mesures visant une meilleure compréhension du phénomène à travers : des évaluations d'impacts, le développement d'outils de suivi, des systèmes à adapter pour une meilleure résilience, la sensibilisation et des mesures d'urgence préventives (Commission nationale climat, 2013).

Enfin, certaines politiques visent particulièrement la santé publique belge. En effet, des initiatives spécifiques ont été mises en place dans le pays pour faciliter le suivi et la gestion des risques sanitaires. On peut prendre l'exemple de la plateforme TiquesNet qui suit l'exposition temporelle et spatiale des Belges aux morsures de tique (avec les potentielles conséquences). Elle se base sur les déclarations des personnes concernées, et cartographie les données (Sciensano, s.d).

Nous pouvons ajouter pour terminer cette partie, que des actions peuvent être entreprises à l'échelle individuelle, en adaptant sa manière de consommer (alimentaire, textile, ...), en modifiant son utilisation des transports ou encore en améliorant l'efficacité énergétique de son logement personnel.

La totalité des mesures prises, notamment à l'échelle nationale et régionale (urbanisation, infrastructures, sensibilisation, ...) impacteront les répercussions sur la santé future de la population belge. La diminution des émissions de GES devrait permettre d'influencer, sur le long terme, la prévalence des maladies respiratoires et cardiovasculaires en Belgique. Les mesures mises en place pour créer des îlots de fraîcheurs urbains, parviendraient à diminuer la mortalité et la morbidité urbaine liées à la chaleur. Une surveillance assidue des maladies vectorielles, peut impacter la rapidité de la réponse, permettant de limiter les épidémies. L'approche One Health intègre la santé humaine, animale et environnementale, et renforce l'efficacité de ces mesures en soulignant les interconnexions entre tous les domaines. En adoptant cette approche, les politiques peuvent également mieux anticiper et atténuer les effets des maladies émergentes et ré-émergentes dues aux changements climatiques. Les mesures explicitées dans cette partie, participeront à impacter positivement la santé publique des Belges d'ici 2100.

Conclusion

Le changement climatique représente un défi majeur pour la santé publique de la Belgique en 2100. Malgré le fait qu'elle soit touchée à différents niveaux selon les scénarios projetés, les variations de température, la modification des régimes de précipitations et la qualité de l'air auront des répercussions significatives sur plusieurs dimensions de la santé.

L'augmentation des températures, et des vagues de chaleur (fréquence, durée et intensité) devraient impacter fortement la mortalité liée à la chaleur en Belgique. Elles pourraient également exacerber les affections cardiovasculaires et respiratoires. Associées à la pollution de l'air, les pathologies de type asthme et bronchites chroniques devraient aussi augmenter considérablement au sein de la population belge. Cependant, certains virus hivernaux pourraient voir leur prévalence diminuer en raison d'hiver plus doux.

Les modifications climatiques influenceraient également la biodiversité, accentuant la croissance des végétaux, et allongeant les périodes polliniques. Combinées à la pollution et à la chaleur, la charge de pollen dans l'air pourrait favoriser le développement de pathologies allergiques, et exacerber les symptômes chez les personnes déjà sensibles au pollen.

De même, le risque de développer des pathologies dermatologiques, dont les cancers de la peau pourraient être facilités, en raison d'une exposition accrue aux rayons UV associés aux polluants atmosphériques.

Un point important de cette étude relève de la santé mentale, d'ores et déjà affectée par exemple, par l'anxiété climatique chez de nombreux individus. Elle représente un risque conséquent, notamment à cause des probables hausses de vagues de chaleur, et de la proportion plus importante de personnes allergiques.

Le changement climatique participe à la perturbation alimentaire, à travers le secteur agricole notamment, et du secteur hydrique, notamment lors des épisodes extrêmes, qui devraient augmenter avec le temps.

Le changement climatique devrait accroître les inégalités et augmenter la vulnérabilité de nombreuses personnes (personnes âgées, enfants, femmes enceintes, ménages isolés et les personnes en situation de précarité). En effet, certains groupes de personnes peuvent être davantage confrontés à certaines pathologies (en raison de leur âge, de leur sexe, des comorbidité préalables ou encore de leur situation sociale), rendant l'atténuation et l'adaptation face au changement climatique plus complexes.

On peut tout de même conclure que de nombreuses mesures sont mises en place, tant pour atténuer les causes du réchauffement que pour préparer la population belge à s'adapter à ses conséquences.

De la qualité de ces initiatives, dépend le scénario climatique futur de la Belgique. Celles-ci tiennent notamment compte des différentes interactions entre la santé animale, la santé des écosystèmes et la santé humaine. Les actions entreprises peuvent laisser espérer que la Belgique ne connaîtra pas le scénario RCP8.5, et que la santé ne sera pas impactée de la manière la plus pessimiste.

Suite à la réalisation de cette étude, plusieurs limites ont été identifiées, nuancant nos résultats. Premièrement, l'étude se base sur un modèle de projections climatiques du GIEC, mais qui demeure tout de même incertain. Bien que documentés, les scénarios offrent des projections possibles, mais pouvant varier selon de nombreux facteurs, donnant lieu à des sous-estimations ou à des surestimations de certains phénomènes. Deuxièmement, les impacts du changement climatique peuvent varier au sein même de la Belgique. De plus, une part importante d'incertitudes est liée à la méconnaissance des possibles avancées technologiques, médicales, aux améliorations des infrastructures ou encore aux comportements individuels. Enfin, de nombreux facteurs externes influencent la santé comme l'aspect social, économique, et le niveau de vulnérabilité préalable des individus.

L'impact des modifications de températures sur les affections cardiovasculaires ainsi que cette hausse de température associée à la dégradation de la qualité de l'air sur la santé pneumologique sont particulièrement bien documentés. Néanmoins, certaines questions semblent moins couvertes par la littérature, comme la santé mentale, qui, dans le contexte du changement climatique, devient une préoccupation importante. L'incertitude face à l'avenir, ainsi que la confrontation à des phénomènes météorologiques extrêmes affectent particulièrement les jeunes. L'intégration de la

santé mentale dans les politiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique pourrait ainsi, devenir essentielles pour appréhender au mieux la résilience des jeunes générations face à ce défi. Une approche globale, tenant compte à la fois des impacts physiques et psychiques du changement climatique semble pour cela indispensable. Cette approche globale est alignée avec la vision de la santé de l'OMS. En assurant une réponse intégrée, il sera possible de favoriser une santé globale qui répond aux différents besoins de la population belge.

Bibliographie

Aboukrat, M., Lepousez, V. (2022). Les scénarios SSP. *Carbone 4*. Consulté le 18 avril 2023, à l'adresse <https://www.carbone4.com/publication-scenarios-ssp-adaptation>

Aerts, R., & al. (2020). Residential green space and seasonal distress in a cohort of tree pollen allergy patients. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 223(1), 71-79.

Agroforestry in Flanders. (s.d). Projects. Consulté le 14 juillet 2024, à l'adresse : <https://www.agroforestryvlaanderen.be/en/>

Alexeeff, S. E., Liao, N. S., Liu, X., Van Den Eeden, S. K., & Sidney, S. (2021). Long-term PM2. 5 exposure and risks of ischemic heart disease and stroke events: review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 10(1), e016890.

d'Amato, G., Chong-Neto, H. J., Monge Ortega, O. P., Vitale, C., Ansotegui, I., Rosario, N., ... & Annesi-Maesano, I. (2020). The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy*, 75(9), 2219-2228.

Assurance Maladie. (2023). Reconnaître une allergie. Consulté le 16 mai 2024, à l'adresse : <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/allergie/comprendre-allergies>

Araviiskaia, E., Berardesca, E., Bieber, T., Gontijo, G., Sanchez Viera, M., Marrot, L., ... & Dreno, B. (2019). The impact of airborne pollution on skin. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 33(8), 1496-1505.

Avisseau, O., & al. (2020). Sciences de la Vie et de la Terre - Terminale : Livre de l'élève. Éditions Nathan.

Banque Mondiale. (2021). D'ici à 2050, le changement climatique risque de contraindre 216 millions de personnes à migrer à l'intérieur de leur pays. Consulté le 18 avril 2024, à l'adresse : <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2021/09/13/climate-change-could->

force-216-million-people-to-migrate-within-their-own-countries-by-2050#:~:text=WASHINGTON,
13 septembre 2021 — Dans, personnes dans le monde en

BBC News. (2021). Europe floods: At least 120 dead and hundreds unaccounted for. *BBC News Report*.

Belgian Biodiversity Platform. (2021). Climate Change and Biodiversity in Belgium.

Brits, E., & al. (2009). Climate change and health. Unit Environment and Health.

Brussels Environnement. (2020). Financement climatique international. Consultable à l'adresse : <https://environnement.brussels/citoyen/nos-actions/projets-et-resultats/financement-climatique-international>

Brussels Environnement. (2023). Qualité de l'air extérieur : état des lieux. Consultable à l'adresse : <https://environnement.brussels/citoyen/outils-et-donnees/etat-des-lieux-de-lenvironnement/qualite-de-lair-exterieur-etat-des-lieux#principales-emissions-de-polluants-dans-lair>

Brussels Environnement. (2023). Plan région air-climat-énergie. Consultable à l'adresse : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PACE_FR.pdf

Bustos Sierra, N., & al. (2024). Surveillance de la mortalité toutes causes confondues en Belgique, Flandre, Wallonie et Bruxelles durant les hivers 2020-2021 et 2021-2022. *Be-MOMO the Belgian mortality monitoring*. Sciensano. Consultable à l'adresse : <https://www.sciensano.be/sites/default/files/be-momo-winter-2020-2022-report-fr.pdf>

Calvin, K., et al. (2017). The SSP4: A world of deepening inequality. *Global Environmental Change*, 42. 285-297.

Canadian Lung Association. (2021). Air quality and Lung Health : Webinar.

Casas, L., Cox, B., Nemery, B., Deboosere, P., & Nawrot, T. S. (2022). High temperatures trigger suicide mortality in Brussels, Belgium: A case-crossover study (2002–2011). *Environmental research*, 207. 112-159.

Chen, J., & Hoek, G. (2020). Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 143. 105974.

Chiesi. (2024). Respiratoire. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse : <https://www.chiesi.be/fr/domaines-therapeutiques/respiratory/#>

Cianconi, P., Betrò, S., & Janiri, L. (2020). The impact of climate change on mental health: a systematic descriptive review. *Frontiers in psychiatry*, 11, 490206.

Claeys, M. J., Rajagopalan, S., Nawrot, T. S., & Brook, R. D. (2017). Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction. *European heart journal*, 38(13), 955-960.

climat.be (2023). Le parlement fédéral approuve la loi relative à la gouvernance de la politique climatique fédérale. Consulté le 14 juillet 2024, à l'adresse : <https://climat.be/actualites/2023/le-parlement-federal-approuve-la-loi-relative-a-la-gouvernance-de-la-politique-climatique-federale>

climat.be (2024). Fonds de transition énergétique. Consultable à l'adresse : <https://climat.be/doc/fonds-transition-energetique.pdf>

climat.be (s.d). Conséquences sur la santé. Consulté le 3 juin 2024, à l'adresse : <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/consequences/sante>

climat.be (s.d). Débat national sur la taxe carbone. Consulté le 10 juillet 2024, à l'adresse : <https://climat.be/politique-climatique/belge/nationale/tarification-du-carbone>

Commission des Communautés Européennes. (2009). Les effets du changement climatique sur la santé humaine, animale et végétale. *Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen*. Document de travail des services de la Commission accompagnant le Livre Blanc.

Consultable à l'adresse : <https://outil-cactus.parc-golfe-morbihan.bzh/medias/2016/09/Les-effets-du-changement-climatique-sur-la-sante-humaine-animale-et-vegetale.pdf>

Commission Européenne. (s.d). Développement rural. *Agriculture et développement rural*. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/rural-development_fr

Commission Nationale Climat. (2013). Plan national d'adaptation pour la Belgique. Consultable à l'adresse : https://www.adapt2climate.be/wp-content/uploads/2020/09/NAP_FR.pdf

Conseil Européen. (S.d). Biodiversité : comment l'UE protège la nature. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/biodiversity/>

Conseil Européen. (S.d). Pacte Vert pour l'Europe. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/green-deal/#what>

Conseil Européen. (2021). Loi européenne sur le climat : accord provisoire entre le Conseil et le Parlement. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2021/05/05/european-climate-law-council-and-parliament-reach-provisional-agreement/>

Conseil Supérieur de la Santé. (2023). Stratégies de prévention du VRS chez les enfants. Consultable à l'adresse : https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/20231222_css-9760_avis_rsv_enfants_vweb.pdf

Contribution du Conseil scientifique COVID-19. (2022). « One Health » Une seule santé, santé humaine, animale, environnement : les leçons de la crise.

CNRS. (2021). L'océan, puits de carbone à l'avenir incertain. Décryptage océan atmosphère. Consultable à l'adresse : <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/locean-puits-de-carbone-lavenir-incertain>

Doherty, R. M., Heal, M. R., & O'Connor, F. M. (2017). Climate change impacts on human health over Europe through its effect on air quality. *Environmental Health*, 16, 33-44.

Données Mondiales. (2024). Cyclones à Madagascar. Consultable à l'adresse : <https://www.donneesmondiales.com/afrique/madagascar/cyclones.php>

Duchêne, F., Hamdi, R., Van Schaeybroeck, B., Caluwaerts, S., De Troch, R., De Cruz, L., & Termonia, P. (2022). Downscaling ensemble climate projections to urban scale: Brussels's future climate at 1.5° C, 2° C, and 3° C global warming. *Urban Climate*, 46, 101319.

Ebi, K. L., & al. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *The lancet*, 398(10301), 698-708.

Eggerickx, T. (2013). Transition démographique et banlieue en Belgique : le cas de Bruxelles. *Annales de démographie historique*, 126, 51-80. <https://doi.org/10.3917/adh.126.0051>

European Center for disease prevention and control. (2018). Dengue outbreak in Reunion, France. *Rapid Risk Assessment*. [https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Dengue outbreak in Reunion, France.pdf](https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Dengue%20outbreak%20in%20Reunion,%20France.pdf)

European Environment Agency. (2020). State of Nature in the EU.

Fondation contre le cancer. (2024). La connaissance sur les dangers de l'exposition au soleil diminue alors que le nombre de cancers de la peau augmente. Consultable à l'adresse : [https://cancer.be/ressource/malgre-la-prevention-les-cancers-de-la-peau-sont-en-hausse/#:~:text=Les travailleurs en extérieur qui,faible des dangers du soleil](https://cancer.be/ressource/malgre-la-prevention-les-cancers-de-la-peau-sont-en-hausse/#:~:text=Les%20travailleurs%20en%20extérieur%20qui,faible%20des%20dangers%20du%20soleil)

Gascon, A. (2015). Combats sur le Nil: la guerre de l'eau?. Bulletin de l'association de géographes français. *Géographies*, 92(92-2), 154-166.

Geebelen, L., Hermy, M., & Lernout, T. (2024). Surveillance des morsures de tiques en Belgique. *Sciensano*. Consultable à l'adresse : https://www.sciensano.be/sites/default/files/surveillance_des_morsures_de_tiques_tiquesnet_2023_final_1.pdf

Gilliet, M., & Boehncke, W-H. (2024). Impact dermatologique du changement climatique. *Revue médicale Suisse*. DOI: 10.53738/REVMED.2024.20.867.619

I4CE - Institute for Climate Economics. (2022). Datalab Chiffres clés du climat 2022 : France, Europe et monde. Consultable à l'adresse : https://www.i4ce.org/wp-content/uploads/2022/12/Datalab-chiffres-cles-du-climat-2022-France-Europe-et-monde_au240123.pdf

IEA. (2023). Global Methane Tracker 2023. Consulté le 30 juillet 2024, à l'adresse: <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

INRAE. (s.d). One Health, une seule santé. Consulté le 10 avril 2024, à l'adresse : <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>

IPCC. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report : Fifth assessment report. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse : <https://ar5-syr.ipcc.ch/index.php>

IPCC. (2023). Climate Change 2023 Synthesis Report. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

Institut Royal Météorologique de Belgique. (2020). Rapport Climatique.

IrCELine. (s.d). Directive sur les Plafonds d'Emission Nationaux (PEN). *Emissions*. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : <https://www.irceline.be/fr/emissions>

IRM. (2024). Le climat à l'horizon 2100. Consulté le 16 avril 2024, à l'adresse : <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100>

Joussaume, S. (2000). Climat d'hier à demain. CNRS Editions.

Kendrovski, V., Baccini, M., Sanchez Martinez, G., Wolf, T., Paunovic, E., & Menne, B. (2017). Quantifying projected heat mortality impacts under 21st-century warming conditions for selected European countries. *International journal of environmental research and public health*, 14(7), 729.

Kirtman, B., & al., (2013) Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Koch, M. (2011). *Capitalism and climate change: Theoretical discussion, historical development and policy responses*. Springer.

Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., ... & Hay, S. I. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*, 4, e08347.

Kriegler, E., & al. (2017). Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 297-315.

Kulhanova, I., Morelli, X., Le Tertre, A., Loomis, D., Charbotel, B., Medina, S., ... & Soerjomataram, I. (2018). The fraction of lung cancer incidence attributable to fine particulate air pollution in France: impact of spatial resolution of air pollution models. *Environment international*, 121, 1079-1086.

Lake, I. R., Jones, N. R., Agnew, M., Goodess, C. M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguel, L., ... & Epstein, M. M. (2017). Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environmental health perspectives*, 125(3), 385-391.

Le Soir. (2019). La vague de chaleur a réduit la production de lait et de viande. Consultable à l'adresse : <https://www.lesoir.be/241109/article/2019-08-08/la-vague-de-chaleur-reduit-la-production-de-lait-et-de-viande>

Ligue contre le cancer. (2023). Pollution de l'air et cancers. Consultable à l'adresse : <https://www.ligue-cancer.net/nos-actualites/pollution-de-lair-et-cancers>

Lin, L. Z., Zhan, X. L., Jin, C. Y., Liang, J. H., Jing, J., & Dong, G. H. (2022). The epidemiological evidence linking exposure to ambient particulate matter with neurodevelopmental disorders: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 209, 112876.

López, M. S., Gómez, A. A., Müller, G. V., Walker, E., Robert, M. A., & Estallo, E. L. (2023). Relationship between climate variables and dengue incidence in Argentina. *Environmental Health Perspectives*, 131(5), 057008.

Lorette, G., & Maruani, A. (2016). Conséquences cutanées des modifications environnementales. *La Presse Médicale*, 45(1), 98-106.

Morand, S. (2021). Élevage, biodiversité et émergences de pandémies. *Bull Acad Vet Fr*, 2, 174.

Morand, S., & Lajaunie, C. (2018). Biodiversité et santé: les liens entre le vivant, les écosystèmes et les sociétés. ISTE Group.

Nations Unies. (s.d). En quoi consistent les changements climatiques?. *Action Climat*. Consulté le 12 novembre 2023, à l'adresse <https://www.un.org/fr/climatechange/what-is-climate-change>

Nations Unies. (S.d). Les effets du réchauffement climatique sur la santé : les pays en développement sont les plus vulnérables. *Chronique ONU*. Consulté le 12 novembre 2023, sur [https:// www.un.org/fr/chronicle/article/les-effets-du- rechauffement-climatique-sur-la-sante-les-pays-en- developpement-sont-les-plus](https://www.un.org/fr/chronicle/article/les-effets-du-rechauffement-climatique-sur-la-sante-les-pays-en-developpement-sont-les-plus)

National Research Council (US) Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health.(1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington (DC): National Academies Press (US). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216628/>

Niranjan, A. (2024). Temperatures 1.5C above pre-industrial era average for 12 months, data shows. *The Guardian*. Consultable à l'adresse : <https://www.theguardian.com/environment/article/2024/jul/08/temperatures-1-point-5c-above-pre-industrial-era-average-for-12-months-data-shows>

Nganda, S. & al. (2023). Be-Momo the Belgian mortality monitoring : été 2022. *Sciensano*. Consultable à l'adresse : <https://epistat.sciensano.be/docs/momo/Be-MOMO-summer-2022-FR.pdf>

NOAA's National Weather Service. (2006). Service Assessment : Hurricane Katrina, August 23-31, 2005. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. Consulté le 20 mai 2024, à l'adresse : <https://www.weather.gov/media/publications/assessments/Katrina.pdf>

Observatoire des Forêts Wallonnes. (2020). Rapport sur l'état des forêts.

OMS. (2016). Ambient air pollution : a global assessment of exposure and burden of disease. WHO Press. 1-131.

OMS. (2017). Rayonnement ultraviolet (UV) et cancer de la peau. Consulté le 16 juillet 2024, à l'adresse : [https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/ultraviolet-\(uv\)-radiation-and-skin-cancer](https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/ultraviolet-(uv)-radiation-and-skin-cancer)

OMS. (2018). Breathe Life : how air pollution impacts your body.

OMS. (2020). Maladies à transmission vectorielle. Consulté le 11 juin 2024, à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

OMS. (2020). Zoonoses. Consulté le 11 juin 2024, à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>

Organisation Mondiale de la Santé. (2021). Changement climatique et santé. Consulté le 12 novembre 2023, sur [https:// www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health)

OMS. (2021). Maladies cardiovasculaires. Consulté le 15 juin 2024, à l'adresse : [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

OMS. (2022). La santé doit être au centre des négociations sur le changement climatique de la COP27. Communiqués de Presse. Consulté le 12 novembre 2022, sur <https://www.who.int/fr/news/item/06-11-2022-health-must-be-front-and-centre-in-the-cop27-climate-change-negotiations>

OMS. (2023). Changement climatique. Consulté le 3 mai 2024, à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

OMS. (2023). Eau Potable. Consulté le 18 mai 2024, à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

OMS. (2024). Maladies des voies respiratoires. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse : <https://www.emro.who.int/fr/health-topics/respiratory-tract-diseases/Page-1.html>

O'Neill, B. C., & al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169-180.

ONU. (2023). Causes du changement climatique. *Action Climat*. Consulté le 18 avril 2024, à l'adresse : <https://www.un.org/fr/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

Paranjothy, S., & al. (2011). Psychosocial impact of the summer 2007 floods in England. *BMC public health*, 11, 1-8.

Park, J., Kim, H. J., Lee, C. H., Lee, C. H., & Lee, H. W. (2021). Impact of long-term exposure to ambient air pollution on the incidence of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 194, 110703.

Parker, E. R., Mo, J., & Goodman, R. S. (2022). The dermatological manifestations of extreme weather events: a comprehensive review of skin disease and vulnerability. *The Journal of Climate Change and Health*, 8, 100162.

Pison, G. (2022). Huit milliards d'humains aujourd'hui, combien demain?. Bulletin mensuel. D'information de l'Institut national d'études démographiques. *Population et Sociétés*, 604.

PNUD. (2024). Les ODD en action. *Objectifs de développement*. Consulté à l'adresse : [https://www.undp.org/fr/sustainable-development-goals#:~:text=de développement durable ?,Les Objectifs de développement durable \(ODD\), également nommés Objectifs,prospérité d'ici à 2030.](https://www.undp.org/fr/sustainable-development-goals#:~:text=de développement durable ?,Les Objectifs de développement durable (ODD), également nommés Objectifs,prospérité d'ici à 2030.)

Riahi, K., et al. (2017). The SSP3: A scenario of regional rivalry. *Global Environmental Change*, 42. 331-345.

Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020). Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector. Consulté le 29 juillet 2024, à l'adresse : <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector#article-citation>

Robine & al. (2008). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes rendus biologiques*, 331. 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.12.001>

Samir, K. C., & Lutz, W. (2017). The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. *Global Environmental Change*, 42, 181-192.

Santé Publique France. (2023). Fortes chaleurs et canicule : un impact sur la mortalité important nécessitant le renforcement de la prévention et de l'adaptation au changement climatique. Consulté le 9 juin 2024,   l'adresse : <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2023/fortes-chaleurs-et-canicule-un-impact-sur-la-mortalite-important-necessitant-le-renforcement-de-la-prevention-et-de-l-adaptation-au-changement-cl>

Sciensano. (2023). Mortalité et Causes de Décès: Mortalité générale. *Health Status Report, Bruxelles, Belgique*. Consultable à l'adresse : <https://www.belgiqueenbonnesante.be/fr/etat-de-sante/mortalite-et-causes-de-deces/mortalite-generale>

Sciensano. (2024). Déterminants de Santé : Qualité de l'air. *Health Status Report, Bruxelles, Belgique*. Consultable à l'adresse : <https://www.belgiqueenbonnesante.be/fr/etat-de-sante/determinants-de-sante/qualite-de-lair>

Sciensano. (s.d). Environmental Risk Factors. Consulté le 16 mai 2024 à l'adresse : <https://epistat.sciensano.be/momo/>

Sciensano. (s.d). MEMO+ Surveillance des moustiques Aedes en Belgique. Consulté le 16 mai 2024, à l'adresse : <https://www.sciensano.be/fr/projets/surveillance-des-moustiques-exotiques-aedes-en-belgique>

Sciensano. (s.d). TiquesNet. Consulté le 19 juin 2024, à l'adresse : <https://www.sciensano.be/fr/projets/tiquesnet>

Sciensano & Réseau Belge de Surveillance Aérobiologique. (2024). *Calendrier des saisons*. Consultable à l'adresse : <https://airallergy.sciensano.be/fr>

Seguin, B. (2003). Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique. *Comptes Rendus Geoscience*, 335(6-7), 569-575.

StatBel. (2024). Composition de la population vivant dans des ménages privés en 2021. *Ménages*. Consultable à l'adresse : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/census/menages-et-noyaux/menages#:~:text=Ménages isolés,en Région de Bruxelles-Capitale>.

StatBel. (2024). COVID-19 en baisse, les tumeurs restent la principale cause de décès en 2021. *Causes de décès*. Consulté le 15 juin 2024, à l'adresse : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/mortalite-et-esperance-de-vie/causes-de-deces#panel-13>

StatBel. (2024). La Belgique comptait 11.763.650 habitants au 1er janvier 2024. *Structure de la population*. Consultable à l'adresse : <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/structure-de-la-population>

The Guardian. (2021). Death toll exceeds 180 as Germany and Belgium hit by devastating floods. *The Guardian Report*.

de Thiers, V. & Bilterijs, M. (2023). Encore un été compliqué pour les agriculteurs belges: »il va y avoir des conséquences sur les rendements ». Consultable à l'adresse : <https://www.rtbf.be/article/>

[encore-un-ete-complice-pour-les-agriculteurs-belges-il-va-y-avoir-des-consequences-sur-les-rendements-11238457](#)

UN. (2015). Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe : 2015-2030. Consultable à l'adresse : https://www.unisdr.org/files/43291_frenchsendaiframeworkfordisasteris.pdf

UN-Water. (2021). Summary Progress Update 2021 : SDG 6 - water and sanitation for all. 1-54

Van de Vel, K., & al. (2021). Impact of climate change on the healthcare system in Belgium : Final Report. *Vito, Mobius & Sciensano*. Consultable à l'adresse : https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/fhs_climate-healthcare_final_report_final.pdf

Van der Heyden, J. & Charafeddine, R. (2019). Maladies et affections chroniques : Enquête de santé 2018. *Sciensano*. Consulté le 15 mai 2024, à l'adresse : https://www.sciensano.be/sites/default/files/ma_fr_2018.pdf

Verscheure, P., & al. (2023). Impact of environmental nitrogen pollution on pollen allergy: A scoping review. *Science of the Total Environment*, 893, 164801.

Vicedo-Cabrera, A.M., & al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nature Climate Change* 11, 492–500. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01058->

Wallonie environnement & Wallonie énergie. (2019). Stratégie à long terme pour la Wallonie : vers une Wallonie Climatiquement neutre en 2050. Consultable à l'adresse : https://www.cnc-nkc.be/sites/default/files/report/file/2020-02-19_lts_be_fr.pdf

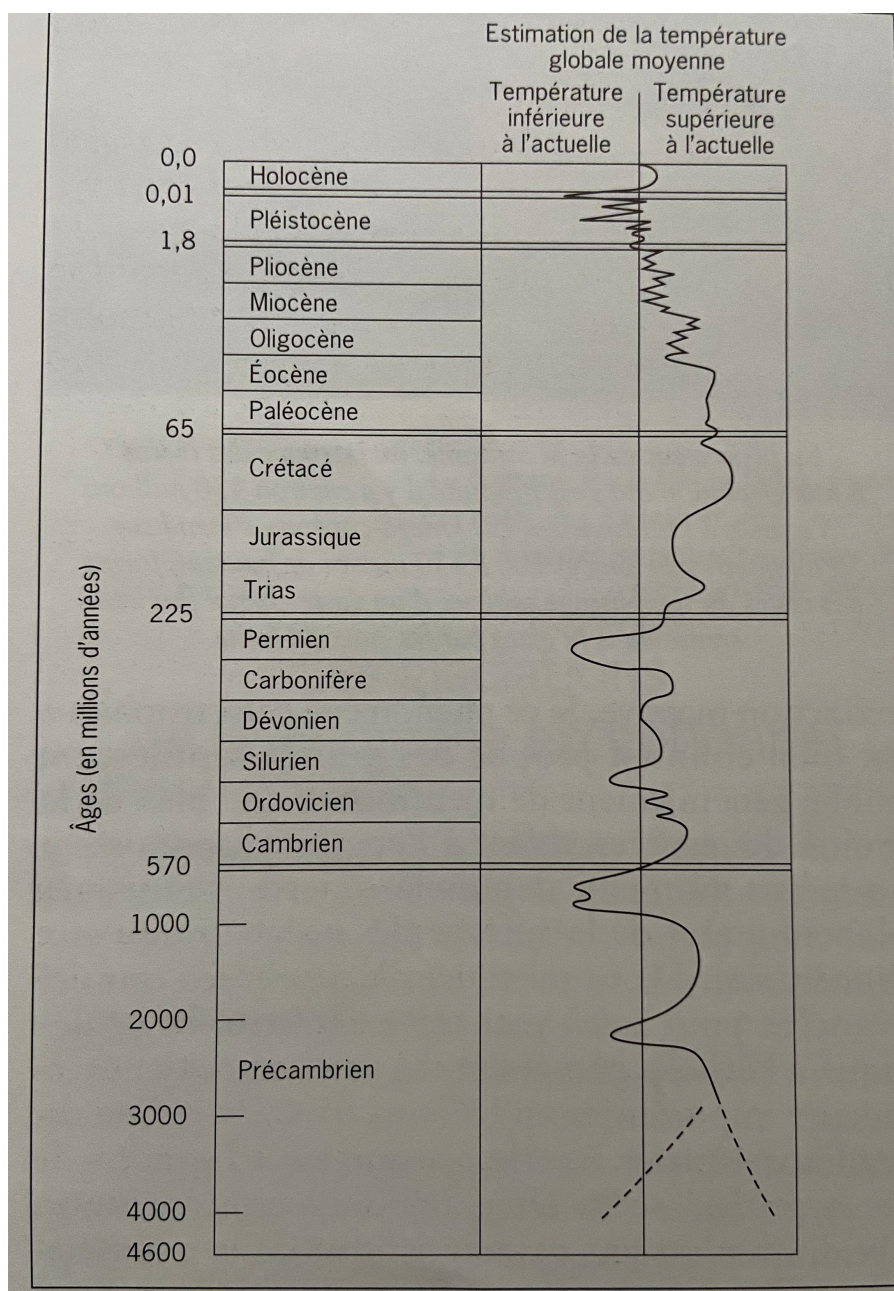
Watson, T. P. G., Tong, M., Bailie, J., Ekanayake, K., & Bailie, R. S. (2024). Relationship between climate change and skin cancer and implications for prevention and management: a scoping review. *Public Health*, 227, 243-249.

Welti, M-A. (2019). Virus Influenza. Société Française de Microbiologie. Consulté le 18 juin 2024, à l'adresse : https://www.sfm-microbiologie.org/wp-content/uploads/2019/02/VIRUS_INFLUENZA.pdf

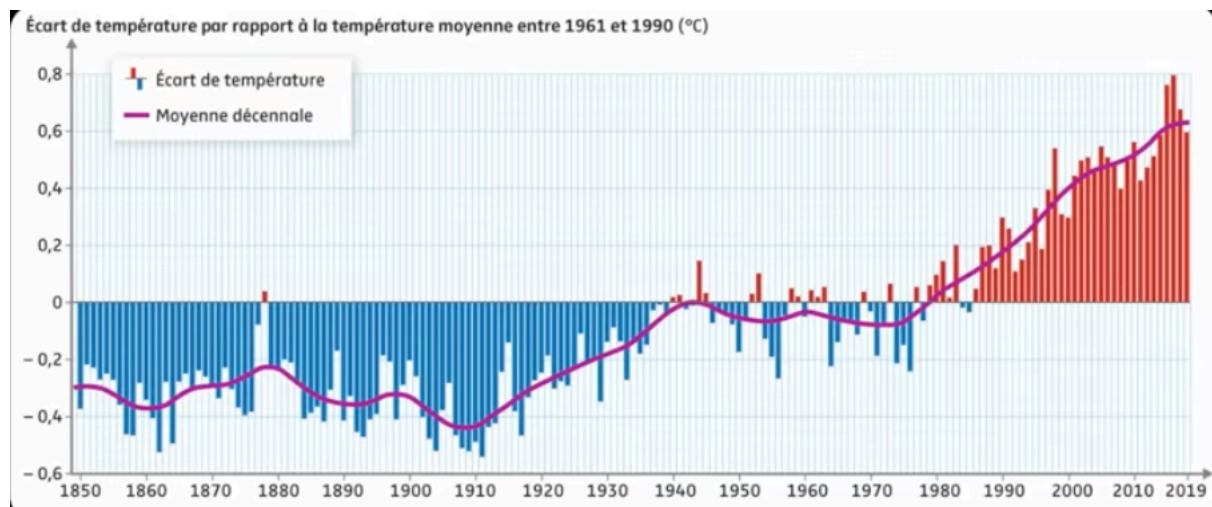
Zhang, S., & al. (2022). Climate change and cardiovascular disease—the impact of heat and heat-health action plans. *European society of cardiology. E-Journal of Cardiology practice*, 22(18). Consulté le 15 juin, à l'adresse : <https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-22/climate-change-and-cardiovascular-disease-the-impact-of-heat-and-heat-health-a>

Annexes

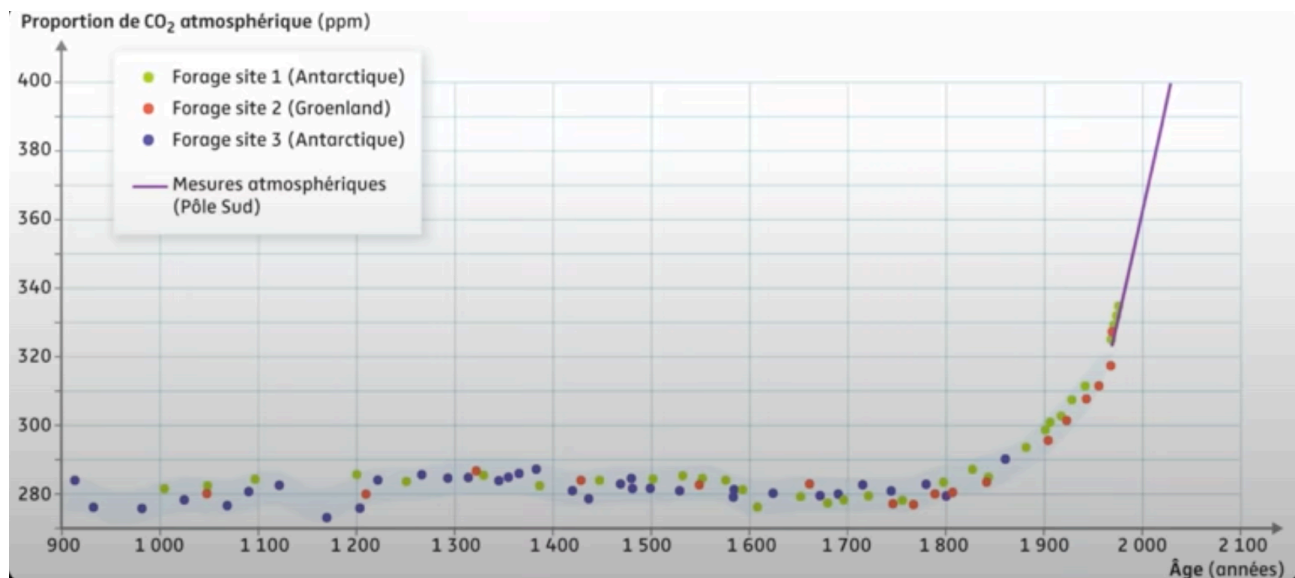
Annexe 1 : « Estimation de la température globale moyenne », Joussaume, 2000.



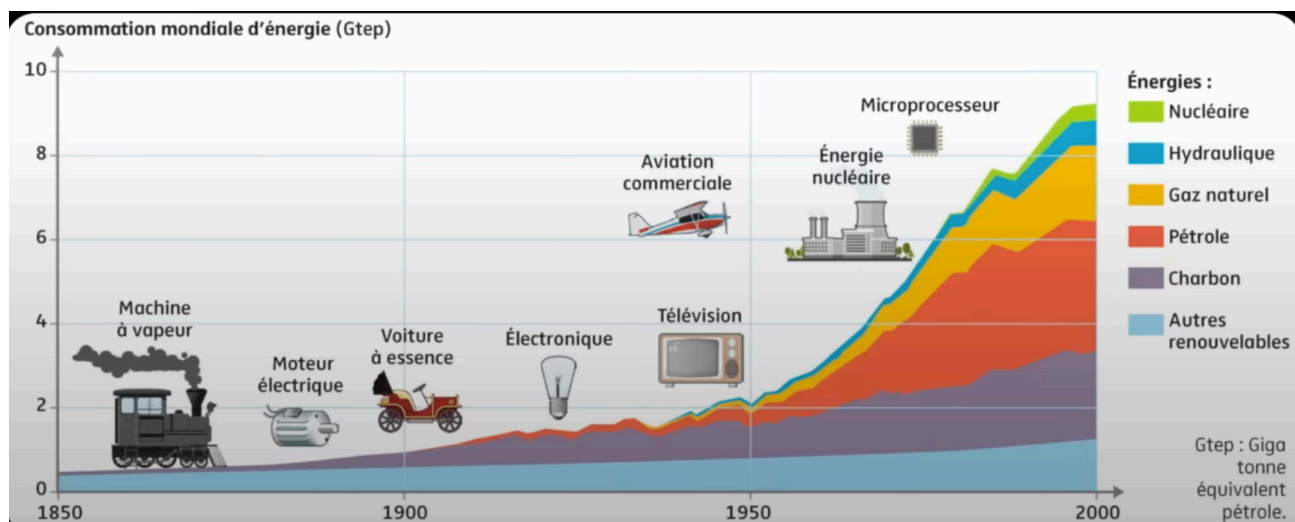
Annexe 2 : « Ecart de température par rapport à la température moyenne entre 1961 et 1990 », Avisseau & al., 2020.



Annexe 3 : « Proportion de CO₂ atmosphérique (ppm) » de 900 à 2100, Avisseau & al., 2020.



Annexe 4 : « Consommation mondiale d'énergie » au cours du temps selon les types d'énergie, Avisseau & al., 2020.



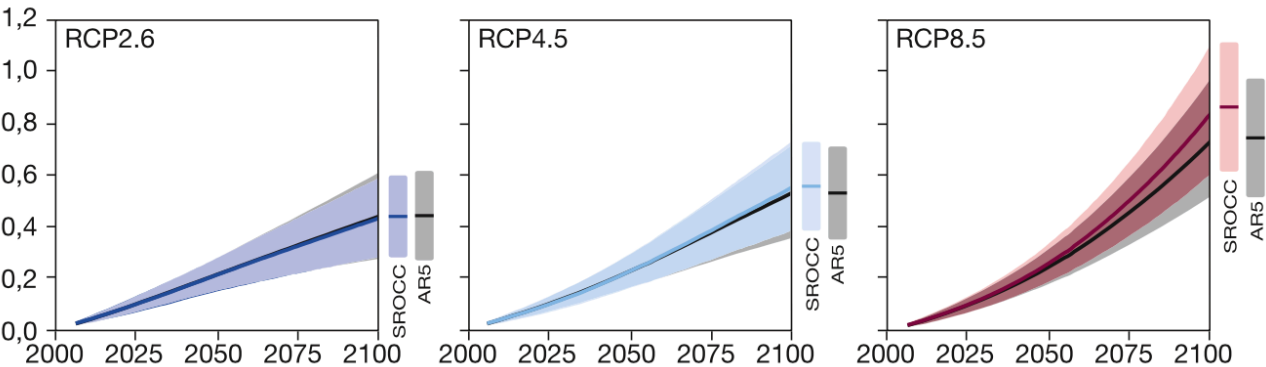
Annexe 5 : Comparaison des températures de la surface du globe et des eaux, en fonction des différents RCP, IPCC, 2014

		2046–2065		2081–2100	
	Scenario	Mean	Likely range ^c	Mean	Likely range ^c
Global Mean Surface Temperature Change (°C) ^a	RCP2.6	1.0	0.4 to 1.6	1.0	0.3 to 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 to 2.0	1.8	1.1 to 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 to 1.8	2.2	1.4 to 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 to 2.6	3.7	2.6 to 4.8
	Scenario	Mean	Likely range ^d	Mean	Likely range ^d
Global Mean Sea-level Rise (m) ^b	RCP2.6	0.24	0.17 to 0.32	0.40	0.26 to 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 to 0.33	0.47	0.32 to 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 to 0.32	0.48	0.33 to 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 to 0.38	0.63	0.45 to 0.82

Annexe 6 : « Projection de la hausse moyenne du niveau des mers par rapport à la période 1986-2005 », GIEC, 2019.

Projection de la hausse moyenne du niveau des mers par rapport à la période 1986-2005

En mètres

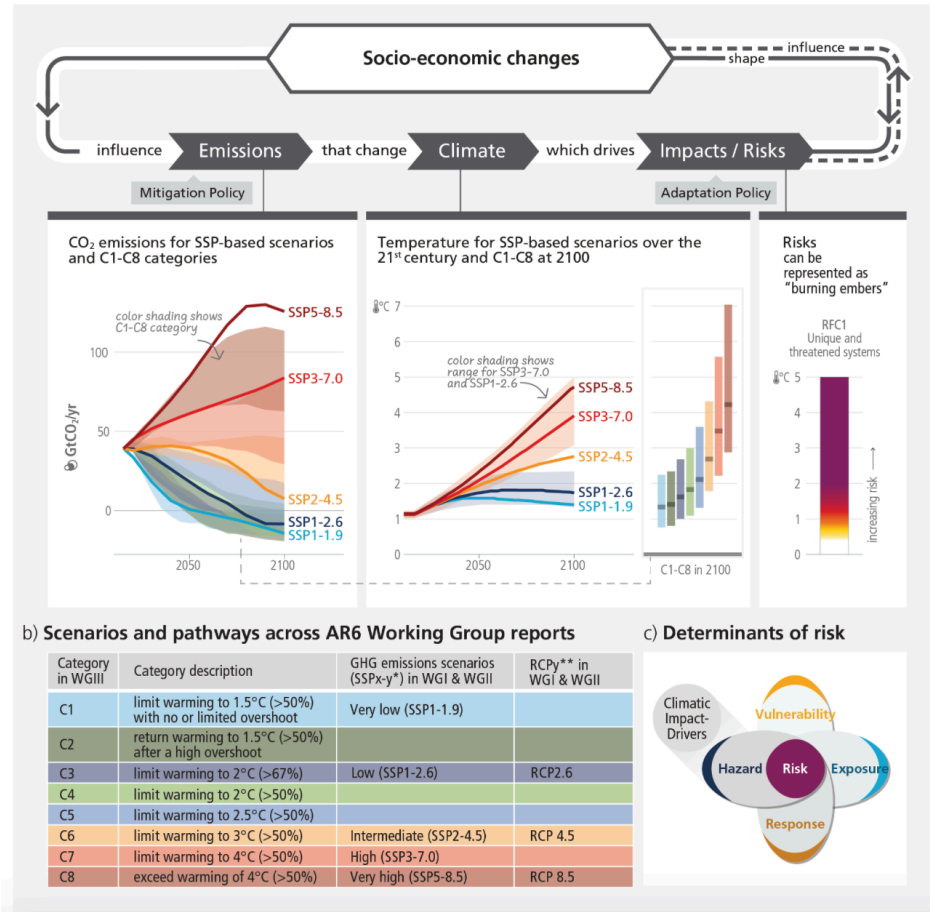


Source : Giec, SROCC, 2019

Annexe 7 : « Scenarios and warming levels structure our understanding across the cause-effect chain from emissions to climate change and risks », IPCC, 2023.

Scenarios and warming levels structure our understanding across the cause-effect chain from emissions to climate change and risks

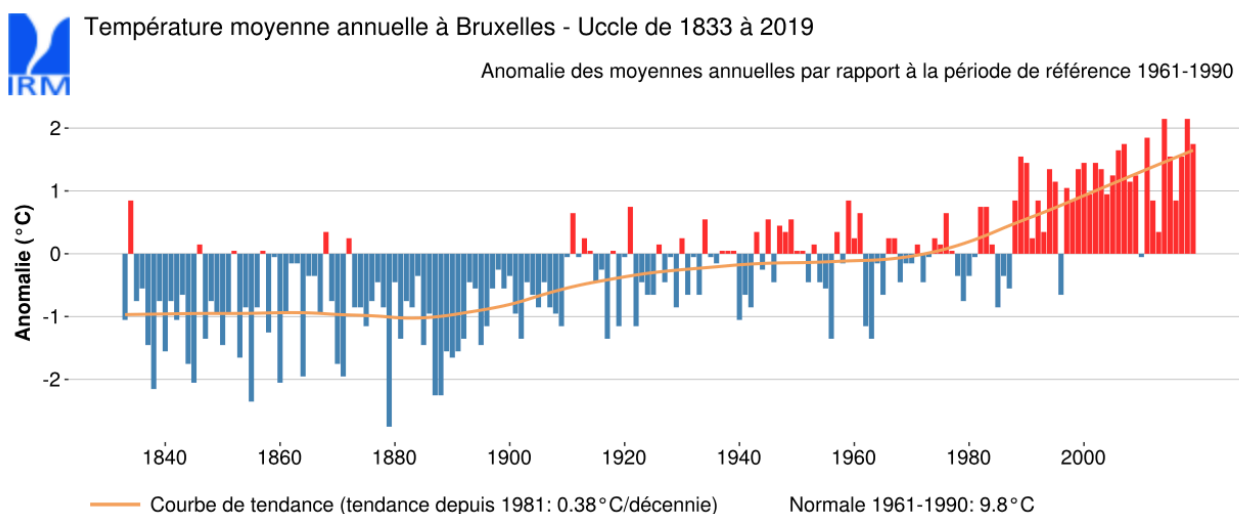
a) AR6 integrated assessment framework on future climate, impacts and mitigation



Annexe 8 : Trajectoires SSP, O'Neill, 2017.



Annexe 9 : « Température moyenne annuelle à Bruxelles - Uccle de 1833 à 2019 », IRM, 2020.



Annexe 10 : « Nombre de vagues de chaleur à Uccle de 1892 à 2019 », IRM, 2020.

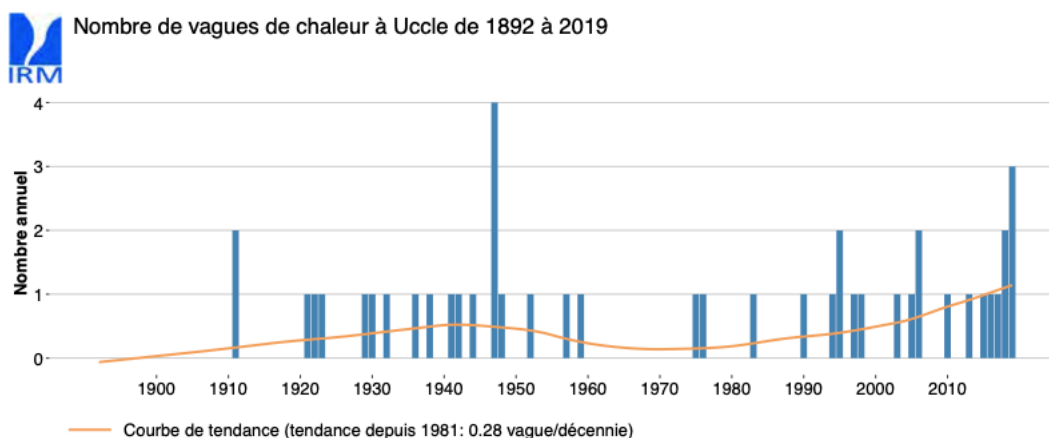


Figure 1.5. Évolution du nombre annuel de vagues de chaleur à Uccle, sur la période 1892-2019. La valeur moyenne du paramètre sur la période est 0,34.

Annexe 11 : « Intensité annuelle maximale des vagues de chaleur à Uccle de 1892 à 2019 », IRM, 2020.

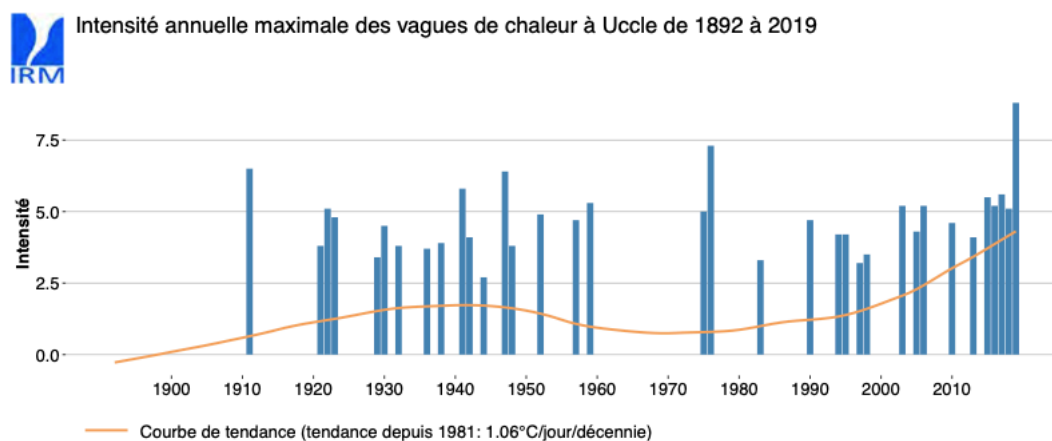


Figure 1.6. Évolution de l'intensité annuelle maximale des vagues de chaleur à Uccle, sur la période 1892-2019

Annexe 12 : « Nombre annuel de jours avec un minimum inférieur à 0°C à Uccle de 1892 à 2019 », IRM, 2020.

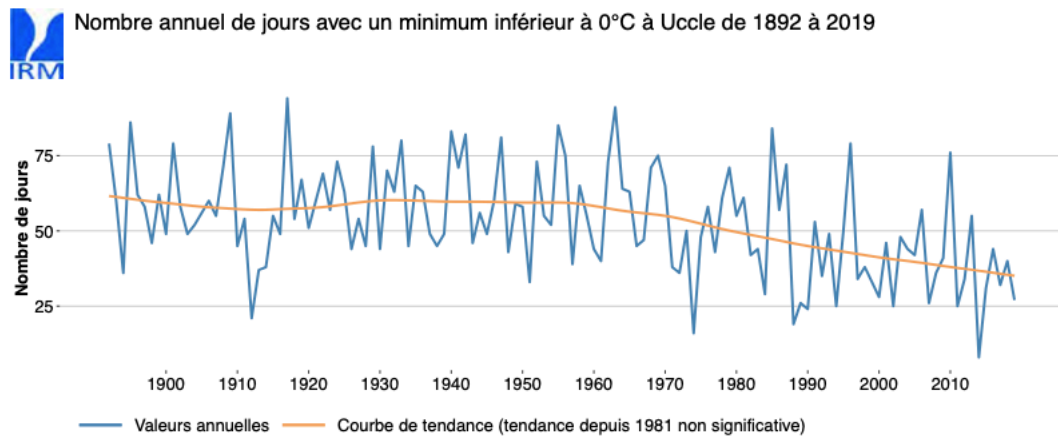


Figure 1.7. Évolution du nombre annuel de jours de gel (température minimale inférieure à 0°C) à Uccle, sur la période 1892-2019. La valeur moyenne du paramètre sur la période est 53,0 jours.

Annexe 13 : « Nombre de vagues de froid à Uccle de 1892 à 2019 », IRM, 2020.

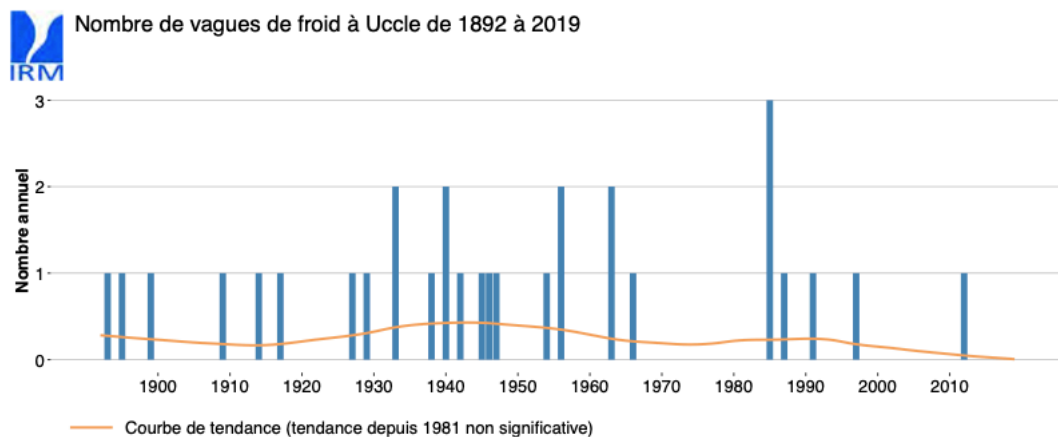
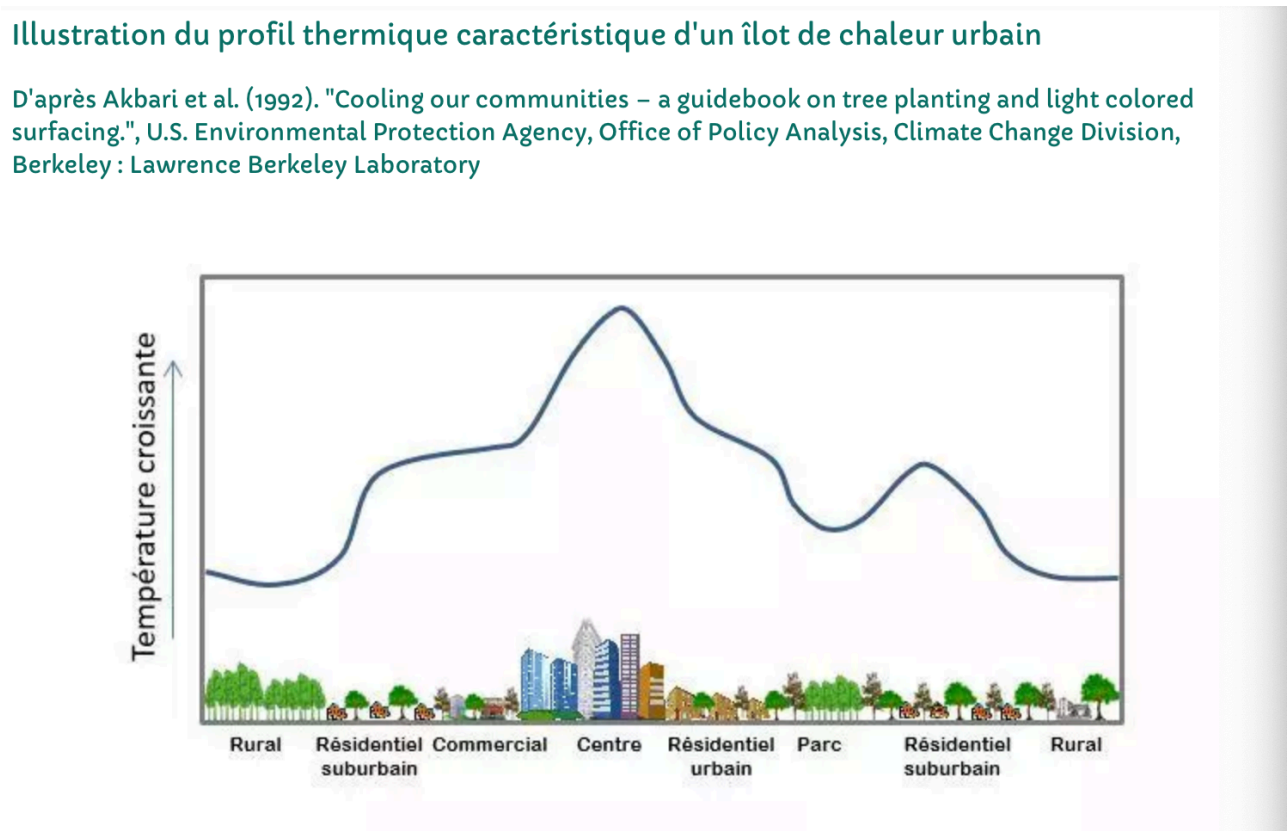


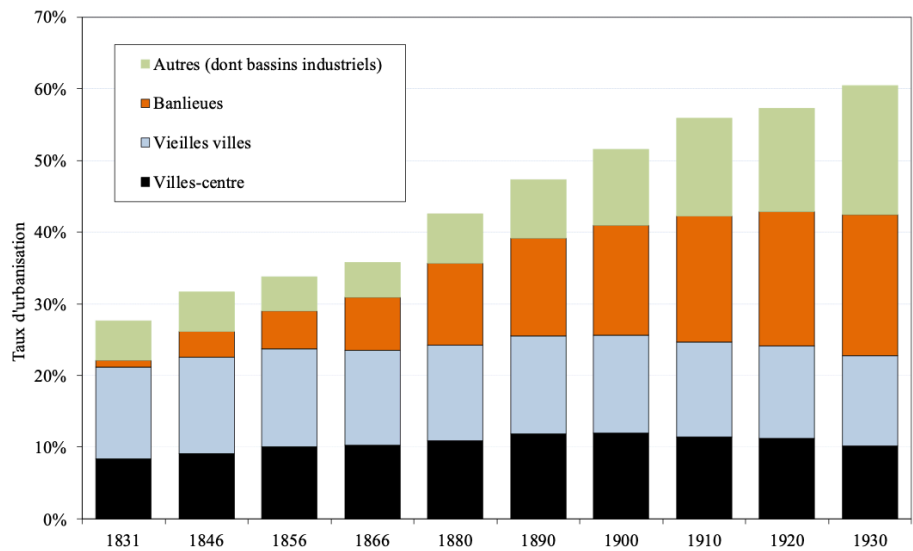
Figure 1.9. Évolution du nombre annuel de vagues de froid à Uccle, sur la période 1892-2019. La valeur moyenne du paramètre sur la période est 0,23.

Annexe 14 : « Illustration du profil thermique caractéristique d'un îlot de chaleur urbain », Brussels Environnement, 2023.

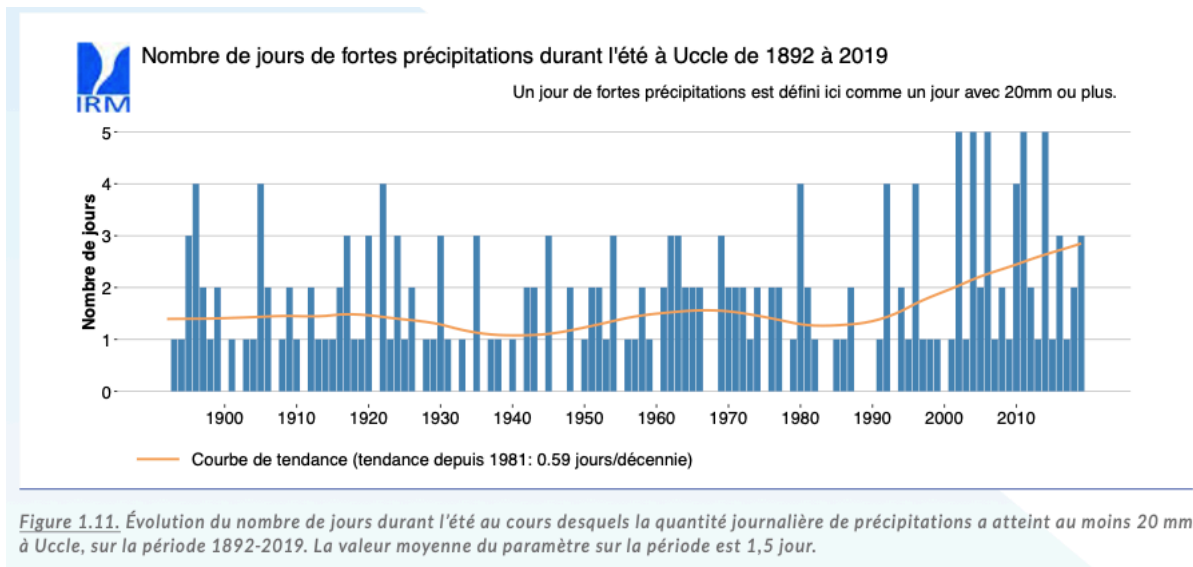


Annexe 15 : « La contribution des différents modèles urbains à l'évolution du taux d'urbanisation en Belgique, de 1830 à 1930 », Eggerickx, 2013.

La contribution des différents modèles urbains à l'évolution du taux d'urbanisation en Belgique, de 1830 à 1930



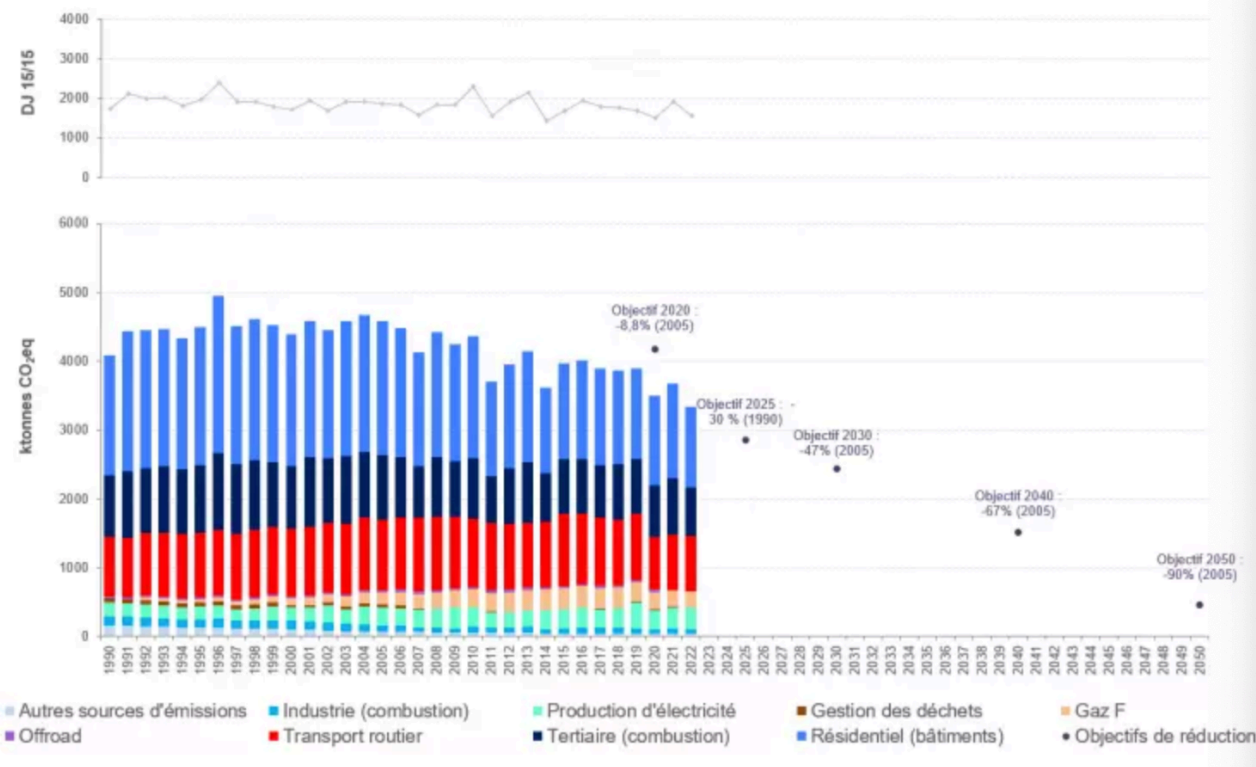
Annexe 16 : « Nombre de jours de fortes précipitations durant l'été à Uccle de 1892 à 2019 », IRM, 2020.



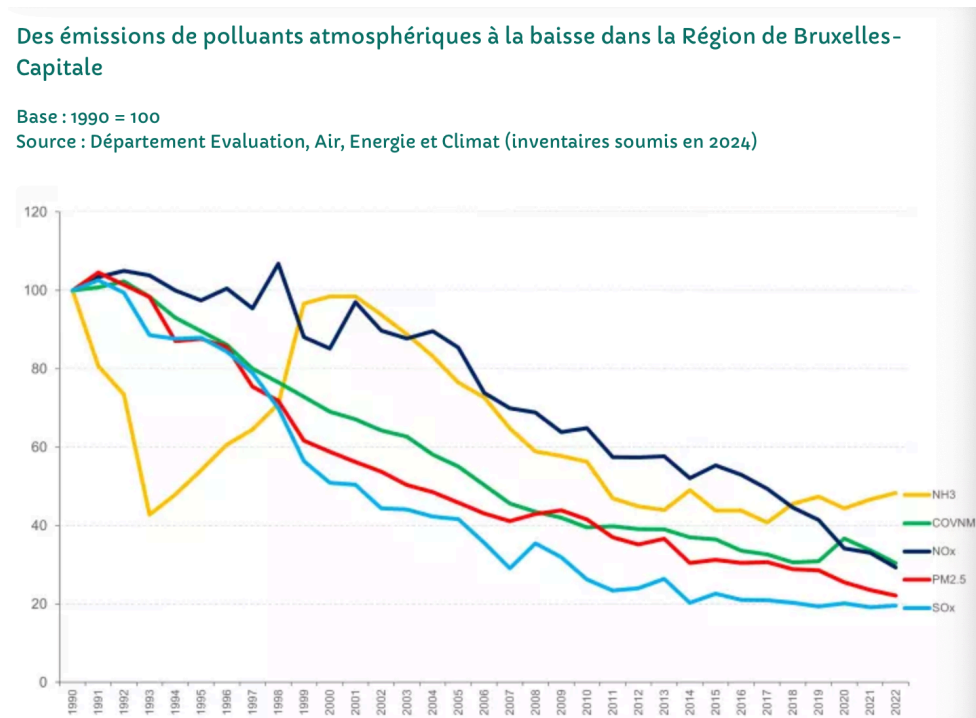
Annexe 17 : « Emissions directes de GES en région de Bruxelles-Capitale », Brussels Environnement, 2023.

Les émissions directes de GES à la baisse en Région de Bruxelles-Capitale

Source : Bruxelles Environnement, Dpt Evaluation Air Climat Energie 2024



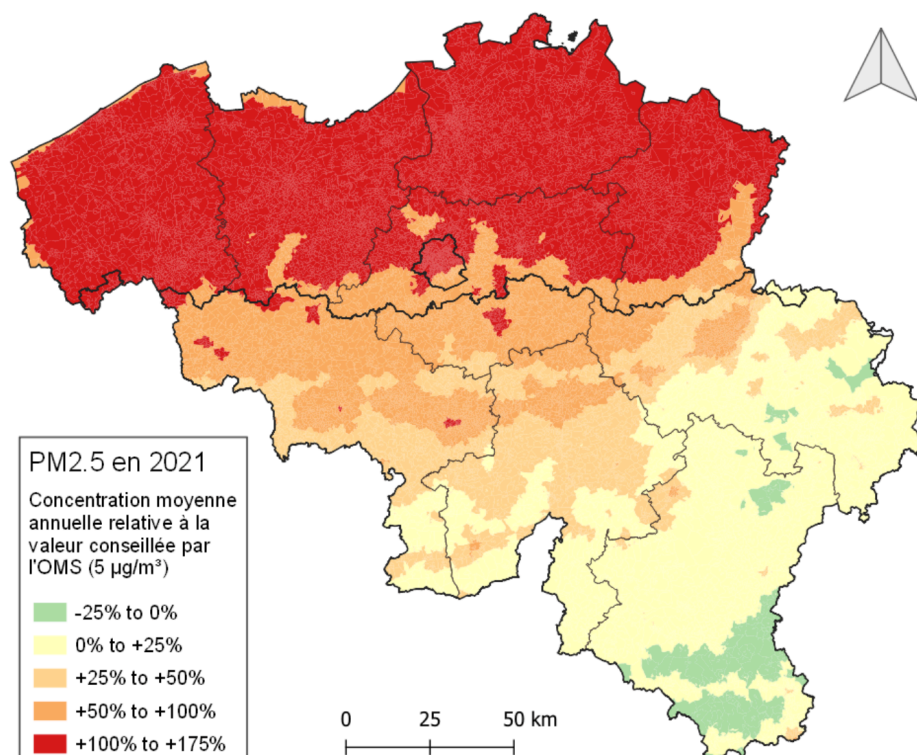
Annexe 18 : « Des émission de polluants atmosphériques à la baisse dans la région de Bruxelles Capitale », Brussels Environnement, 2023.



Annexe 19 : « Concentration relative de PM_{2.5} par secteur statistique en Belgique, 2021 », Sciensano, 2024.

Concentration relative de PM_{2.5} par secteur statistique en Belgique, 2021

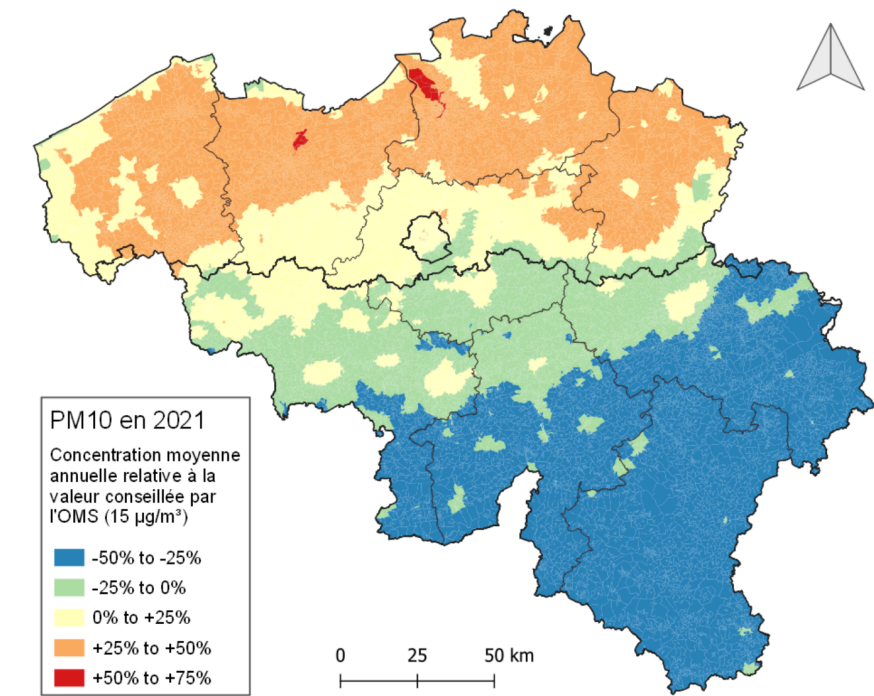
Source: Calculs des auteurs sur base des données de pollution atmosphérique fourni par CELINE [17].



Annexe 20 : « Concentration relative de PM10 par secteur statistique en Belgique, 2021 », Sciensano, 2024.

Concentration relative de PM₁₀ par secteur statistique en Belgique, 2021

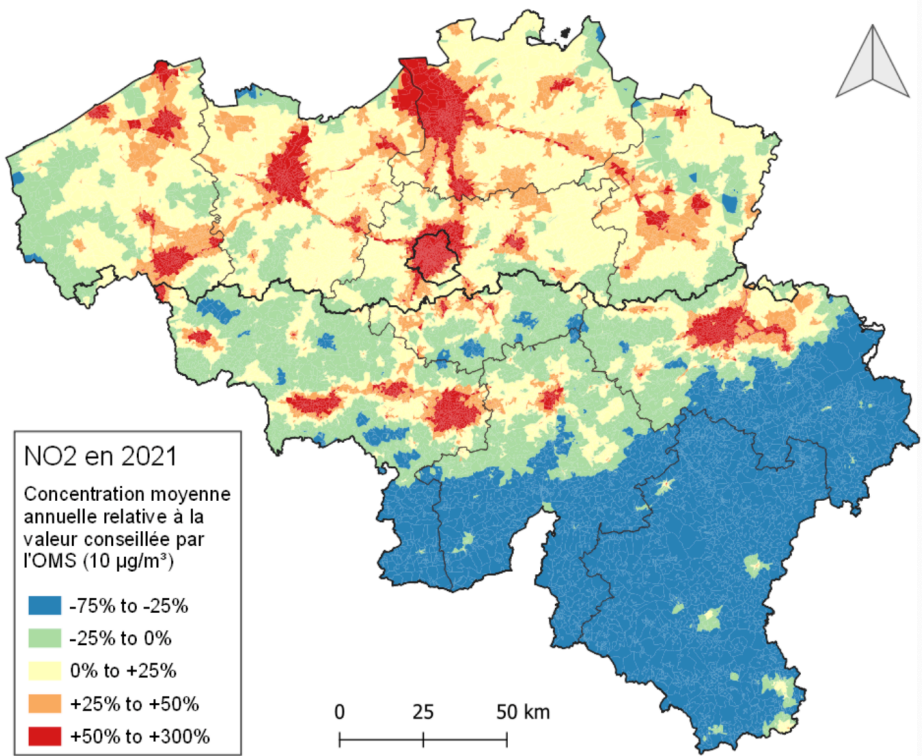
Source: Calculs des auteurs sur base des données de pollution atmosphérique fourni par CELINE [17].



Annexe 21 : « Concentration relative de NO₂ par secteur statistique en Belgique, 2021 », Sciensano, 2024.

Concentration relative de NO₂ par secteur statistique en Belgique, 2021

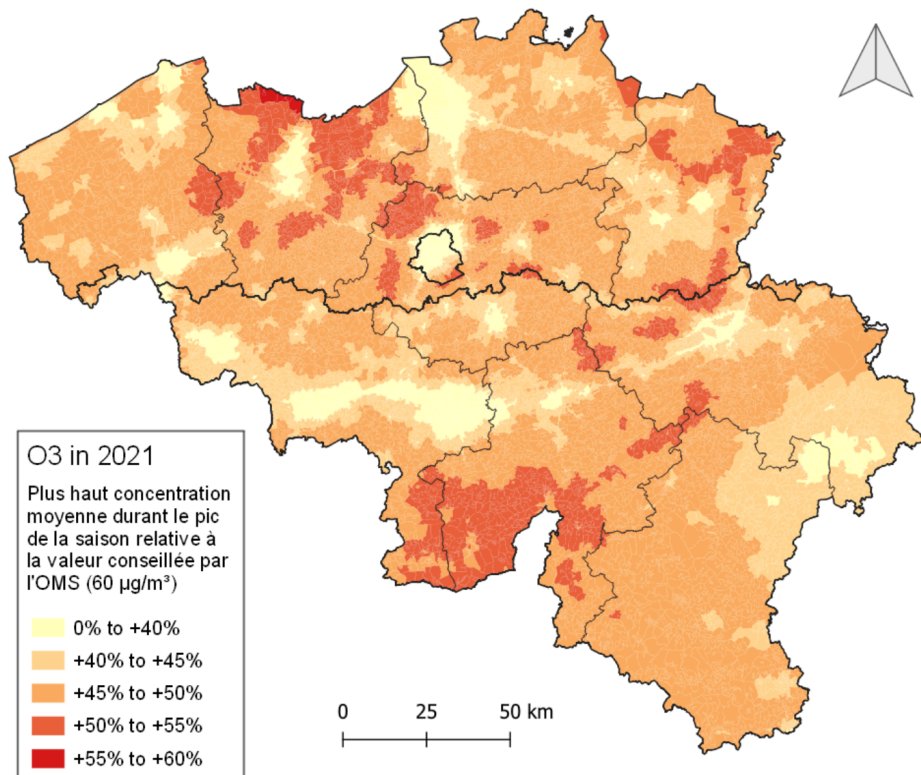
Source: Calculs des auteurs sur base des données de pollution atmosphérique fourni par CELINE [17].



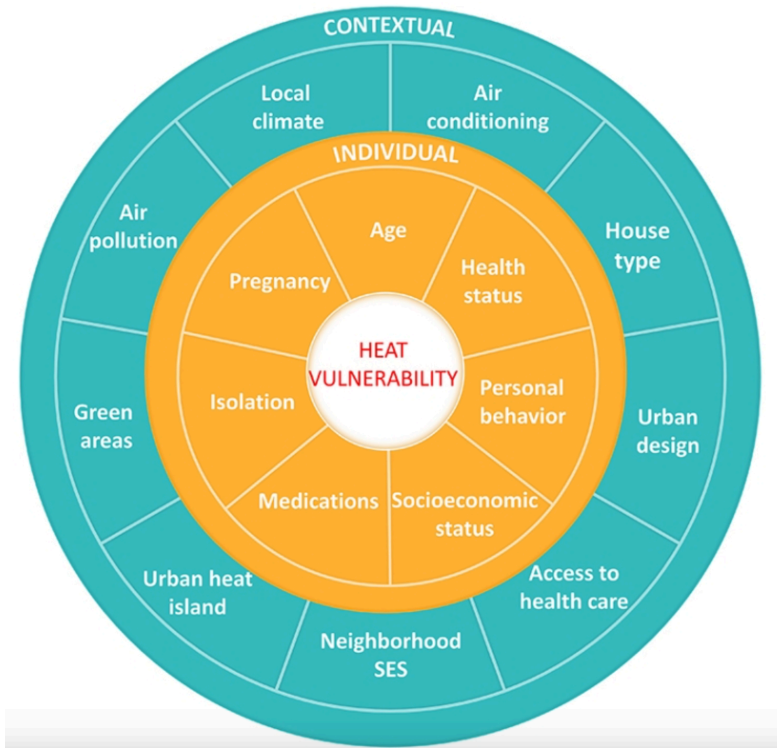
Annexe 22 : « Concentration relative de O3 par secteur statistique en Belgique, 2021 », Sciensano, 2024.

Concentration relative de O₃ par secteur statistique en Belgique, 2021

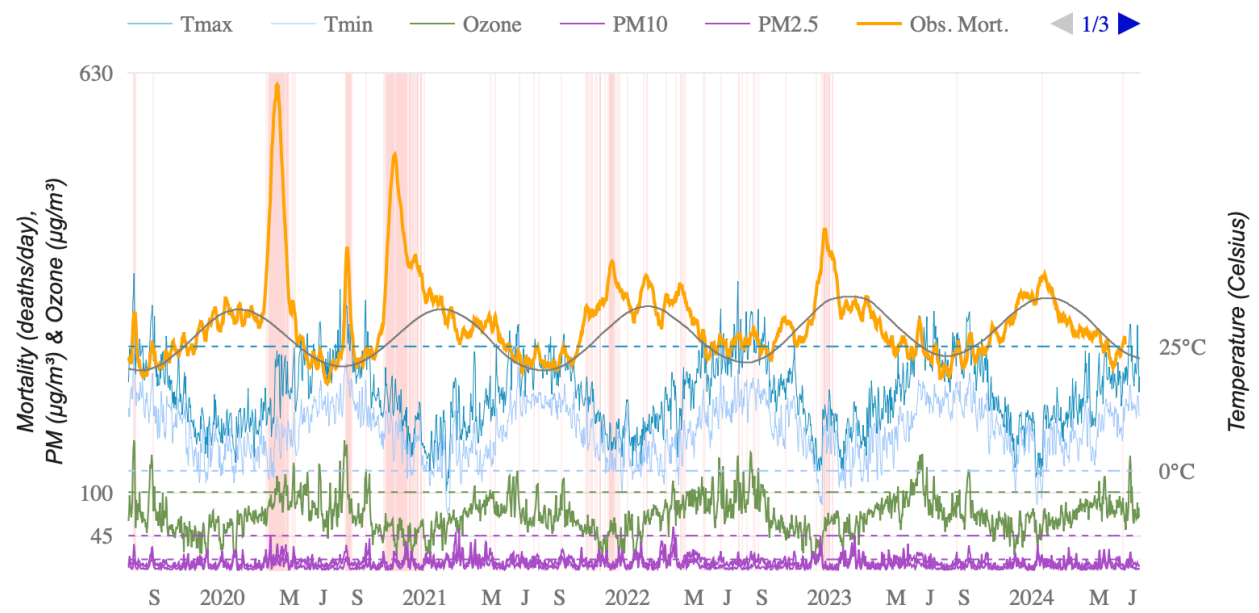
Source: Calculs des auteurs sur base des données de pollution atmosphérique fourni par CELINE [17].



Annexe 23 : « Individual and contextual factors influencing vulnerability to heat », Zhang & al., 2022.



Environmental Risk Factors



Annexe 25 : « Calendrier des pollens et des moisissures », Sciensano & Réseau Belge de Surveillance Aérobiologique, 2024

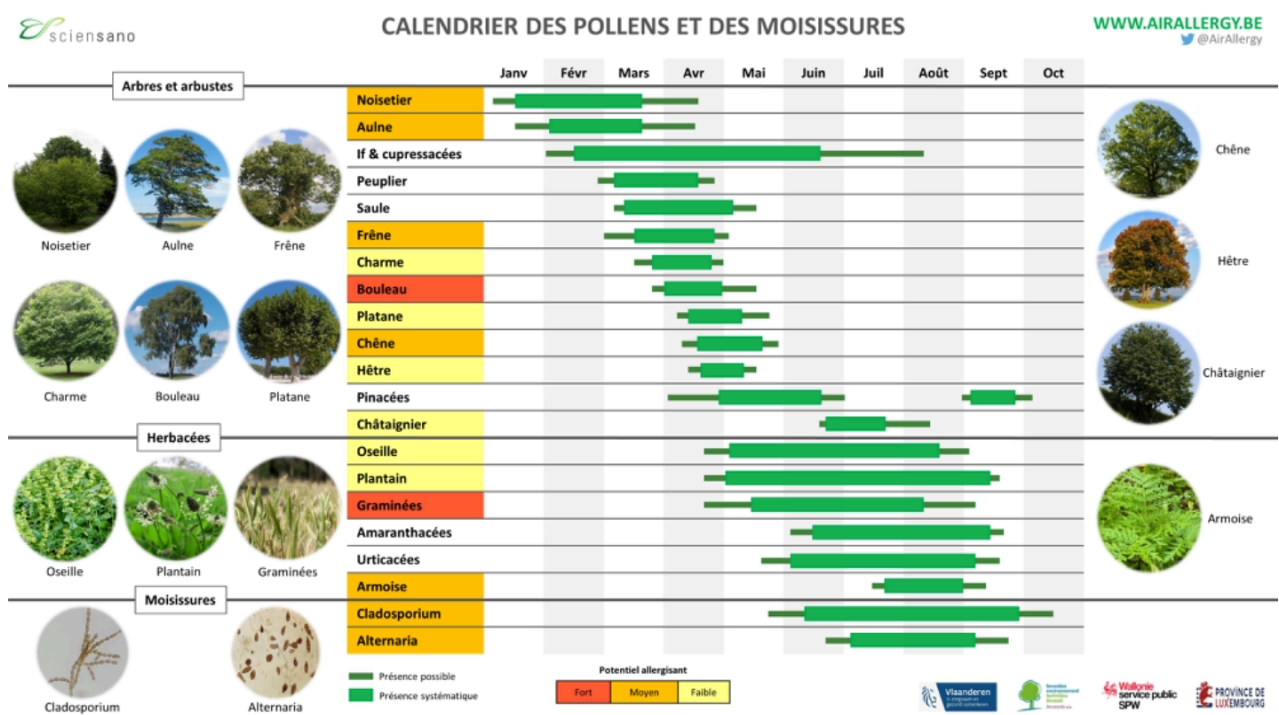
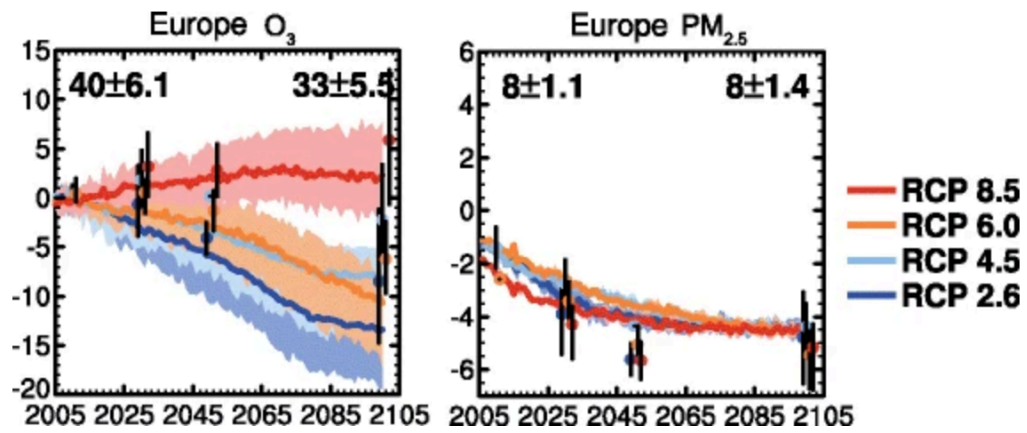


Fig. 3



Annexe 27 : Grille d'évaluation du mémoire

CRITERES D'EVALUATION DU MEMOIRE

Appréciation (sur 20)	Elaboration et mise en œuvre de la question	Analyse théorique, concepts, hypothèses	Méthodologie, recherche de l'information	Analyse critique de l'information	Structure et cohérence	Forme de présentation (layout, références)	Esprit d'initiative, régularité et	Qualité de la présentation orale et de la
<6								
6-7								
8-9								
10-11								
12-13								
14-15								
16-17								
18-20								

REPERES POUR L'EVALUATION GLOBALE ET L'APPRECIATION DES CRITERES

Évaluation générale	Le travail n'est pas recevable	Tout juste suffisant	Correct sans plus	Travail tout-à-fait correctement mené	Témoigne de la capacité à mener	Mémoire a le potentiel de devenir un article scientifique
Note	<10	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20

Résumé :

Ce mémoire explore l'impact du changement climatique sur la santé en Belgique à l'horizon 2100. Responsable de variations de températures, de changement dans le régime des précipitations et des modifications de la qualité de l'air, les différents scénarios de projections climatiques (RCP) impliquent des conséquences plus ou moins importantes sur la santé publique belge. Les politiques d'atténuation et d'adaptation mises en place en Belgique et en Europe semblent centrales pour la résilience de la population face aux risques sanitaires du changement climatique.

Mots clés : Changement climatique, Santé, Belgique, Projections climatiques, 2100.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication
École des sciences politiques et sociales (PSAD)

Place Montesquieu, 1 bte L2.08.05, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/psad