

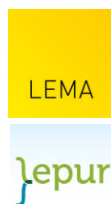


Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques

Villes

Risques pour les logements liés à la chaleur et aux îlots de chaleur urbains

Rapport méthodologique



Pouvoir adjudicateur :





Auteurs

Coraline Wyard, Chargée de projet, ISSeP, c.wyard@issep.be

Julian Jacquemin, Chercheur, ULiège-LEMA, julian.jacquemin@uliege.be

Comité de relecture

Manu Harchies - mha@icedd.be

Cellule Télédétection et Géodonnées, ISSeP

Personne de contact

Coraline Wyard, Chargée de projet, ISSeP, c.wyard@issep.be

Photo de couverture : Jonas Jaeken from Unsplash

Liège, le 18 mars 2025

Comment citer ce rapport

Wyard, C. Jacquemin, J. Harchies, M. (2025). *Risques climatiques en Wallonie. Indicateur de risque pour les logements et la population face aux vagues de chaleur et au phénomène d'îlot de chaleur urbain*. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC).



Table des matières

1. Introduction	4
2. Résumé	4
3. Définition de l'indicateur et périmètre	5
4. Matériel et méthode	5
4.1. Approche par la population (ISSeP).....	5
4.2. Approche par les ménages (LEMA)	6
4.3. Données.....	7
5. Résultats	11
5.1. Exposition de la population à la chaleur et aux ICU	11
5.2. Exposition des ménages à la chaleur et aux ICU.....	15
5.3. Comparaison des deux approches	17
5.4. Risque lié à la chaleur et aux ICU	18
6. Discussion	20
6.1. Synthèse	20
6.2. Zones à risques et zones d'intervention prioritaire	21
6.3. Limites	21
6.4. Recommandations	21
6.5. Perspectives d'amélioration	22
7. Annexes	23
7.1. Synthèse des groupes de travail	23
8. Références	25

1. Introduction

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats de la construction de l'indicateur risque lié aux vagues de chaleur et aux îlots de chaleur urbain permettant d'évaluer les risques pour la population au travers des logements.

Avec le changement climatique, les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes, intenses, durables, précoces et même tardives en Belgique (Lamarque et al., 2022). Or, ces vagues de chaleur sont généralement plus intenses en ville, car elles sont amplifiées par le phénomène d'**îlot de chaleur urbain** (ICU). En effet, les constructions urbaines stockent la chaleur le jour et la restituent la nuit, tandis que leur configuration empêche une bonne ventilation de la ville. La forte activité humaine génère aussi des flux de chaleur. La faible présence du végétal et de l'eau peine à rafraîchir l'air ambiant. En conséquence, la température est plus élevée en ville qu'à la campagne et particulièrement durant la nuit. L'ICU s'additionne au signal de réchauffement global (Gallardo et al., 2022), avec des impacts notamment sur le confort thermique et la santé des citoyens. Un excès de mortalité est observé dans les villes belges lors des vagues de chaleur particulièrement dans les groupes de population vulnérables tels que les personnes âgées, les jeunes enfants, les personnes souffrant de maladies chroniques ou d'affections préexistantes (De Ridder et al., 2020 ; Van De Vel et al., 2021 ; Demoury et al., 2022). Cette cartographie des risques liés à l'exposition de la population à la chaleur permet dès lors d'identifier les zones les plus à risques et de définir des zones d'intervention prioritaires.

2. Résumé

Cette étude vise à évaluer les risques liés à l'exposition de la population wallonne à la chaleur et aux îlots de chaleur urbain (ICU) à travers trois scénarios climatiques : climat présent, monde à +2°C, et +3°C.

L'étude a d'abord évalué les conséquences du réchauffement climatique sur l'exposition de la population wallonne à la chaleur et aux ICU. Deux analyses complémentaires ont été réalisées par deux équipes différentes pour confirmer les résultats obtenus (ISSEP & LEMA-ULiège). Les résultats montrent qu'actuellement, entre 3 et 5 % de la population et des ménages wallons sont exposés à des aléas modérés à très élevés, répartis sur 17 communes. Dans un monde à +2°C, cette proportion pourrait atteindre 19 à 30 % et concerner 96 communes. À +3°C, jusqu'à 87 % de la population et des ménages seraient exposés et pratiquement toutes les communes auraient des zones de leur territoire où la population serait exposée à ces aléas.

Un indicateur de risque, intégrant l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité socio-économique, a été ensuite calculé à l'échelle des secteurs statistiques. Il montre que le risque est principalement concentré dans les zones urbanisées des grandes et moyennes villes, où se conjuguent des aléas plus intenses, une forte densité de population, et des publics vulnérables. Dans les zones moins urbanisées et rurales, le risque reste faible à très faible quel que soit le scénario climatique.

Les zones à risques ont été définies comme les zones où la population est soumise à des niveaux d'aléas modérés à très élevés. Leur extension spatiale varie suivant le scénario climatique. A court terme, ces zones se concentrent dans les centres urbains des plus grandes villes avant de gagner les villes de plus petites tailles et les noyaux villageois à mesure que le climat se réchauffe.

Les zones d'intervention prioritaires sont les zones où l'indicateur de risque (combinant exposition et vulnérabilité) est modéré à très élevé. Ces zones n'apparaissent dès lors que dans les grandes et moyennes villes quel que soit le scénario climatique.

La cartographie de ces résultats à l'échelle du secteur statistique offre aux décideurs un outil précieux pour identifier les zones d'intervention prioritaire et élaborer des stratégies adaptées à l'échelle du quartier. Cependant, l'étude est limitée par l'hypothèse de constance de la population et de la vulnérabilité sociale. Des données plus précises et des scénarios socio-démographiques permettraient de réduire ces incertitudes.

3. Définition de l'indicateur et périmètre

L'objectif de ce travail est de **caractériser le risque lié à la chaleur et aux îlots de chaleur**.

La définition des risques associés aux ICU repose sur celle prescrite par le GIEC dans son 6^e rapport d'évaluation (IPCC, 2022a ; 2022b) et reprise dans le rapport T0 (Lamarque et al., 2022). Les risques résultent ainsi de la combinaison de trois composantes :

- Le **danger ou l'aléa** se définit par son intensité, son occurrence spatiale (où) et temporelle (quand), et sa durée. Rapporté à la chaleur, la notion d'aléa correspond aux événements de forte chaleur ayant pour effet le réchauffement d'intensité variable de tissus urbains localisés (ADULME, 2022) ;
- L'**exposition** se réfère à la présence de personnes, d'infrastructure, etc. Nous nous intéressons ici à l'exposition de la population au travers de la localisation du logement ;
- La **vulnérabilité** de la population à l'aléa. Cette dernière est liée à sa **sensibilité** à la chaleur (qui dépend du sexe, de l'âge, de facteurs de co-morbidité) et à sa **capacité d'adaptation** et de gestion (qui dépend de facteurs socio-économiques, d'accessibilité aux îlots de fraîcheur, d'existence de plan de prévention).

4. Matériel et méthode

Deux approches ont été testées en vue de caractériser le risque lié à la chaleur et aux ICU.

4.1. Approche par la population (ISSeP)

Cette approche se base sur le croisement entre les cartes d'aléas générées dans ce volet de l'étude (Wyrd, 2025), l'indicateur de vulnérabilité produit par le volet « vulnérabilité socio-économique » (Loozen & Habran, 2025), et la population wallonne par secteur statistique (StatBel) (voir la Section 4.3 pour plus de détails concernant ces données) afin d'obtenir un indicateur de risque.

Préparation des données

Les données de vulnérabilité et de population étant à l'échelle du secteur statistique, les données relatives aux aléas d'ICU ont au préalable été agrégées à cette résolution. L'aléa combiné diurne-nocturne a été utilisé et moyenné par secteur statistique.

Croisement des données

L'exposition de la population wallonne à un aléa modéré à très élevé a été obtenue par croisement des densités de population par secteur statistique avec la carte d'aléa.

Après avoir au préalable normalisé l'ensemble des données, un indicateur de risque a été calculé par addition des composantes normalisée entre elles :

$$Risque = \frac{(aléa+exposition+vulnérabilité)}{3}$$

L'obtention de l'indicateur de risque par somme des composantes a été favorisé en raison de sa simplicité de mise en œuvre et d'interprétation des résultats : une augmentation de l'une des composantes se reflète proportionnellement dans l'indicateur final. Contrairement aux méthodes multiplicatives, les méthodes additives permettent d'éviter une amplification excessive des valeurs. Enfin, nous noterons que les méthodes additives sont largement utilisées dans la littérature relative à l'évaluation des risques liés à la chaleur (e.g. Kazmierczak, 2015 ; Räsänen et al., 2019 ; Estoque et al., 2020).

L'indicateur de risque a été calculé pour chaque scénario climatique à population et vulnérabilité socio-économique inchangée en considérant l'aléa actuel, dans un monde à +2°C et dans un monde à +3°C de réchauffement global par rapport à l'ère préindustriel.

4.2. Approche par les ménages (LEMA)

Cette approche se base sur l'estimation du nombre de ménages par secteur statistique et de leur statut socio-économique en fonction de leur lieu de résidence selon la méthode de Poussard *et al.* (2021). Cette approche est la même que celle mise en place pour le calcul des autres indicateurs de vulnérabilité des ménages face aux risques d'inondation et d'incendie (Jacquemin, 2025a ; 2025b). Dans cette méthode, il est associé à chaque bâtiment cadastral (SPF-Finances, 2021), une estimation du nombre de ménages (StatBel, 2022) et leur statut socio-économique selon l'indice synthétique de difficulté (IGEAT & Lepur 2013) (voir la Section 4.3 pour plus de détails concernant ces données).

Préparation des données

L'ensemble des données sont rapportées à l'échelle des bâtiments cadastraux. Cela signifie donc que chaque bâtiment reçoit l'indice de difficulté du secteur statistique dans lequel il se trouve. L'aléa est utilisé dans résolution native qui est de 100 m. En ce qui concerne le nombre de ménages par bâtiment, une estimation est calculée entre le nombre de ménages du secteur statistique et le poids de chaque bâtiment en nombre d'unité de logements. Une proportion est donc calculée pour chaque bâtiment résidentiel et la somme de ces estimations vaut le nombre de ménages à l'échelle du secteur statistique.

Croisement des données

Contrairement à la méthode précédente, le niveau d'aléa combiné diurne-nocturne est utilisé dans sa résolution native (100 m) pour être associé à chaque bâtiment en fonction de la zone dans laquelle il se trouve. La distinction entre les classes d'aléa est donc précise au bâtiment près. Comme dans l'approche précédente, les ménages et la vulnérabilité socio-économique sont constantes quel que soit le scénario climatique considéré (climat présent, un monde à +2°C et à +3°C de réchauffement global par rapport à l'ère préindustriel).

4.3. Données

Les deux approches décrites dans les Sections 4.1 et 4.2 utilisent des données distinctes. Le Tableau 1 reprend l'ensemble des données utilisées dans cette étude et montre ce que chacune des approches a utilisé. Les paragraphes suivants décrivent plus longuement ces données.

Tableau 1. Données utilisées par chaque approche.

Nom	Source	Approche par la population (ISSeP)	Approche par les ménages (LEMA)
Aléas combinés diurnes-nocturnes	Wyard (2025)	X	X
Vulnérabilité sociale et économique	Loozen et Habran (2025)	X	
Indice synthétique de difficulté (ISD)	IGEAT et Lepur (2013)		X
Population	StatBel (2020)	X	
Ménages	StatBel (2022)		X
Bâtiments	SPF-Finances (2021)		X

Aléas combinés diurnes-nocturnes liés à la chaleur et aux ICU

Les aléas combinés diurnes-nocturnes générés par l'Institut Scientifique de Service Public (Wyard, 2025), ont été utilisés dans le cadre de cette étude (Figure 1). Ces aléas combinés ont l'avantage de synthétiser en un seul indicateur d'une part l'aléa diurne basé sur le nombre de jour de vague de chaleur en été (d'après la définition de l'IRM, il y a une vague de chaleur lorsque les températures maximales atteignent au moins 25°C durant au moins 5 jours consécutifs parmi lesquels le seuil des 30°C est atteint durant au moins trois jours), et d'autre part l'aléa nocturne basé sur le nombre nuit chaude en été (nuit durant laquelle la température minimum dépasse les 18°C).

Ces aléas ont été calculés pour 3 scénarios climatiques : climat présent (moyenne 2008-2017), monde à +2°C et +3°C de réchauffement global par rapport à l'ère préindustrielle.

Ces cartes ont été générées via une approche statistique basée sur la classification des zones climatiques locales (LCZ) et leur caractérisation thermique à partir de sorties du modèle UrbClim. La méthode et ses limites sont détaillées dans un rapport méthodologique dédié (Wyard, 2025).

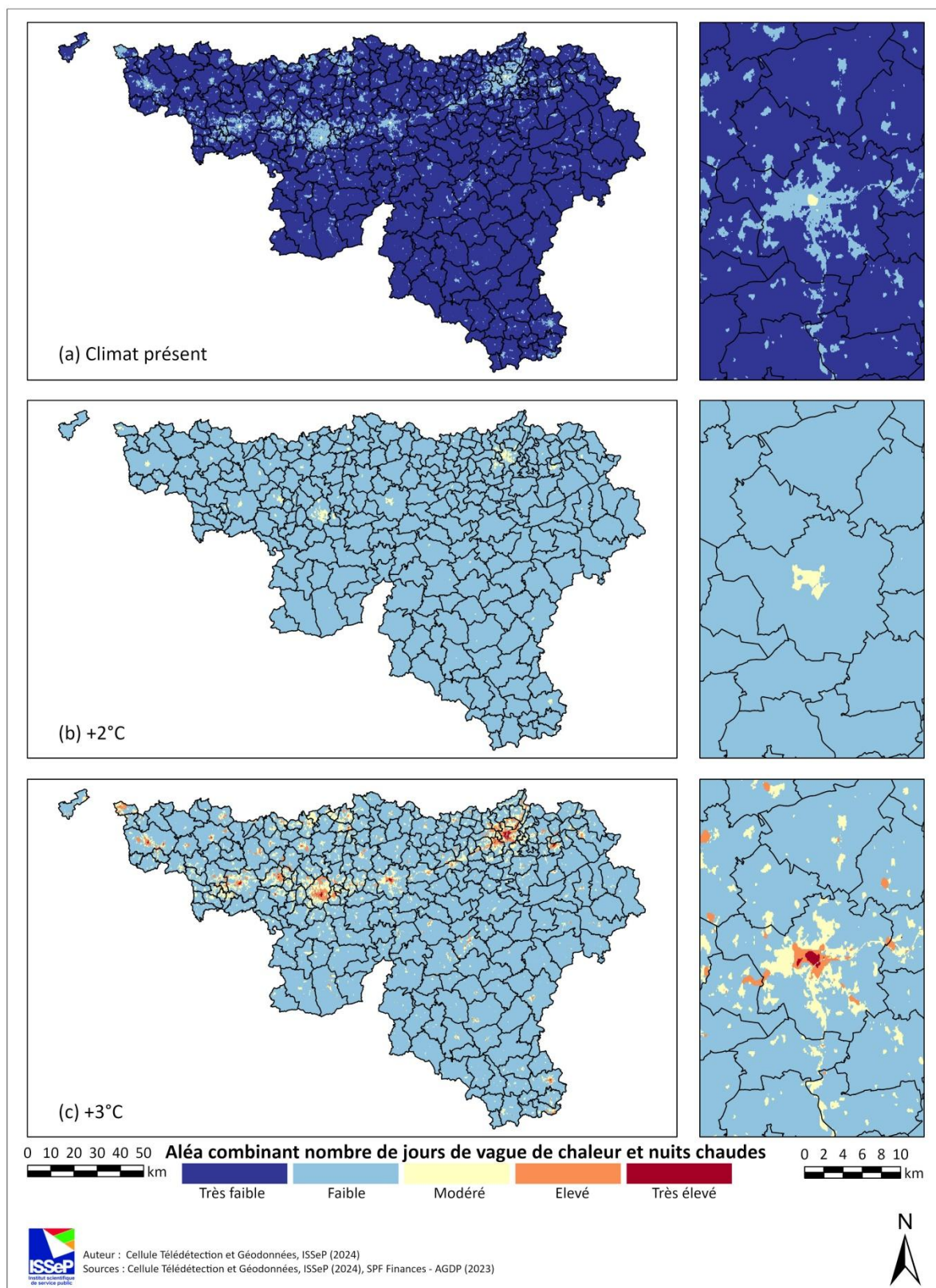


Figure 1. Cartographies de l'aléa combinant le nombre de jours de vagues de chaleur et le nombre de nuits chaudes en été (aléa combiné diurne-nocturne) selon 3 scénarios climatiques. Les figures de droite représentent des zooms centrés sur la commune de Namur.

Vulnérabilité sociale et économique

L'indicateur de vulnérabilité socio-économique produit par l'ISSeP (Loozen & Habran, 2025) est un indicateur composite spatialement explicite à l'échelle des secteurs statistiques et défini pour la période actuelle (Figure 2). Il est basé sur des variables réparties en plusieurs catégories qui permettent d'approximer la vulnérabilité socio-économique :

- Âge : enfants âgés de moins de 10 ans, personnes âgées de 65 ans et plus ;
- Santé : statut d'affection chronique ;
- Lieux recevant des publics vulnérables : hôpitaux, maisons de repos et de soins, milieux d'accueil de la petite enfance, écoles, internats, lieux d'action social, centres de soin, services d'accueil pour personnes immigrées ;
- Statut socio-économique : indice synthétique de difficulté (ISD) composante revenu, ISD composante précarité sur le marché du travail, ISD revenus de transfert ;
- Social : ISD origines, ménages d'une seule personne, ménages monoparentaux, niveau d'instruction, locataires ;
- Environnement : accès aux espaces verts ;
- Accessibilité aux services médicaux : distance moyenne aux 3 hôpitaux les plus proches, distance moyenne aux 3 médecins généralistes les plus proches.

La vulnérabilité socio-économique est classée en cinq classes : « Très faible », « Faible », « Modéré », « Haute », « Très haute »

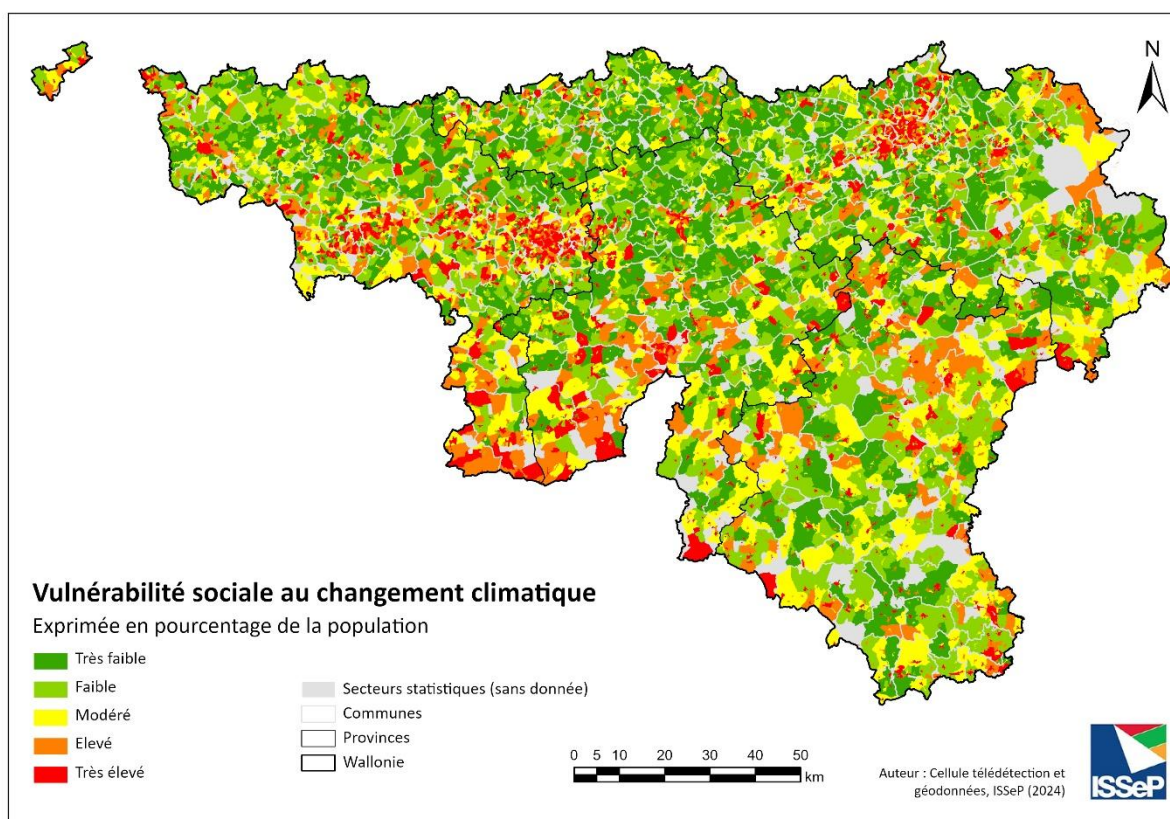


Figure 2. Vulnérabilité sociale au changement climatique exprimée en pourcentage de la population.

Indice synthétique de difficulté (ISD)

L'indice synthétique de difficulté (ISD) permet d'approcher la vulnérabilité socio-économique. Cet indice composite propose une distinction en 5 classes des ménages wallons (très précarisés à très favorisés) en fonction de 20 variables réparties en 4 composantes principales ("Origine", "Revenus", "Précarité sur le marché du travail" et "ménages précaires et revenus de transfert"). La dernière mise à jour de cet indicateur a été réalisée par l'IGEAT et le Lepur en 2013. Toutefois, si certaines variables ont évolué au cours de la dernière décennie, il est plus que probable que les classes de difficulté reflètent toujours les mêmes disparités sociales en Wallonie. Il est également l'un des paramètres de l'indicateur de vulnérabilité sociale et économique décrit ci-dessus.

Population

Il s'agit du nombre total d'habitant pour chaque secteur statistique de Wallonie au 31 décembre 2020 fourni par StatBel. Cette donnée est utilisée comme variable d'exposition

Ménages

Il s'agit du nombre de ménages pour chaque secteur statistique de Wallonie au 1er janvier 2022 fourni par StatBel. Cette donnée est utilisée comme variable d'exposition.

Bâtiments

Il s'agit de l'emprise des bâtiments cadastraux de Wallonie au 1er janvier 2021 fournie par le SPF-Finances.

5. Résultats

5.1. Exposition de la population à la chaleur et aux ICU

Dans le climat présent, 5% de la population wallonne (toutes classes de vulnérabilité confondues) se situe en zone d'aléa modéré à très élevé, soit 183 364 habitants (Tableau 2). Cette valeur dépasse le million d'habitants dans un monde à +2°C (29,6%) et dépasse les trois millions d'habitant dans un monde à +3°C, soit 86,8% de la population wallonne.

Tableau 2. Population exposée (toutes classes de vulnérabilité confondues) à un aléa modéré à très élevé selon 3 scénarios : présent, futur à +2°C et futur à +3°C par rapport à la période préindustrielle.

	Présent	Futur +2°C	Futur +3°C
Nb personnes exposées	183 364	1 075 646	3 159 183
Part de la population exposée (%)	5,0	29,6	86,8
Nb communes exposées	17	96	261

Pour le climat présent, seuls les habitants les secteurs statistiques situés dans les centres villes des 17 plus grandes villes et communes wallonnes sont exposés à un aléa modéré à très élevé (Figure 3).

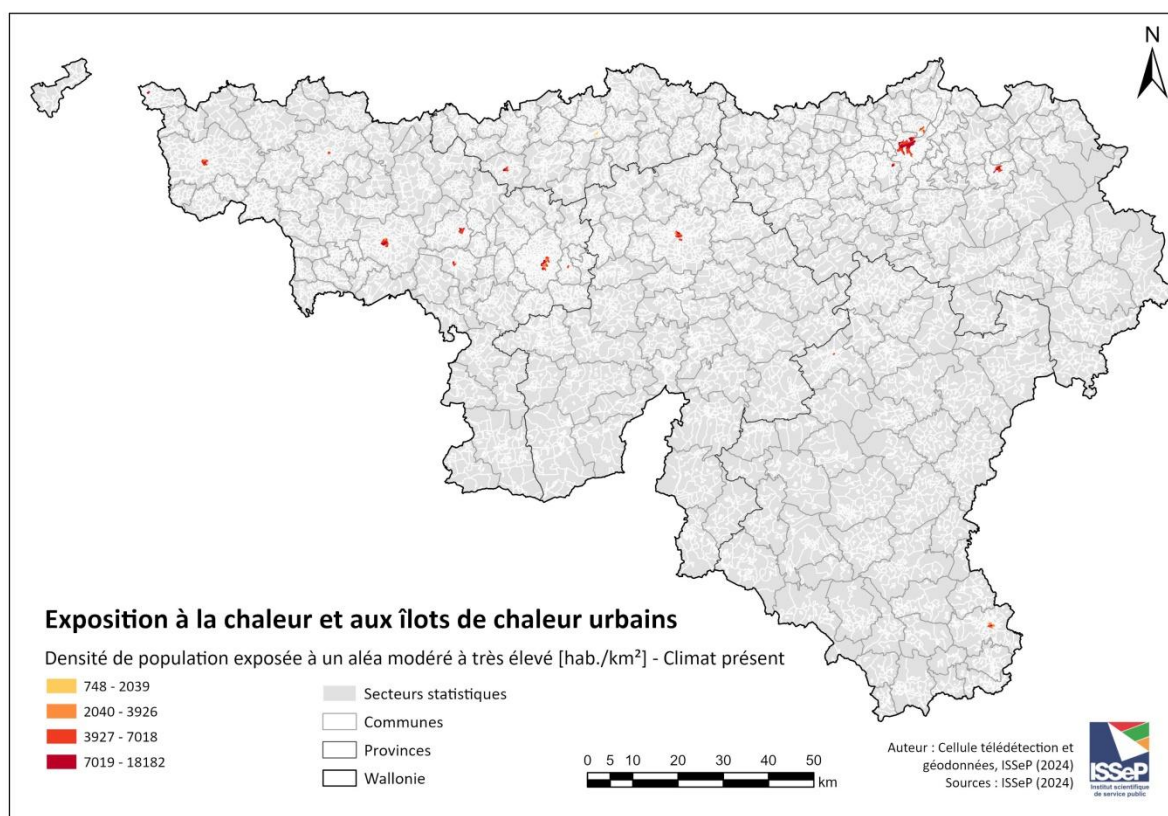


Figure 3. Densité de population exposée à un aléa modéré à très élevé pour le climat présent.

Dans un monde à +2°C de réchauffement, l'exposition à un aléa modéré à très élevé prend de l'ampleur (Figure 4). Le phénomène s'étend là dans les communes déjà touchées par la chaleur durant le climat présent, gagnant des secteurs statistiques moins densément bâtis. Les habitants des centres villes et centres villageois des communes de moyenne et de petite taille, comme Huy, Eupen, Wavre, Soignies, Tubize, Bastogne, Dinant, ... commencent aussi à être exposés à la chaleur. Au total, ce sont les habitants de 96 communes qui sont concernés.

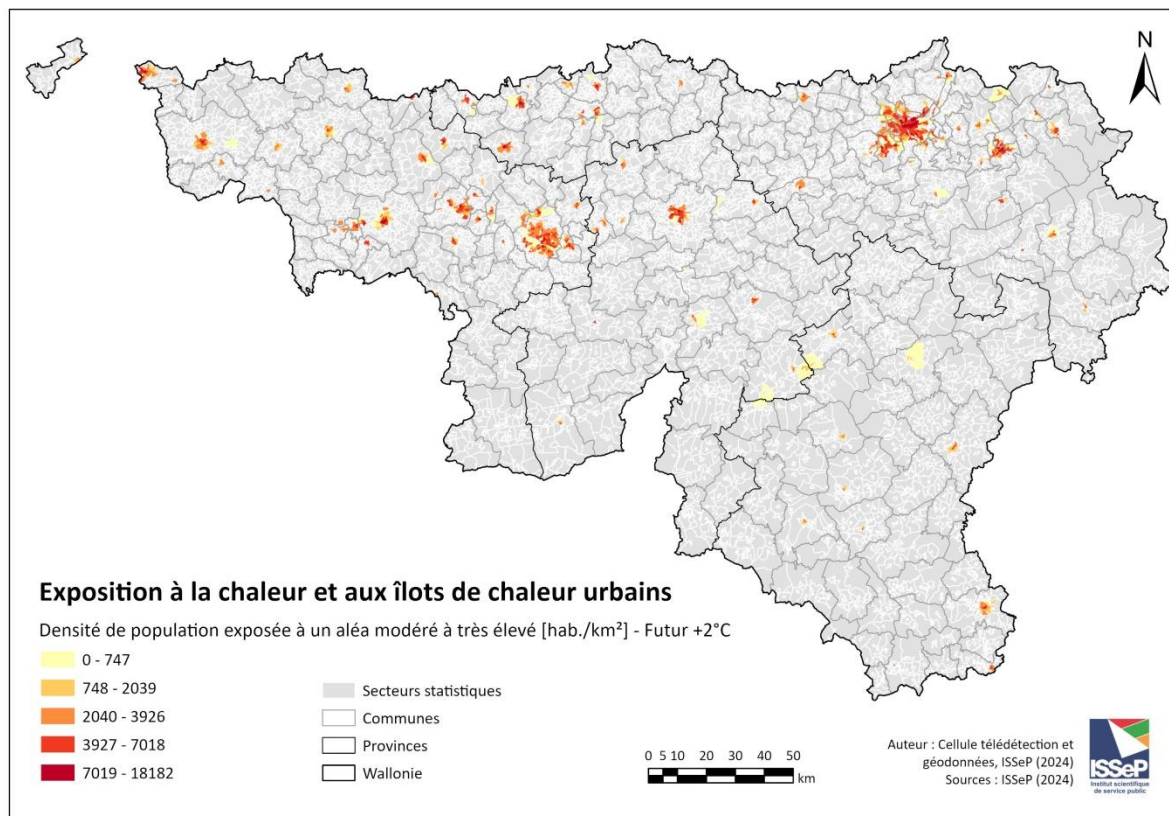


Figure 4. Densité de population exposée à un aléa modéré à très élevé dans un futur à +2°C de réchauffement global par rapport à la période préindustrielle.

Enfin, dans un monde à +3°C de réchauffement, presque toutes les communes ont au moins un secteur statistique où les habitants sont exposés à un aléa modéré à très élevé. Tous les noyaux villageois sont touchés (Figure 5). Seuls les secteurs statistiques très faiblement urbanisés sont épargnés.

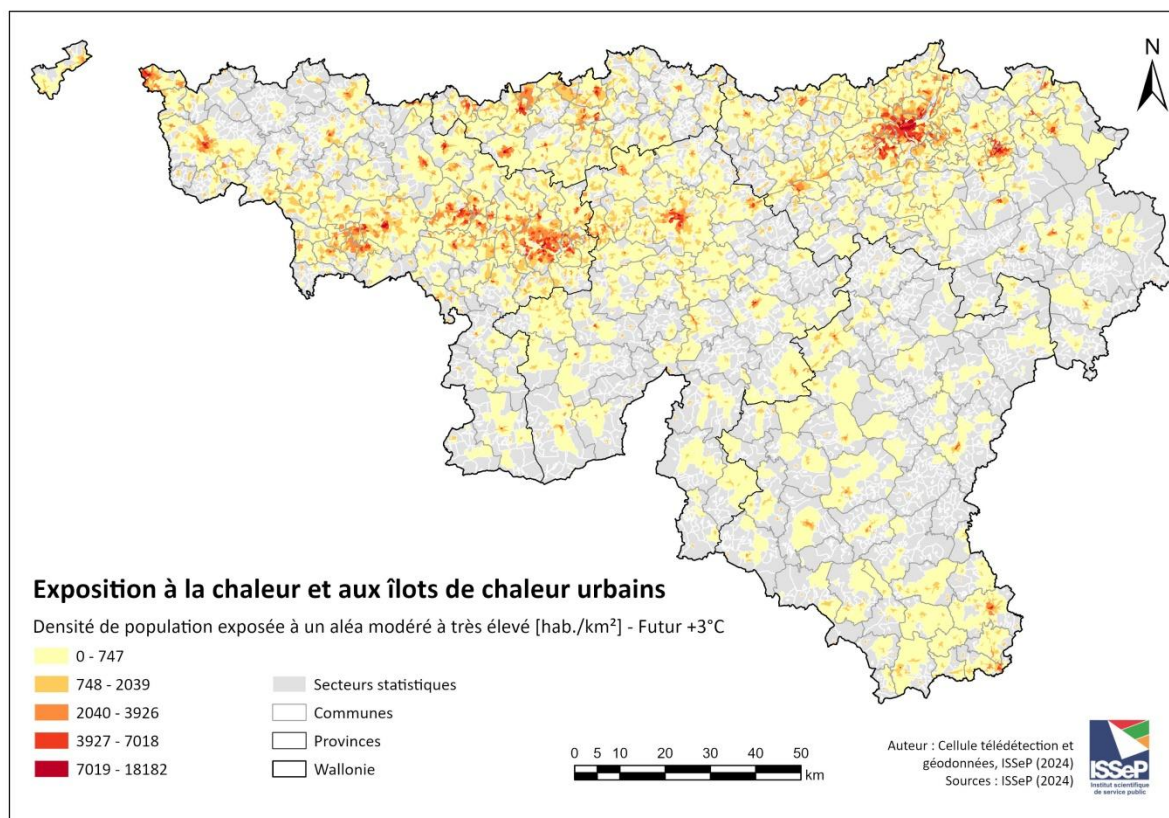


Figure 5. Densité de population exposée à un aléa modéré à très élevé dans un futur à +3°C de réchauffement global par rapport à la période préindustrielle.

Concernant la vulnérabilité de la population exposée à un aléa modéré à très élevé, on constate que plus la vulnérabilité est élevée, plus la part de population exposée est importante (Figure 6). Pour le climat présent, 11% des personnes très vulnérables sont exposées alors que la moyenne toute classe confondue se situe à 5%.

Dans un futur à +2°C, 54% des personnes très vulnérables devraient se situer dans une zone d'aléa modéré à très élevé, la moyenne toute classe confondue étant de 30%. Cette part augmente aussi au sein des autres classes de population tout en restant inférieure à la moyenne.

Dans un futur à +3°C, le phénomène n'épargne plus personne. 98% des personnes très vulnérables sont touchées, la moyenne toute classe confondue étant de 87%. Seules les classes de population à la vulnérabilité modérée, faible et très faible présentent une exposition inférieure à cette moyenne (79%, 73% et 71%, respectivement).

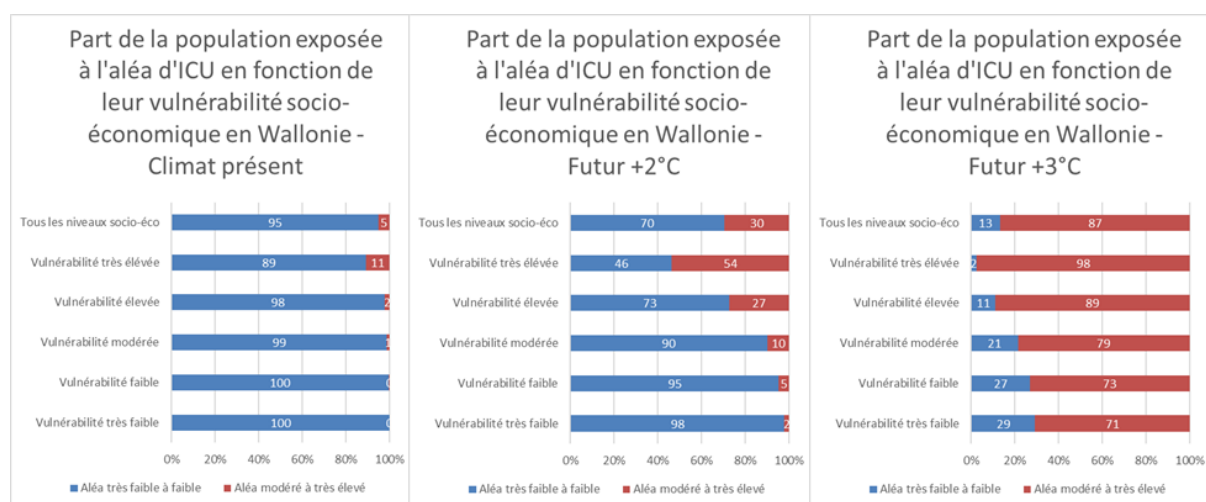


Figure 6. Part de la population exposée à un aléa modéré à très élevé en fonction de leur vulnérabilité socio-économique selon 3 scénarios : présent, futur à +2°C et futur à +3°C par rapport à la période préindustrielle.

5.2. Exposition des ménages à la chaleur et aux ICU

Dans le climat présent, 3% des ménages wallons se situe en zone d'aléa moyen à très élevé d'ICU, soit environ 51 000 ménages (Tableau 3). Cette valeur atteint 303 000 ménages dans un monde à plus 2°C (19%) et atteint même 1 145 000 ménages dans un monde à +3°C, soit 71% des ménages wallons. Dans ce même scénario, 5% des ménages vivraient dans une zone d'aléa très élevé.

Tableau 3. Cumul des ménages exposé à l'aléa selon 3 scénarios : présent, futur à +2°C et futur à +3°C par rapport à la période préindustrielle.

Aléa cumulé diurne-nocturne	Présent	Futur +2°C	Futur +3°C
Très faible à très élevé	1 613 784 100 %	1 613 683 100 %	1 613 683 100 %
Faible à très élevé	1 145 462 71 %	1 613 683 100 %	1 613 683 100 %
Moyen à très élevé	50 920 3 %	302 823 19 %	1 145 366 71 %
Élevé à très élevé	-	-	346 213 21 %
Très élevé	-	-	73 513 5 %

Les Figures 7 à 9 présentent une cartographie de la part des ménages exposés à un aléa modéré à très élevé part secteur statistique selon les 3 scénarios climatiques investigués : présent, futur à +2°C et futur à +3°C par rapport à la période préindustrielle. La répartition spatiale des ménages exposés concorde avec celle de la population exposée présentée sur les Figures 3 à 5.

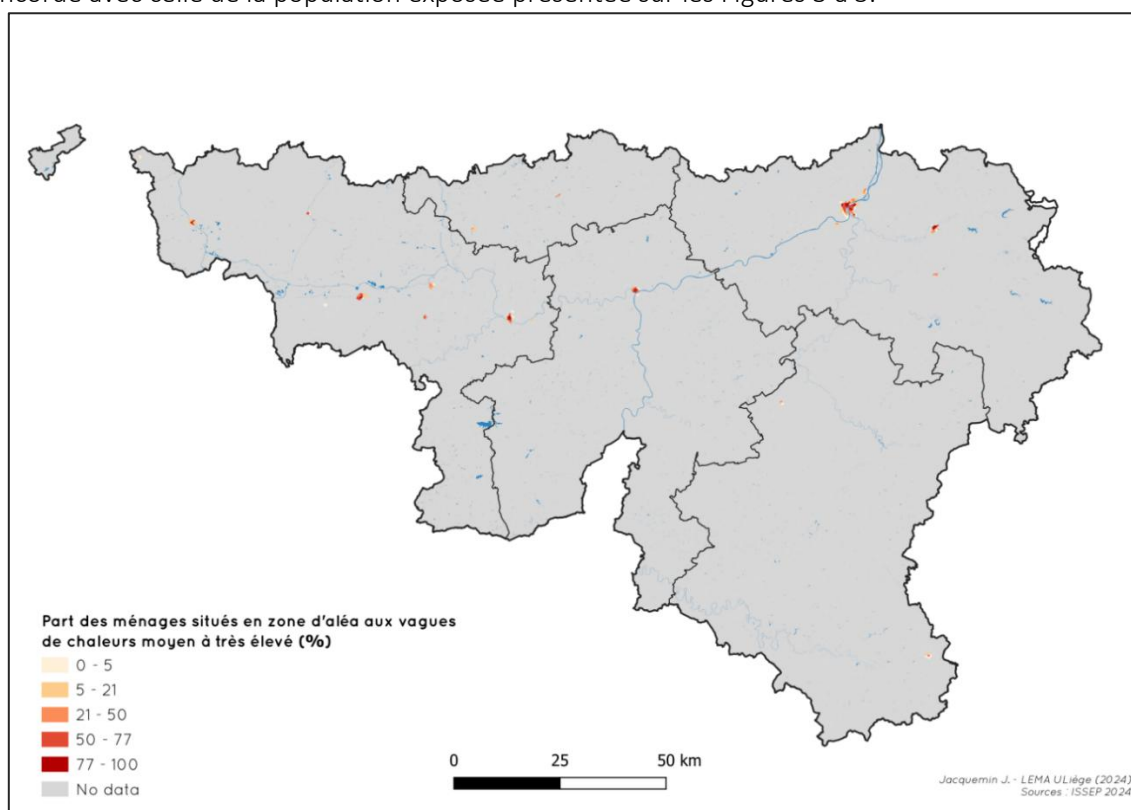


Figure 7. Part des ménages exposés à un aléa modéré à très élevé pour le climat présent.

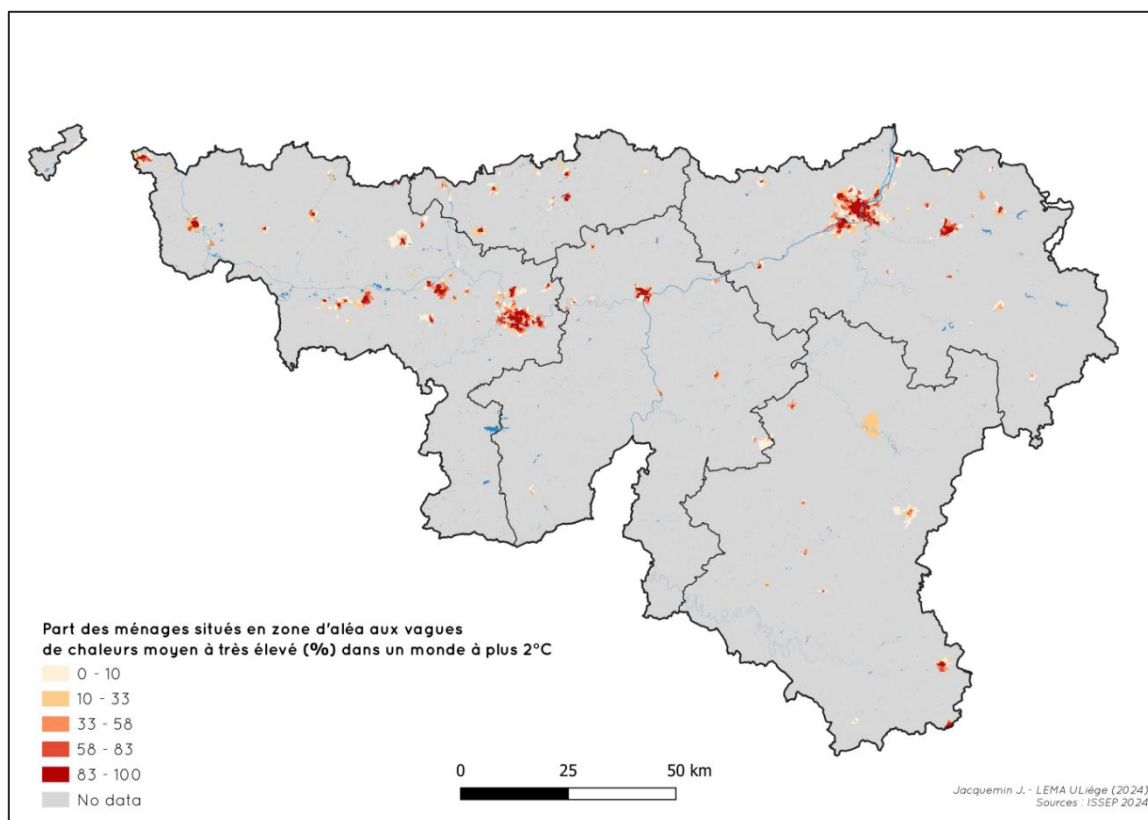


Figure 8. Part des ménages exposés à un aléa modéré à très élevé dans un futur à +2°C de réchauffement global par rapport à la période préindustrielle.

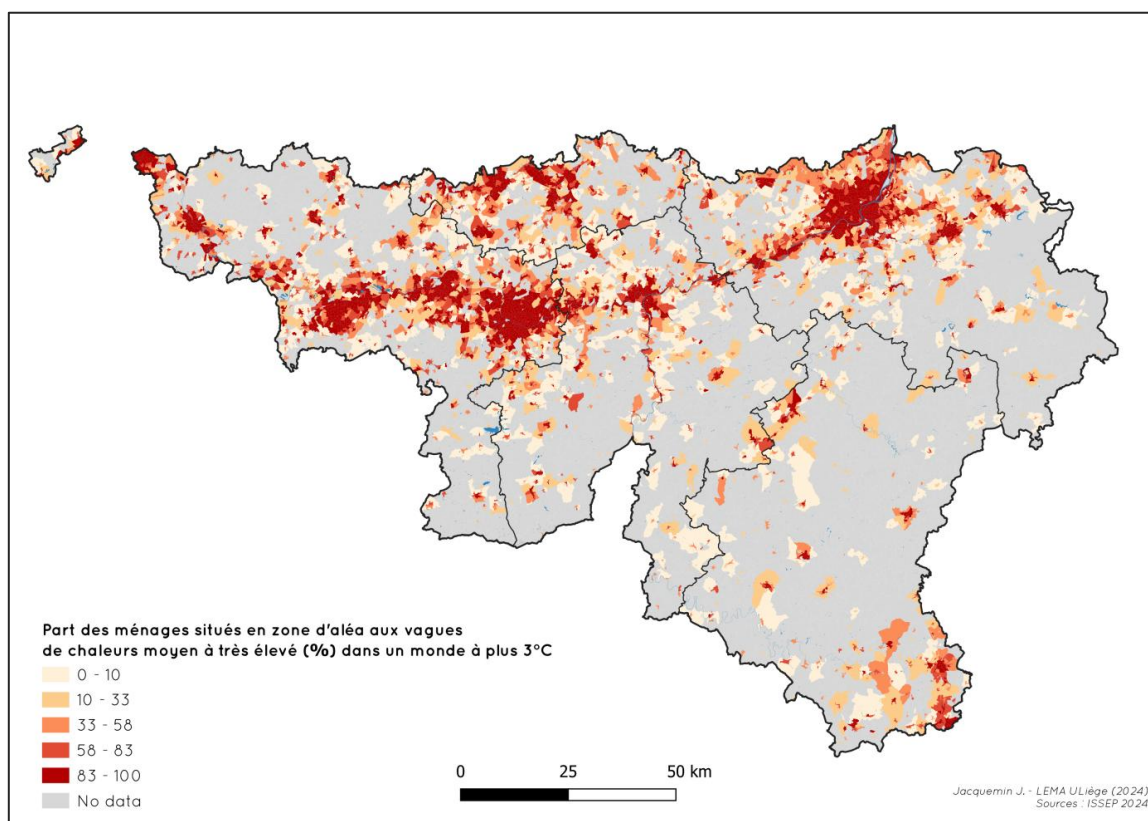


Figure 9. Part des ménages exposés à un aléa modéré à très élevé dans un futur à +3°C de réchauffement global par rapport à la période préindustrielle.

La distinction des ménages impactés par des aléas modérés à très élevés selon les trois scénarios proposés montre une grande variabilité selon leur niveau de difficulté socio-économique (Figure 10). Il ressort que, même dans le climat présent, les ménages dont la vulnérabilité socio-économique est la plus élevée (ISD très élevé) comportent la part la plus importante d'exposition. 13% des ménages les plus précarisés se situent en zone d'aléa modéré à très élevé alors que la moyenne est de 3% toute classe confondue. Ce constat s'explique par la plus forte concentration de ménage, et donc de population, très précarisée dans les centres urbains. Ces derniers concentrent les aléas les plus élevés.

Dans un monde à +2°C, 50% des ménages très précarisés devraient se situés dans une zone d'aléa d'ICU modéré à très élevé alors que la moyenne toute classe confondue est de 19%. **La part de ménages exposés aux aléas d'ICU modérés à très élevés diminue selon la vulnérabilité socio-économique des ménages.** 2% des ménages favorisés et 0% des ménages très favorisés sont impactés par les aléas d'ICU modérés à très élevés. Dans un climat +3°C, 71% des ménages wallons seraient impactés par des aléas d'ICU modérés à très élevés. Cette part atteint 96% pour les ménages très précarisés et 88% pour les ménages précarisés. Respectivement 56% et 37% des ménages favorisés et très favorisés seraient situés dans ces zones.

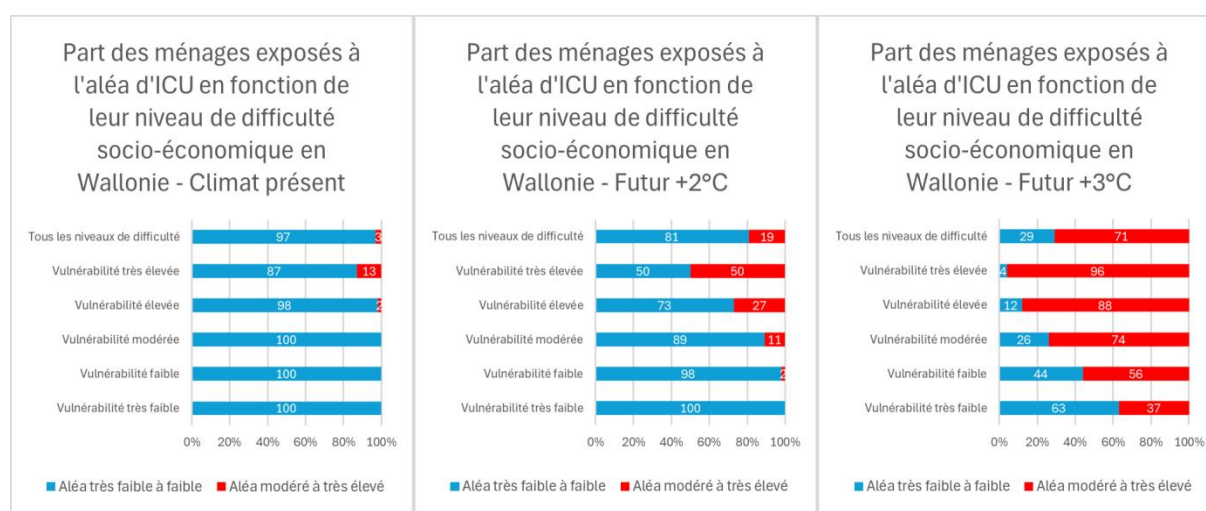


Figure 10. Part des ménages exposés à un aléa modéré à très élevé en fonction de leur vulnérabilité socio-économique selon 3 scénarios : présent, futur à +2°C et futur à +3°C par rapport à la période préindustrielle.

5.3. Comparaison des deux approches

Malgré les différences entre les approches, les **ordres de grandeurs** calculés correspondent entre les deux méthodologies. La première méthode, agrégée à l'échelle des secteurs statistiques, met en évidence une part plus importante de personnes impactées par l'aléa d'ICU que la seconde méthode (qui se base sur le nombre de ménages rapportés à l'échelle des bâtiments). Chacune des méthodes possède des avantages et des inconvénients :

- Exposition de la population à la chaleur et aux ICU
 - Surestimation de la population impactée à cause de l'agrégation des aléas d'ICU à l'échelle des secteurs statistiques selon le plus haut niveau.
 - Meilleure compréhension de la vulnérabilité socio-économique car l'indicateur choisi est plus complet et mieux adapté pour estimer la vulnérabilité de la population. Entre autre, l'indicateur utilise des données plus récentes et intègre la proximité aux espaces verts.
 - Les données de populations sont conservées à leur échelle de référence, ce qui minimise les approximations.
- Exposition des ménages à la chaleur et aux ICU

- Meilleure estimation des ménages impactés grâce à la localisation du nombre de ménages et de l'aléa d'ICU à l'échelle des bâtiments ; l'aléa est utilisé dans sa résolution native (100 m).
- Compréhension de la vulnérabilité socio-économique des ménages suffisante mais moins complète.
- Le nombre de ménages est estimé à partir de l'échelle des secteurs statistiques et peut donc entraîner une légère surestimation des résultats par ces choix méthodologiques.

Au vu des éléments précités et de la correspondance entre les ordres de grandeurs calculés selon les deux méthodes, il a été choisi par les équipes de recherche en concertation avec la coordination de l'étude, de conserver la première analyse "Exposition de la population à la chaleur et aux ICU" comme référence pour la suite des analyses et comme visualisation graphique des résultats.

5.4. Risque lié à la chaleur et aux ICU

Les Figures 11 à 12 présentent la cartographie du risque lié à la chaleur et aux ICU par secteur statistique selon les 3 scénarios climatiques, obtenue en suivant la méthodologie présentée dans la Section 4.1.

En se concentrant sur les classes de risque modéré à très élevé, on constate que le risque reste globalement cantonné au centre-ville des zones urbanisées des grandes et moyennes villes de Wallonie quel que soit le scénario climatique. Ce sont en effet les zones où se concentrent à la fois les aléas les plus intenses en raison du phénomène d'ICU, les plus fortes densités de population, et les publics vulnérables. Ailleurs, même si une exposition à des aléas modérés à très élevés a été constatée (voir Section 5.1 et 5.2), celle-ci est compensée par une densité de population moins forte par rapport aux villes et/ou une plus faible vulnérabilité sociale. Cela signifie que même si ces personnes sont exposées, elles ont potentiellement une sensibilité à la chaleur moins importante et/ou une capacité d'adaptation plus importante. De même, une forte proportion de population vulnérable (Figure 2) peut être compensée par la faible densité de population dans ce secteur statistique et/ou par la présence d'un aléa faible à très faible.

Pour le climat présent, le risque reste modéré sauf à Liège, où trois secteurs statistiques présentent un profil de risque élevé, et à Verviers et Arlon, où l'on y dénombre un secteur statistique au profil de risque élevé (Figure 11). Le risque reste très faible dans les communes rurales.

Dans des mondes à +2°C et +3°C, les changements de classe sont uniquement expliqués par une intensification des aléas causés par les changements climatiques. En effet, les variables de population et de vulnérabilité climatique ne changent pas par rapport au présent. Ainsi, dans un monde à +2°C, de nombreux secteurs statistiques passent en classe de risque modéré dans les grandes villes et dans une moindre mesure dans les villes moyennes (Figure 12). À Mons, Charleroi, Liège et Verviers, certains secteurs statistiques qui étaient déjà en risque modéré passent en risque élevé. À Liège, un secteur statistique passe en classe de risque très élevé. Dans un monde à 3°C, l'intensification du risque dans les grandes et moyennes villes se poursuit (Figure 13). Le Sillon Sambre-et-Meuse ressort ainsi particulièrement. Dans les communes rurales, le risque reste faible à très faible.

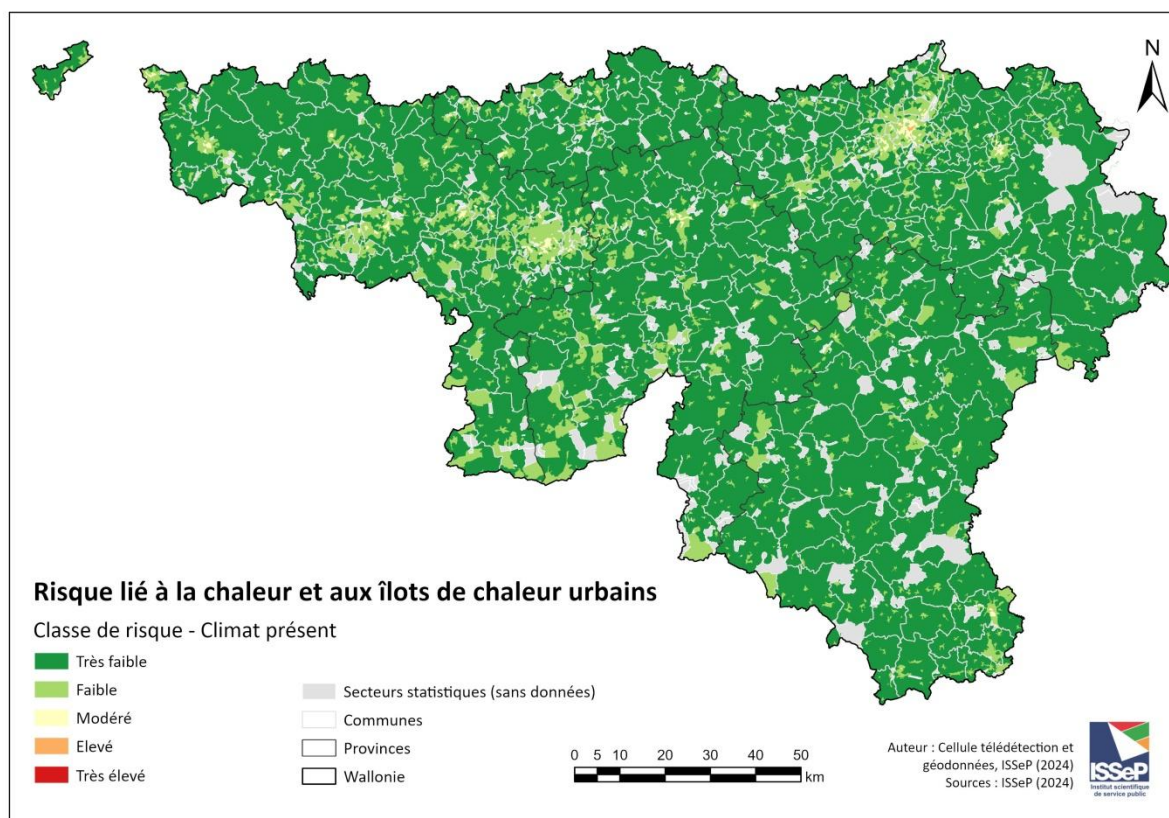


Figure 11. Risque lié à la chaleur et aux ICU par secteur statique pour le climat présent.

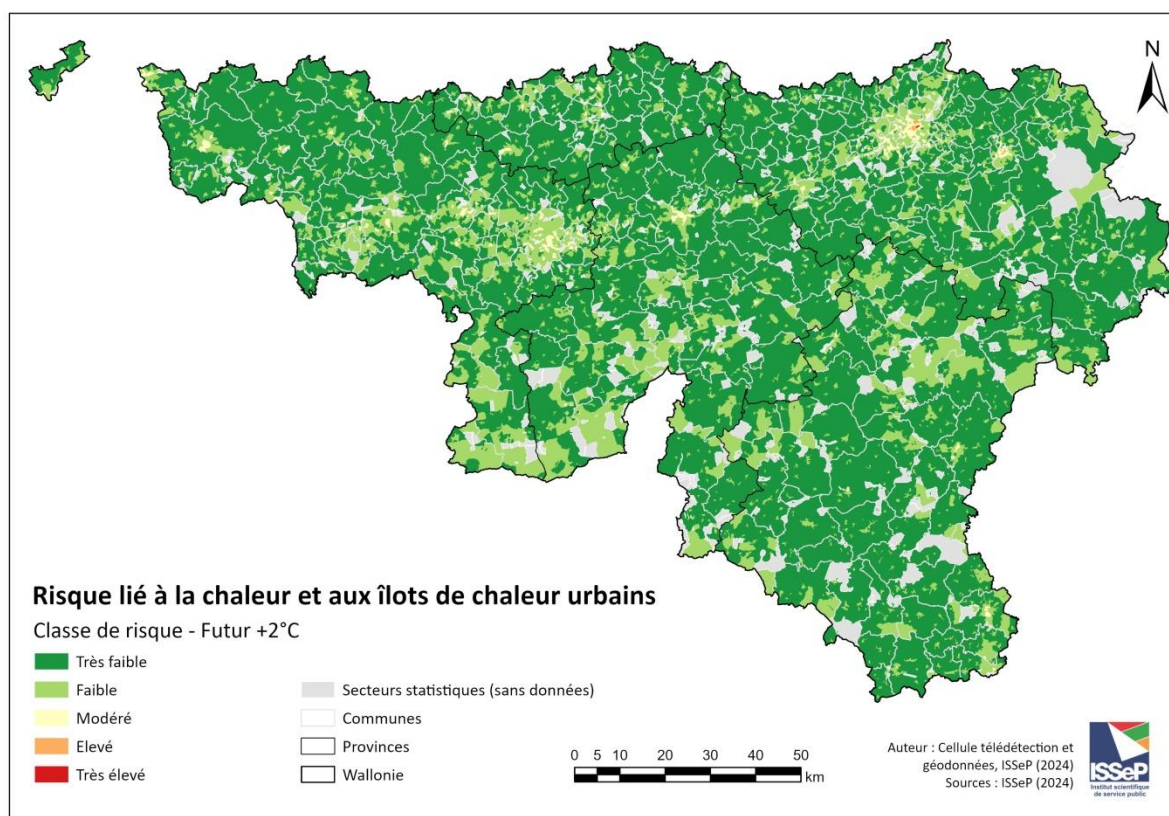


Figure 12. Risque lié à la chaleur et aux ICU par secteur statique dans un futur à +2°C de réchauffement par rapport à l'ère préindustrielle.

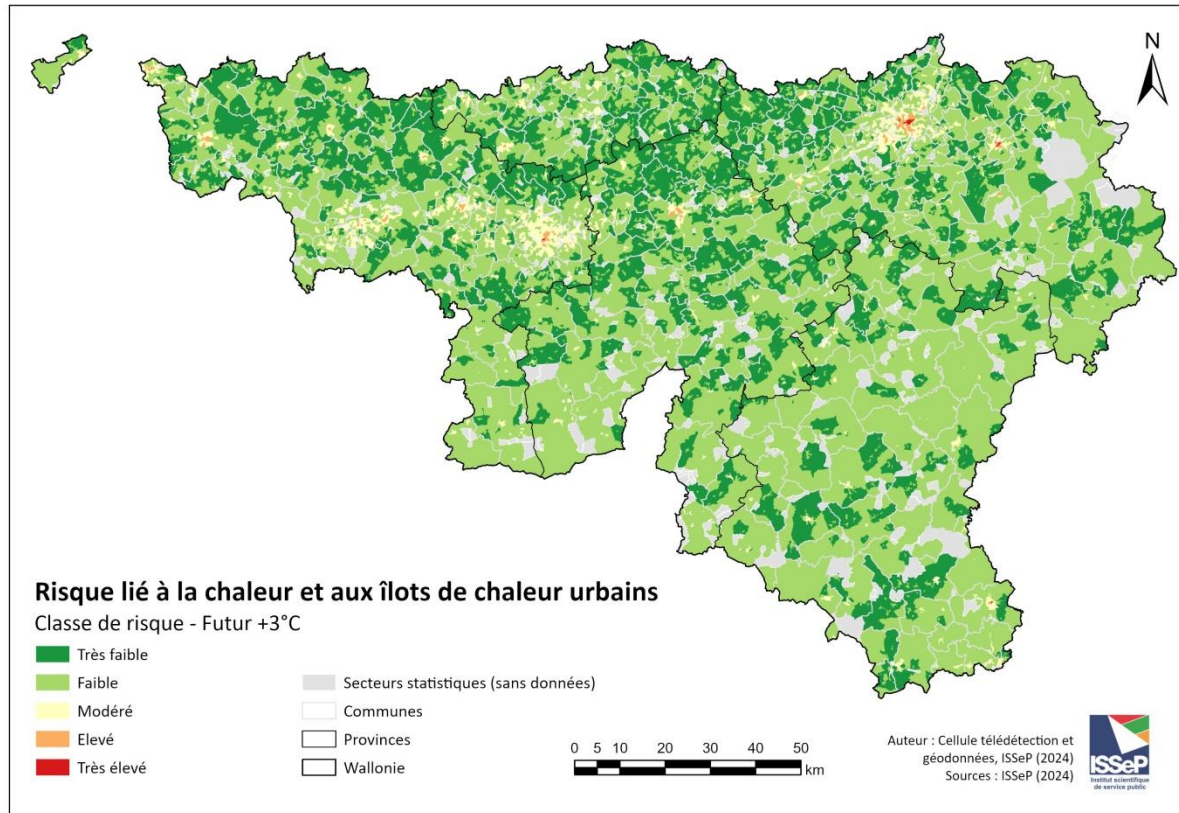


Figure 13. Risque lié à la chaleur et aux ICU par secteur statique dans un futur à +3°C de réchauffement par rapport à l'ère préindustrielle.

6. Discussion

6.1. Synthèse

Cette première analyse des conséquences de l'évolution climatique sur l'exposition de la population wallonne à la chaleur et aux îlots de chaleur urbains (ICU) a été réalisée en considérant trois scénarios climatiques : climat présent, monde à +2°C, et +3°C par rapport à l'ère préindustrielle. Les résultats ont été validés par des analyses complémentaires menées par l'ISSeP et le LEMA-ULiège.

Actuellement, seule une faible part de la population et des ménages (3 à 5%) est exposée à des aléas modérés à très élevés, répartis sur 17 communes. Cependant, ces proportions augmentent considérablement dans des climats plus chauds :

- **+2°C : 19 à 30 % de la population et des ménages seraient exposés, localisés dans 96 communes.**
- **+3°C : 71 à 87 % de la population et des ménages seraient exposés, pratiquement toutes les communes ont une partie de leur territoire où la population est exposée à ces aléas.**

Les résultats montrent également que les populations les plus vulnérables ont tendance à être plus exposées.

En outre, un indicateur de risque combinant l'aléa, l'exposition et la vulnérabilité socio-économique a été calculé à l'échelle des secteurs statistiques. Il révèle que **le risque se concentre dans les grandes et**

moyennes villes wallonnes, où se superposent des aléas intenses, une forte densité de population, et une vulnérabilité accrue. En dehors de ces zones, le risque reste faible à très faible.

Enfin, la cartographie des secteurs statistiques constitue un outil précieux pour les décideurs locaux, leur permettant d'identifier des zones d'intervention prioritaires et d'élaborer des stratégies ciblées à l'échelle du quartier.

6.2. Zones à risques et zones d'intervention prioritaire

L'étude diagnostic, dont cette analyse des risques liés à l'exposition de la population à la chaleur et aux ICU fait partie, a pour objectif d'identifier les zones à risques et les zones d'intervention prioritaire sur le territoire wallon.

Les **zones à risques** correspondent aux portions du territoire où la population est soumise à des niveaux d'aléas modérés à très élevés. **Leur extension géographique varie suivant le scénario climatique considéré :**

- A court terme (climat présent), les zones à risques se concentrent dans les centres urbains des plus grandes villes wallonnes ;
- A moyen terme (monde à +2°C de réchauffement), les zones à risques s'étendent dans les grandes villes et commencent à gagner certaines villes de plus petites tailles ;
- A plus long terme, si les +3°C de réchauffement global sont atteints, les zones à risques s'étendraient particulièrement et gagnant aussi les noyaux villageois. Le Sillon-Sambre-et-Meuse serait particulièrement touché. Pratiquement toutes les communes auront au moins une fraction de leur territoire en zones à risques.

Les **zones d'intervention prioritaire** correspondent aux zones qui combinent des aléas importants, une forte densité de population et une forte vulnérabilité sociale de cette dernière. Ces zones correspondent aux secteurs statistiques où l'indicateur de risque est modéré à très élevé. Ainsi, en tenant compte de ces trois composantes, les zones à risques se concentrent dans les **grandes et moyennes villes wallonnes** quel que soit le scénario climatique. Le reste du territoire apparaît comme moins prioritaires car les densités de populations sont y faibles et les populations généralement moins vulnérables.

Il est à noter que les échelles d'aléa et de risque sont basées sur une répartition des valeurs wallonnes en cinq catégories car malheureusement il n'y avait pas de littérature pour définir des valeurs seuils.

6.3. Limites

Les évolutions observées découlent uniquement de l'intensification des aléas liés à la chaleur et aux ICU dans des climats plus chauds. La population et la vulnérabilité sociale ont été considérées comme constantes, faute de scénarios d'évolution disponibles.

Par ailleurs, les calculs réalisés à l'échelle des secteurs statistiques peuvent surestimer l'étendue spatiale de l'exposition et du risque, ainsi que le nombre de personnes affectées.

6.4. Recommandations

Choix du scénario climatique

Le choix parmi les trois scénarios investigués dans cette étude (climat présent, monde à +2°C et monde à +3°C) dépend des objectifs poursuivis par les utilisateurs et leurs hypothèses de travail (Diagnostic actuel ? Se préparer au pire ? Hypothèse que les objectifs des Accords de Paris seront atteints (limiter le réchauffement planétaire à +2°C en 2100) ? etc.). Les horizons temporels au cours

desquels seront atteints les différents seuils de réchauffement global (+2° et +3°C) dépendent des efforts d'atténuation qui seront déployés à l'échelle planétaire dès à présent et dans le futur. Ils sont dès lors soumis à de fortes incertitudes. Des estimations globales pour différents scénarios socio-économiques (SSP) sont disponibles dans le dernier rapport du GIEC (Figure 14 ; IPCC, 2022c).

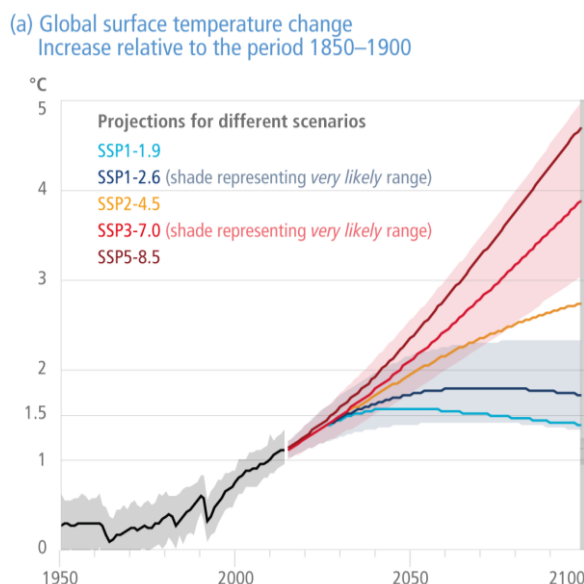


Figure 14. Impact potentiel des changements climatiques sur les températures moyennes globales pour différents scénarios socio-économiques (SSP)(Source : IPCC, 2022c).

Utilisation des cartes

Les données d'exposition et de risque sont fournies à l'échelle du secteur statistique. Cette échelle permet d'identifier les quartiers prioritaires. Ensuite, les données d'aléas fournies à 100 m (Wyrd, 2025) permettent d'affiner l'analyse. Ces données peuvent être croisées avec l'ensemble des données et les connaissances plus précises des communes.

Notons l'existence de cartes de vulnérabilité des entreprises à la chaleur (Fettweis, 2025) et les cartes de vulnérabilité du tourisme et du patrimoine à la chaleur (Decrop & Fanal, 2025).

Prise en compte du vieillissement de la population

L'approche développée dans cette étude est conservatrice concernant l'exposition et la vulnérabilité. Le vieillissement de la population qui est prévu devrait avoir un impact négatif sur la vulnérabilité de la population Wallonne et donc le risque.

6.5. Perspectives d'amélioration

Pour une évaluation plus précise de l'exposition et du risque, il serait essentiel de disposer :

- De données socio-économiques et démographiques à une résolution spatiale plus fine.
- De scénarios prospectifs sur l'évolution de la population, de la vulnérabilité sociale et de l'urbanisation en Wallonie.

Ces améliorations permettraient de réduire les incertitudes et de mieux anticiper les impacts futurs des aléas climatiques.



7. Annexes

7.1. Synthèse des groupes de travail

Groupe de travail avec les utilisateurs finaux

Deux matinées d'échanges avec les utilisateurs finaux ont été organisées les 14 et 15 janvier 2025. Le but était de leur présenter les résultats finaux de la cartographie des aléas liés à la chaleur (Wyrd, 2025) et de l'évaluation des risques qui en découlent (Wyrd & Jacquemin, 2025 (présent rapport)), de répondre à leurs questions et de recueillir leur feedback. 60 personnes étaient présentes : 31 acteurs communaux et 29 acteurs transversaux.

Les utilisateurs ont bien accueilli les résultats qui leur ont été présentés soulignant leur potentiel comme outil de sensibilisation et comme base de travail pour l'élaboration des schémas de développement communal (SDC). Les questions des utilisateurs se sont essentiellement focalisées sur 4 aspects : la méthodologie, la mise à jour des données, l'utilisation pratique des résultats et le besoin de recommandations opérationnelles en terme d'adaptation :

a. **Méthodologie** : Les utilisateurs ont posé des questions concernant les données qui ont été utilisées pour la cartographie des ICU, leur qualité, si la présence de végétation est prise en compte. Comment sont gérés les secteurs statistiques avec peu ou pas de population.

➔ L'équipe a pu préciser que toutes ces informations étaient bien détaillées dans les deux rapports méthodologiques relatifs aux ICU (Wyrd, 2025 ; Wyrd & Jacquemin, 2025).

b. **Mise à jour des données** : Les utilisateurs se demandent comment les données seront mises à jour notamment en vue de prendre en compte les aménagements futurs.

➔ L'équipe a pu préciser que les résultats de l'étude étaient au moins valables pour les 20 prochaines années. En effet, étant donné notre échelle de travail de 100 m, c'est le signal du réchauffement qui domine par rapport aux aménagements locaux (construction, plantation d'arbres).

c. **Utilisation pratique des données** :

- **Résolution spatiale des résultats** : Les utilisateurs ont confirmé que l'échelle de 100 m est une bonne base de travail notamment pour les SDC. Toutefois, l'échelle du secteur statistique est moins pratique.

➔ Les données d'exposition et de risque sont en effet fournies à l'échelle du secteur statistique. Cette échelle permet déjà d'identifier les quartiers prioritaires. Ensuite, les données d'aléas fournies à 100 m permettent d'affiner l'analyse. Ces données peuvent être croisées avec l'ensemble des données et les connaissances plus précises des communes.

- **Scénarios climatiques futurs** : Les utilisateurs ont demandé des précisions sur les scénarios futurs à +2°C et +3°C inclus dans l'étude. Ils se sont interrogés sur le scénario à privilégier pour la planification urbaine, notamment dans le cadre d'élaboration des SDC ; et sur l'horizon temporel probable pour atteindre ces niveaux de réchauffement.

➔ L'équipe a pu préciser que toutes les trajectoires pourront être comparées car elles seront disponibles sur WalOnMap. Les horizons temporels dépendent des efforts d'atténuation qui



seront fournis à l’avenir et sont donc soumis à de fortes incertitudes. Des estimations globales pour différents scénarios sont disponibles dans le dernier rapport du GIEC.

- **Durée de validité des résultats** : Cette question rejoint celle de la mise à jour des données (voir point b)).

- **Prise en compte de l’évolution socio-démographique future de la Wallonie** : Les utilisateurs se demandent quelle sera l’évolution socio-démographique future de la Wallonie et comment en tenir compte.

➔ L’équipe a confirmé que l’approche développée dans cette étude est conservatrice concernant l’exposition et la vulnérabilité. Le vieillissement de la population qui est prévu devrait avoir un impact négatif sur la vulnérabilité de la population Wallonne et donc le risque.

d. **Besoin de recommandation en termes d’adaptation** : Les utilisateurs ont fait part de leur besoin de guides opérationnels liés à l’adaptation du territoire à la chaleur, et aux aléas climatiques en général, en vue d’intégrer cette dimension climatique dans leur schéma de développement communal et leur guide communal d’urbanisme, ces derniers permettent en effet d’ancrer les bonnes pratiques au niveau local. L’accent a été mis sur le besoin d’information concernant l’adaptation des logements existants et des nouvelles constructions, et la formation des différents acteurs du territoire (dont les architectes).

➔ L’équipe va relayer ce besoin auprès des personnes en charge du Volet 4 de cette étude qui traite de l’adaptation.

Les rapports méthodologiques, en particulier leur section “Discussion”, ont été modifié de manière à souligner ces éléments.

8. Références

ADULM (2022). Atlas des îlots de chaleur de la métropole lilloise. 32 p. https://www.adu-lille-metropole.org/wp-content/uploads/2022/11/Atlas-des-ICU_ADULM.pdf (accès le 26/10/2023)

De Ridder, K., Couderé, K., Depoorter, M., Liekens, I., Pourria, X., Steinmets, D., Vanuytrecht, E., Verhaegen, K., Wouters, H. (2020). Evaluation of the socio-economic impact of climate change in Belgium. Study commissioned by the national climate commission (2020/RMA/R/2271).

Decrop, A. & Fanal, A. (2025). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques – Tourisme et Patrimoine. Rapport méthodologique.

Demoury, C., Aerts, R., Vandeninden, B., Van Schaeybroeck, B., & De Clercq, E. M. (2022). Impact of Short-Term Exposure to Extreme Temperatures on Mortality: A Multi-City Study in Belgium. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 3763. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19073763>

Estoque, R.C., Ooba, M., Seposo, X.T. et al. Heat health risk assessment in Philippine cities using remotely sensed data and social-ecological indicators. *Nat Commun* 11, 1581 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15218-8>

Fettweis, R. (2025). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques – Vulnérabilité des entreprises aux risques d'îlots de chaleur urbains. Rapport méthodologique.

Gallardo, L., Hamdi, R., Islam, A. K. M. S., Klaus, I., Klimont, Z., Krishnaswamy, J., Pinto, I., Otto, F., Raghavan, K., Revi, A., Sörensson, A. A., & Szopa, S. (2022). What the latest physical science of climate change means for cities and urban areas. *Indian Institute for Human Settlements*. <https://doi.org/10.24943/SUPSV108.2022>

IGEAT et Lepur (2013). Indice synthétique de difficulté (ISD).

IPCC, 2022a. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: [hMps://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/)

IPCC, 2022b. Glossary GT2. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Annex-II.pdf

IPCC, 2022c: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, doi:10.1017/9781009325844.001.

Jacquemin, J. (2025a). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques – Vulnérabilité des ménages face aux risques d'inondation. Rapport méthodologique.

Jacquemin, J. (2025b). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques – Vulnérabilité des ménages face aux risques d'incendie. Rapport méthodologique.

Kazmierczak, A., 2015. Mapping flood disadvantage in Scotland 2015 Final report for the Scottish Government. <https://www.gov.scot/publications/mapping-flood-disadvantage-scotland-2015-main-report/>

Lamarque P., Tondeur A., Marbaix P., Gaino B., van Ypersele J.P. (2022). L'adaptation aux changements climatiques en Wallonie : synthèse et points d'attention pour l'actualisation des connaissances. Plateforme wallonne pour le GIEC. https://plateforme-wallonne-giec.be/assets/documents/Adaptation/PwG-SyntheseAdaptation_2022_complet_rev1.pdf

Loozen, Y., & Habran, S., (2025). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques - Indicateur de vulnérabilité sociale. Rapport méthodologique.

Poussard, C., Dewals, B., Archambeau, P., & Teller, J. (2021). Environmental Inequalities in Flood Exposure : A Matter of Scale. *Frontiers in Water*, 3, 633046. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.633046>

Räsänen, A., Heikkinen, K., Piila, N., & Juhola, S. (2019). Zoning and weighting in urban heat island vulnerability and risk mapping in Helsinki, Finland. *Regional Environmental Change*, 19, 1481-1493. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01491-x>

SPF-Finances (2021). Emprise des bâtiments cadastraux de Wallonie au 1^{er} janvier 2021.

StatBel (2020). Nombre d'habitant par secteur statistique en Wallonie au 31/12/2020.

StatBel (2022). Nombre de ménages par secteur statistique au 1er janvier 2022 en Wallonie.

Van de Vel, K., Vandengerghe, D., Bruffaets, N., De Clercq, E., De Ridder, K., Devleeschauwer, B., Koppen, G., Vanuytrecht, E., Willen, P. (2021). Impact of climate change on the healthcare system in Belgium. Study commissioned by the federal

Wyrd, C. (2025). Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques - Villes : Cartographie des aléas liés à la chaleur et aux îlots de chaleur urbains. Rapport méthodologique.



Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable asbl

Boulevard Frère Orban 4
B-5000 NAMUR
00 32 81 25 04 80
www.icedd.be
icedd@icedd.be

N° registre de commerce : sans objet
N° TVA : BE0407.573.214
Représenté par : Gauthier Keutgen, Secrétaire Général
N° de compte bancaire : BE59 5230 4208 3426 / BIC TRIOBEBB