

Perspectives climatiques et diagnostic des risques et vulnérabilité de Forest face aux changements climatiques

| Septembre 2022 |



Photo. Jardin de pluie rues Louis et Auguste Lumière. © Commune de Forest

Rapport réalisé par Simon De Muynck et Adélaïde Ragot (CENTRE D'ÉCOLOGIE URBAINE) dans le cadre de l'élaboration du Programme d'Action Climat de Forest, en consortium avec CLIMACT, pour le compte de la COMMUNE DE FOREST et avec le soutien de BRUXELLES ENVIRONNEMENT.



CLIMACT

Pour citer ce rapport : De Muynck, S. et Ragot, A. 2022. Perspectives climatiques et diagnostic des risques et vulnérabilité de Forest face aux changements climatiques. Rapport réalisé pour le compte de l'Administration communale de Forest. Plan d'Action Climat Forestois. Bruxelles, 67p

Contact : sindemuynck@gmail.com

Tables des matières

Avant-propos	4
Méthodologie	5
Chapitre 1. Introduction générale	7
1.1. L'émergence de la question environnementale.....	7
1.2. Une situation « sans équivoque » et « sans précédent »	7
1.3. Les scénarios RCP	8
Chapitre 2. Analyse des perspectives de l'évolution du climat forestois	10
2.1. Introduction.....	10
2.2. Les aléas naturels, liés à l'activité humaine, directs et induits.....	10
2.3. Perspectives climatiques à différentes échelles : un travail complexe de résolution .	10
2.4. Perspectives climatiques pour la Belgique et Bruxelles	11
Chapitre 3. Analyse des risques et vulnérabilité du territoire forestois vis-à-vis du changement climatique	22
3.1. Introduction.....	22
3.2. Les notions d'enjeux territoriaux, de risques et vulnérabilités.....	22
3.3. Cadrage territorial : la commune de Forest.....	24
3.4. Approche des risques et vulnérabilités par aléas	26
3.5. Approche des risques par secteurs et thématiques	48
Conclusion	60
Bibliographie	63

Avant-propos

Les conclusions du GIEC sont claires : il faut **diminuer** drastiquement les émissions cumulatives de CO₂ et de CH₄ émis dans l'atmosphère¹. Le changement climatique aura pour conséquence d'augmenter la vulnérabilité des territoires à bien des égards. Les territoires devront donc **s'adapter** aux effets attendus du changement climatique.

C'est là toute l'ambition du **Plan d'Action Climat de la commune de Forest** qui vise à atteindre les objectifs européens et régionaux en réduisant les émissions de gaz à effet de serre directes et indirectes, et en mettant en place des mesures d'adaptation aux conséquences documentées du dérèglement climatique.

Avec le soutien du Centre d'écologie urbaine asbl et Climact sa, l'administration communale de Forest a entamé un processus participatif qui a mobilisé les services communaux et les citoyens pendant plus d'un an (d'octobre 2021 à décembre 2022) et qui aboutira à la rédaction du Programme d'Action pour le Climat forestois. Celui-ci intégrera les ambitions de Forest en matière de mitigation des gaz à effet de serre et d'adaptation aux effets du changement climatique (CC).

Le processus a compris trois phases :

Phase 1 - d'octobre 2021 à janvier 2022

- Bilan carbone de la commune de Forest : résultats principaux.
- Perspectives climatiques et diagnostic des risques et vulnérabilité de Forest face aux changements climatiques.

Phase 2 – de février 2022 à juin 2022 ;

- Ateliers participatifs citoyens : diagnostics consolidés et propositions d'actions d'adaptation.
- Ateliers thématiques avec les services communaux : diagnostics consolidés et propositions d'actions d'adaptation.

Phase 3 – de juillet 2022 à décembre 2022.

- Elaboration et rédaction du Programme d'Action pour le Climat.

Le présent rapport est la contribution du Centre d'écologie urbaine pour la phase 1, il présente les « **Perspectives climatiques et diagnostic des risques et vulnérabilité de Forest face aux changements climatiques** ». En plus de cet avant-propos, il comprend plusieurs parties :

- Méthodologie
- Chapitre 1. Introduction générale
- Chapitre 2. Analyse des perspectives de l'évolution du climat forestois
- Chapitre 3. Analyse des risques et vulnérabilités du territoire de Forest vis-à-vis du changement climatique
- Conclusion

¹ GIEC, 2021b, IPCC. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Working Group I - The physical Science <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100Basis> . 9 August 2021 (subject to final copy-editing). 2p

Méthodologie

Le chapitre 1. Introduction générale qui porte sur l'émergence et l'importance de la question climatique à partir des années 1960 a été rédigé sur base de la littérature scientifique et grise sur le sujet.

Le chapitre 2. Analyse des perspectives de l'évolution du climat forestois définit la notion d'aléa au moyen d'une synthèse nouvelle de la littérature scientifique et rappelle la difficulté de résolution spatiale fine de dynamiques de modélisation, prévues initialement pour couvrir le monde entier. Un paragraphe mentionne les travaux récents qui nous permettent d'étudier les perspectives climatiques à des résolutions spatiales particulièrement fines. Ensuite, cœur de chapitre, plusieurs sections documentent et synthétisent en détail les perspectives de l'évolution du climat belge et régional sur base des paramètres/aléas climatiques qui sont déclinés en aléas directs et induits : températures moyennes, vagues de chaleur, îlots de chaleur, précipitations moyennes, précipitations fortes et sécheresses. Le chapitre s'achève sur une liste des autres paramètres climatiques et aléas non significatifs, c'est-à-dire ceux pour lesquels l'analyse critique de la littérature disponible nous donne à penser qu'ils ne sont pas destinés à évoluer de manière négative et/ou significative pour le territoire forestois. C'est le cas des régimes des vents, tempêtes, vents violents et cyclones, vagues de froid et de l'approvisionnement en eau potable.

Le chapitre 3. Analyse de la vulnérabilité du territoire de Forest vis-à-vis du changement climatique précise les notions de risques et de vulnérabilité basée sur la littérature spécifique, et propose ensuite deux approches :

- **une approche par aléas** induits par le changement climatique documente de manière précise les aléas étudiés au chapitre précédent cette fois à l'échelle du territoire forestois et au moyen de cartes innovantes synthétisant les données disponibles. Ces cartes tiennent compte de données socio-économiques et environnementales clés par quartiers forestois qui permettent d'identifier les populations plus vulnérables impactées (part des plus de 65 ans, population précarisée au plan socio-économiques, bénéficiaires du droit à l'intervention majorée etc.), les facteurs de risques aggravants (taux d'occupation du bâti des îlots, part des surfaces imperméables) ou diminuant les vulnérabilités (présence d'espaces verts, etc.). Certaines cartes hybrident plusieurs types de données afin de rendre compte de la diversité des éléments du territoire forestois concernés, des dynamiques complexes et souvent multilatérales en jeu et des risques et vulnérabilités de Forest, à l'échelle des quartiers, voire de la rue. La méthode a donc consisté à croiser les aléas susceptibles d'impacter le territoire forestois négativement et de constituer un risque pour celui-ci avec les données de terrain dont nous disposons. Cette approche révèle des inégalités environnementales.
- **une approche par secteur et thématiques** plus complexe à travailler à l'échelle communale et de quartier en raison des compétences souvent extra-communales qu'elles mobilisent, de la difficulté de prise sur ceux-ci et/ou de l'absence de données disponibles via les sources top down classiques (BE, Monitoring des quartiers etc.).

Le diagnostic des risques que comportent ces secteurs face au changement climatique a été complété lors des **séminaires participatifs** de la Phase 2 du Plan d'Action Climat forestois qui se sont déroulés de février à juin 2022. Ces retours « de terrain » de citoyens et des membres de l'administration communale ont permis de 1) compléter/affiner le diagnostic et ; 2) identifier les actions déjà en cours qui relèvent de l'adaptation/mitigation. Chaque fin de chapitre est synthétisée dans un **encadré gris** qui retient les éléments saillants.

La **conclusion** reprend ces encadrés de manière logique et formule les champs d'attention que Forest devra prendre en compte dans le cadre de l'adaptation de son territoire face au changement climatique.

De manière générale, les **sources** ont volontairement été citées de manière complète en note de bas de page, sans utiliser les abréviations des références qu'appellent un travail scientifique classique et ce, **afin de faciliter la lecture** et la compréhension d'un maximum de forestois.e.s.

Chapitre 1. Introduction générale

1.1. L'émergence de la question environnementale

Entre la fin des années 1960 et le début des années 1990, certains travaux retentissants ont mis en évidence les limites et dangers de la croissance économique² dans un monde fini et défini la notion de développement durable³. En 1972, la Conférence des Nations unies sur l'environnement humain à Stockholm a débouché sur la création du Programme des Nations unies pour l'Environnement (PNUE)⁴ et la Conférence de Rio en 1992 a débouché sur la Déclaration de Rio qui a fait progresser les droits et responsabilités des pays en matière d'environnement.

Dans ce contexte, En 1988, l'Organisation Météorologique Mondiale et le PNUE créent le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, le **GIEC**. Le GIEC a pour mission d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui porte sur le risque de changement climatique provoqué par l'homme. Concrètement, les chercheurs du monde entier qui représentent les pays membres du GIEC identifient et synthétisent les travaux scientifiques qui sont publiés dans les revues « à comité de lecture »⁵ et les laboratoires de recherche partout dans le monde, sur les questions des liens entre homme et climat. A ce jour, cinq rapports d'évaluation ont été publiés par le GIEC : 1990, 1995, 2001, 2007, 2014. Le sixième sortira en 2022, mais la première partie - la contribution du groupe de travail 1 dédié aux bases physiques du climat - a été approuvée et rendue publique en août 2021. **Le présent rapport** se base sur les résultats de plusieurs de ces rapports, en ce compris le dernier.

1.2. Une situation « sans équivoque » et « sans précédent »

Les mécanismes régissant le climat sont connus depuis la fin du 19^{ème} siècle. La composition de l'atmosphère dépend de nombreux **paramètres naturels** bien identifiés : apparition de la vie sur terre, rotation de la terre, activités des volcans etc.⁶

Toutefois, depuis des années, les termes « effet de serre » et « gaz à effet de serre » (**GES**) sont utilisés dans nombre de travaux qui traitent de l'évolution du climat. Pour expliquer ces concepts de manière simple, il faut comprendre que le flux lumineux du soleil qui arrive sur Terre est pour partie (environ 1/3) réfléchi dans l'espace par l'atmosphère et le sol et pour partie (1/6) absorbé par l'atmosphère. Le reste du rayonnement (environ 1/2 donc) est absorbé par la surface du sol et de la mer. Or, la terre évacue naturellement une quantité d'énergie égale à celle qu'elle emmagasine en « *rayonnant elle-même des ondes de même nature que les ondes lumineuses du soleil, mais qui, compte tenu de sa température beaucoup plus faible, sont d'une longueur d'onde plus grande, correspondant à une couleur, l'infrarouge, invisible pour l'œil humain* »⁷. Le problème est que ces rayonnements infrarouges sont en quelque sorte « bloqués » par de nombreux gaz qui sont émis par les activités humaines dont le gaz carbonique (CO₂) et le méthane (CH₄). On dit que ces gaz créent un « effet de serre » d'où leur appellation : « gaz à effet de serre ». C'est ce mécanisme qui a pour effet d'augmenter la température moyenne planétaire. Depuis la révolution industrielle et les années 1850, les recherches démontrent que « *la concentration de l'atmosphère en CO₂ est plus élevée qu'elle ne l'a été*

2 Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W.W., 1972, Halte à la croissance ?, trad. fr. 1972, Paris, Fayard.

3 Organisation Des Nations-Unies (ONU), 1987. « Notre avenir à tous ». G.H. Brundtland (dir.). Commission Mondiale Sur L'environnement et Le Développement. 349p.

4 Vivien, F.-D., 2005. Le développement soutenable, La découverte, Paris, 122p.

5 Ce sont les travaux qui sont soumis à un processus de relecture par des pairs scientifiques, ce qui assure en principe la robustesse scientifique de leur contenu.

6 Jouzel, J. Petit, M. et Duplessy, J.-C. 2020. Le changement climatique dû aux activités humaines. Livret sur l'environnement. Académie des sciences. 16p.

7 Jouzel, J. Petit, M. et Duplessy, J.-C. 2020. Le changement climatique dû aux activités humaines. Livret sur l'environnement. Académie des sciences. 16p.

sur les 800.000 dernières années »⁸ et que **l'influence humaine** a réchauffé le climat à un rythme sans précédent depuis les 2000 dernières années⁹. Les activités humaines ont donc réchauffé l'atmosphère, les océans et les terres « **sans équivoque** » possible. L'ampleur des changements dans l'atmosphère, les océans, la cryosphère et la biosphère est qualifiée de « **sans précédent** » si l'on considère ces changements sur une échelle de plusieurs siècles à plusieurs milliers d'années¹⁰.

Le changement climatique affecte d'ailleurs **déjà** de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes dans toutes les régions du globe. A l'échelle mondiale, les preuves des changements observés dans les phénomènes extrêmes tels que les vagues de chaleur, les fortes précipitations, les sécheresses et les cyclones tropicaux, et, en particulier, leur influence humaine, se sont renforcées depuis le cinquième rapport d'évaluation (AR5) de 2014¹¹

L'IRM, organisme belge de premier plan en matière de recherche climatique, rappelle que « *les observations mondiales de la température pour 2019 montrent une augmentation moyenne d'environ 1,1°C (par rapport à la période préindustrielle 1850-1900). De plus, juillet 2019 a été globalement le mois le plus chaud depuis le début des observations il y a 140 ans. Au cours de la dernière semaine de juillet 2019, l'Europe de l'Ouest a connu une vague de chaleur avec des températures sans précédent, supérieures à 40°C. Ces températures extrêmement élevées n'avaient encore jamais été mesurées en Belgique* »¹².

Le GIEC¹³ insiste sur le fait que **la température à la surface du globe continuera d'augmenter** au moins jusqu'au milieu du 21^{ème} siècle et ce, **dans tous les scénarios d'émissions envisagés**. Le réchauffement planétaire de 1,5°C et 2°C sera dépassé au cours du 21^e siècle, à moins que des réductions importantes des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et d'autres gaz à effet de serre ne soient réalisées au cours des prochaines décennies. Cette augmentation attendue aura de nombreux effets induits qui sont décrits en détail dans les chapitres suivants.

1.3. Les scénarios RCP

Mais quels sont ces scénarios envisagés ? Le GIEC a défini quatre scénarios possibles appelées RCP pour « Representative Concentration Pathways », ou « Profils Représentatifs d'Évolution de concentration »¹⁴ pour modéliser le climat futur, d'ici à 2100. Ces scénarios RCP décrivent les concentrations résultant des émissions de gaz à effet de serre, en tenant compte des évolutions socio-économiques possibles :

- **RCP 2.6** : scénario strict qui suppose une augmentation suivie d'une diminution de la concentration de gaz à effet de serre vers la fin de ce siècle ;
- **RCP 4,5 et RCP 6,0** : scénarios intermédiaires qui supposent une augmentation et une stabilisation progressive¹⁵ et ;

⁸ Jancovici, J-M. 2008. Qu'est-ce que le GIEC?. <https://jancovici.com/changement-climatique/croire-les-scientifiques/quest-ce-que-le-giec/>

⁹ GIEC, 2021a. IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L.Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

¹⁰ GIEC, 2021b. IPCC. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Working Group I - The physical Science <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100Basis> 9 August 2021 (subject to final copy-editing). 2p

¹¹ GIEC, 2021b. IPCC. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Working Group I - The physical Science <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100Basis> 9 August 2021 (subject to final copy-editing). 2p

¹² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹³ GIEC, 2021b. IPCC. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Working Group I - The physical Science <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100Basis> 9 August 2021 (subject to final copy-editing). 2p

¹⁴ Ces noms barbares chiffrés renvoient à la mesure de l'augmentation du forçage radiatif qui peut être atteinte d'ici 2100 : 2,6 / 4,5 / 6 et 8,5 Wm⁻² (watts par mètre carré).

¹⁵ Notons que dans certains articles scientifiques ou rapports, les chercheurs utilisent soit le 4,5 soit le 6,5 mais rarement les deux, leurs différences étant probablement trop minimes.

- **RCP 8,5** : scénario d'émissions très élevées de GES qui suppose une forte augmentation des concentrations de gaz à effet de serre.

Le RCP 2,6 est représentatif d'un scénario visant un réchauffement planétaire qui demeurerait probablement inférieur à 2°C au-dessus des niveaux préindustriels. Les scénarios ne prévoyant aucun effort destiné à limiter les émissions (scénarios de référence) conduisent à des trajectoires se situant entre le RCP6,0 et le RCP8,5. Aujourd'hui, les émissions mondiales de gaz à effet de serre sont plus proches du **scénario RCP 8.5** que des autres scénarios, soit le plus pessimiste^{16,17}

Résumé du chapitre 1

En 1988, quelques années après l'émergence de la question environnementale à l'échelle mondiale, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, le GIEC est créé.

Le GIEC a pour mission d'identifier et de synthétiser les travaux scientifiques académiques sur les liens entre homme et climat. En plus des paramètres naturels à l'origine de l'effet de serre qui sont de mieux en mieux connus, le GIEC a pu identifier que les activités humaines aggravent cet effet de serre. Le réchauffement planétaire qui en découle est sans équivoque et l'ampleur des phénomènes climatiques associés est sans précédent. Le changement climatique affecte d'ailleurs déjà de nombreuses régions du monde.

Les divers scénarios « RCP » utilisés pour les modélisations démontrent qu'actuellement, les émissions mondiales de gaz à effet de serre sont plus proches du scénario RCP 8.5 que des autres scénarios, soit le plus pessimiste.

¹⁶ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹⁷ GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

Chapitre 2. Analyse des perspectives de l'évolution du climat forestois

2.1. Introduction

Ce chapitre analyse les perspectives de l'évolution d'un certain nombre de paramètres climatiques à travers la notion d'aléa. Après avoir défini la notion d'aléa, le point est fait sur les évolutions prévues et modélisées du climat bruxellois à travers plusieurs aléas naturels et humains et leurs aléas induits.

2.2. Les aléas naturels, liés à l'activité humaine, directs et induits.

Aléas naturels et non naturels : probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel (tempêtes, pluies torrentielles, sécheresses, etc.) ou lié à l'activité humaine (rupture d'un barrage, explosion d'une usine Seveso etc.) potentiellement destructeur intervenant dans un contexte territorial qui constitue l'élément exposé¹⁸.

Les aléas sont plus ou moins dangereux selon le contexte (aussi appelé l'élément exposé ou l'enjeu territorial). Par exemple, certains aléas (avalanches) ne présentent parfois aucun danger. Les principaux aléas naturels ont une origine hydroclimatique (cyclones, inondations etc.) ou géodynamiques (séismes, glissements de terrain). On parle d'aléas indirects ou induits lorsqu'un aléa naturel déclenche d'autres aléas naturels (ex : un tsunami consécutif à un séisme sous-marin). Par ailleurs, dans certains cas, les aléas naturels peuvent avoir des effets sur des infrastructures humaines (usine Seveso, lignes haute tension) : certains parlent alors de couplage NaTech (Naturel/Technologique).

On caractérise souvent les aléas directs et induits par leur magnitude/puissance, leur probabilité d'occurrence, leur aire d'impact et leur durée d'action¹⁹. Leurs effets potentiels et termes de dommages dépendent bien évidemment du contexte/enjeu territorial sur lequel ils agissent.

Il est prouvé par la littérature que certains aléas climatiques auront une probabilité d'occurrence plus importante, principalement à partir de 2050 (voir plus loin) et c'est sur ceux-ci que se concentrera le présent rapport. Par exemple, nous ne tiendrons pas compte de l'aléa sismique qui n'est pas corrélé au changement climatique.

2.3. Perspectives climatiques à différentes échelles : un travail complexe de résolution

Les modèles de simulation du GIEC travaillent principalement à des échelles mondiales/nationales. Pour les travaux du GIEC, la Belgique est un petit carré minuscule, et il est très complexe de figurer des différences d'impacts des changements climatique à l'échelle régionale qui travaille sur des **résolutions spatiales** comprises entre 12 km et 50 km de côté^{20,21} et a fortiori à l'échelle de la

¹⁸ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

¹⁹ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

²⁰ Christensen, J., 2005. Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European climate change risks and Effects. PRUDENCE Final Report

²¹ Willems, P., Baguis, P. Ntegeka, V., Roulin, E., 2010. CCI-Hydr - Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems in Belgium. Katholieke universiteit Leuven (KUL) - Institut Royal Météorologique.

commune de Forest qui fait 6,25 km². Les travaux précédents comparables à ce rapport ont également dû faire face à cette difficulté^{22,23}.

Il faut prendre en compte cette difficulté lorsqu'on analyse des tendances globales, tout comme les marges d'erreur inévitables et les incertitudes radicales qui pèsent sur les **systèmes non linéaires**²⁴ que nous n'avons pas développées ici, principalement parce que les risques associés sont qualifiés de « systémiques »²⁵ et donc par essence, imprévisibles. En outre, ils nécessitent de mobiliser une littérature différente et des ressources autrement plus importantes que celles dont nous disposons pour effectuer ce premier diagnostic. Ce rapport n'a donc pas pris en compte les ruptures « systémiques » et les autres chocs potentiels (énergétiques, financiers, politiques, technologiques, bactériologiques etc.). Divers travaux ultérieurs devraient être menés en ce sens.

Heureusement, pour la Belgique, diverses sources scientifiques récentes nous permettent d'étudier l'évolution future d'un certain nombre d'aléas à des échelles parfois extrêmement fines selon les sources et les modèles^{26,27,28,29}. Les paragraphes suivants précisent les **grandes tendances climatiques** pour la seconde moitié du 21^{ème} siècle, pour les territoires belge et bruxellois.

2.4. Perspectives climatiques pour la Belgique et Bruxelles

Températures moyennes annuelles : une augmentation dans tous les scénarios aggravée par l'urbanisation

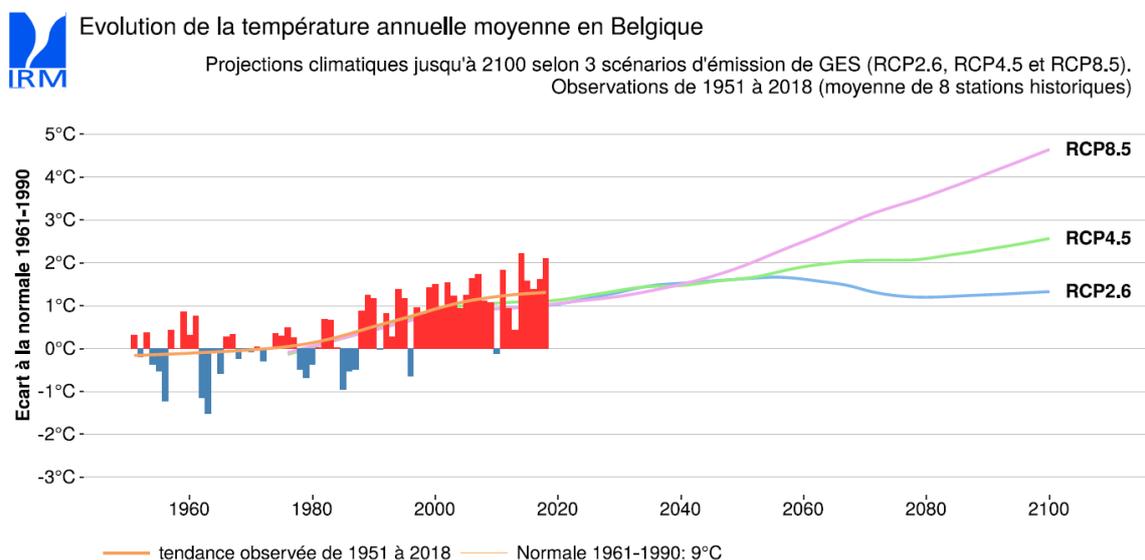


Figure 1 Évolution de la température moyenne en Belgique (par rapport à la normale 1961-1990) pour la période 1951-2100. Les lignes correspondent à l'historique des températures moyennes observées dans le passé. Pour l'avenir, la figure montre

²² Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

²³ Ecores, Co2logic, 2021. Plan Climat de la Commune d'Ixelles. Volet Adaptation au changement climatique. 78 pages.

²⁴ Servigne, P. et Stevens, R., 2015. Comment tout peut s'effondrer Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes. Anthropocène, Seuil. 304p.

²⁵ C'est-à-dire qu'ils proviennent de systèmes différents et agissent sur de nombreux systèmes également.

²⁶ Hamdi, R. Deckmyn, A., Termonia, P., Demare, G.R., Baguise, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of Historical Urbanization in the Brussels Capital Region on Surface Air Temperature Time Series: A Model Study. Royal Meteorological Institute and IGEAT, Faculty of Sciences, Free University of Brussels, Brussels, Belgium. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/2009JAMC2140.1

²⁷ Termonia, P.; Hamdi, R.; Van Schaeybroeck, B.; Willems, P.; Van Lipzig, N.; Van Ypersele, J.-P.; Marbaix, P.; Fettweis, X.; De Ridder, K.; Gobin, A.; Stavrou, T.; Luyten, P.; Pottiaux, E., 2016. Impact du changement climatique en Belgique. Science Connection, Vol. 50, 18-19,

²⁸ Helsen, S., van Lipzig, N. P., Demuzere, M., Broucke, S. V., Caluwaerts, S., De Cruz, L., De Troch, R., Hamdi, R., Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., Wouters, H., 2020. Consistent scale-dependency of future increases in hourly extreme precipitation in two convection-permitting climate models. Climate Dynamics, 54(3), 1267-1280, p.13.

²⁹ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

l'évolution des températures modélisées selon différents scénarios de gaz à effet de serre. Les barres verticales rouges et bleues représentent les moyennes annuelles observées jusqu'en 2018 (Source : IRM, 2020a).

Suivant le scénario RCP choisi, l'évolution attendue de la température moyenne pour la Belgique se situe entre **+ 1°C et + 5,0°C d'ici à 2100**. Les augmentations des températures moyennes annuelles sont davantage attendues en hiver qu'en été^{30,31}.

Notons aussi que le changement dans l'utilisation des terres a également été modélisé. Les changements prévus de la température moyenne quotidienne pour l'été, dans un proche avenir (2006-2035) ont été modélisés avec ALARO-SURFEX sur plusieurs régions proches de Bruxelles. Il est montré que **l'urbanisation** pourra avoir un impact important sur le réchauffement local en termes de températures moyennes, doublant presque l'effet du réchauffement climatique³². **La proportion des surfaces imperméables de Forest** est passée de **32% en 1955 à 63% en 2006**³³.

Vagues de chaleur : une augmentation en nombre, intensité et durée

L'IRM³⁴ définit une **vague de chaleur** (ou canicule) comme une période d'au moins cinq jours consécutifs au cours de laquelle la température maximale atteint ou dépasse 25°C chaque jour et la température maximale atteint ou dépasse 30°C au moins à trois reprises. Depuis la fin du 19e siècle, il y avait en moyenne une vague de chaleur tous les 3 à 4 ans. Entre 2015 et 2020, il y a eu au moins une vague de chaleur chaque année : c'est la première fois que cela se produit depuis 1892.

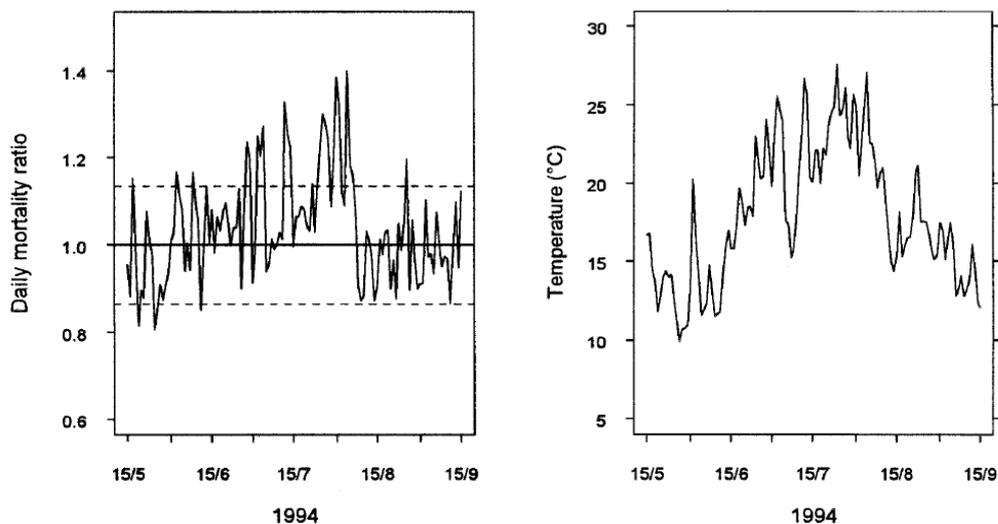


Figure 2. Évolution de la mortalité des personnes de 65 ans et plus (gauche) et de la température (droite) en Belgique lors de l'été 1994. (Source : Sator et al. In Marbaix et Van Ypersele, 2004.)

L'évolution de la mortalité des personnes de 65 ans et plus a été mise en relation avec la mortalité durant l'été 1994 en Belgique qui a connu des températures importantes pendant de longues périodes. On observe un surcroît de mortalité durant ces périodes - un rapport de 1.2 (par exemple) signifie un excès de 20% par rapport à la mortalité moyenne attendue. L'aléa canicule est toutefois complexe à analyser et assez contre-intuitif. Plus récemment, en France, la géographie des victimes de 2003 n'a pas été directement proportionnelle aux températures atteintes : elle a concerné principalement les

³⁰ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

³¹ Voir à ce sujet les cartes interactives de l'IRM par RCP et par saison, <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-l-horizon-2100>

³² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

³³ ULB-IGEAT, 2006. Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale, pour le Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Administration de l'Équipement et des Déplacements/Direction de l'Eau. Octobre 2006, 60p.

³⁴ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

personnes âgées dans les zones touchées mais il a été démontré que les **facteurs aggravants** ont été :

- les températures atteintes en fin de nuit. Cette **chaleur nocturne** a été accentuée en **ville** où les bâtiments, revêtements et mobiliers urbains non adaptés restituent durant la nuit la chaleur accumulée le jour, ce qui a contribué au phénomène d'**îlot de chaleur urbain** ;
- la **pollution de l'air** qui est positivement liée à l'ensoleillement et à l'absence de vent. La pollution de l'air a fragilisé les **personnes souffrant de troubles respiratoires**³⁵.

En 2020, L'IRM a étudié l'évolution des vagues de chaleur en région bruxelloise de 2010 à 2098³⁶ dans les trois scénarios RCP. La figure 3 montre le nombre de vagues de chaleur prévues tenant compte du scénario RCP8,5, le plus pessimiste mais aussi celui qui est le plus cohérent avec la situation actuelle. Pour ce scénario, les vagues de chaleur sont modélisées sur trois types de territoires différents : un rural (Brussegem) ; un suburbain (Uccle) ; un urbain (Molenbeek).

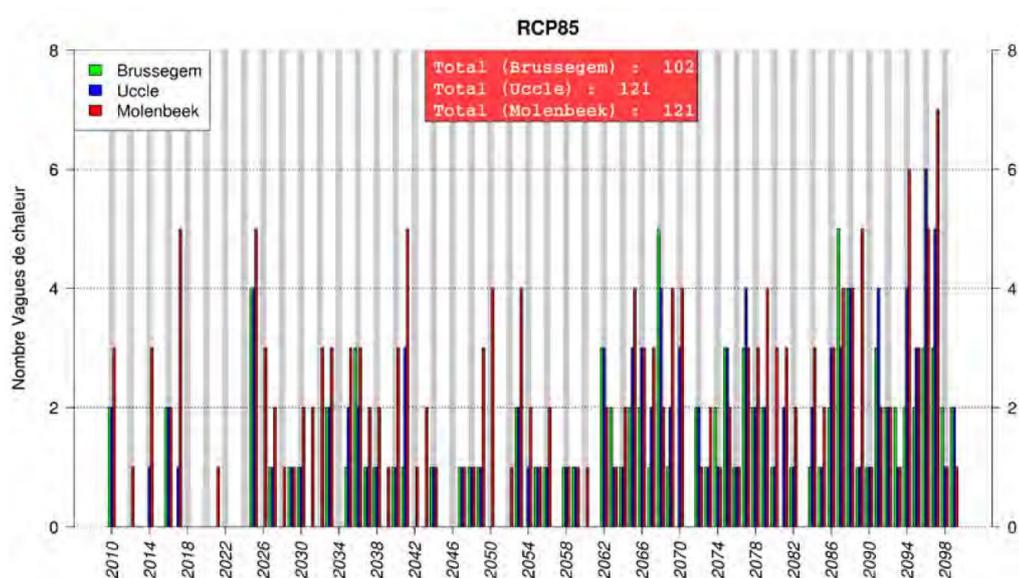


Figure 3. Évolution du nombre de vagues de chaleur selon les scénarios le plus pessimiste (RCP 8 .5) pour trois types d'environnements à Bruxelles : un rural (Brussegem en vert), un suburbain (Uccle en bleu) et un urbain (Molenbeek en rouge) (Source : IRM, 2020a).

Il apparaît clairement que les vagues de chaleur risquent d'augmenter à mesure que les températures moyennes augmenteront, cette augmentation du nombre de vagues de chaleur est surtout marquée à partir de 2060. L'IRM estime dans son Rapport climatique de 2020 qu'on peut s'attendre à « **au moins une vague de chaleur par été à Bruxelles à partir de 2050** », quel que soit l'environnement (rural et urbain). C'est donc plus grave que ce que pensaient Marbaix et van Ypersele en 2004³⁷ qui estimaient qu'à la fin du 21ème siècle, « un été sur deux » serait au moins aussi chaud que l'été 2003³⁸ surtout si l'on se dirigeait vers des scénarios pessimistes en termes d'émissions de GES³⁹.

³⁵ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

³⁶ Duchêne, F., Van Schaeybroeck, B., Caluwaerts, S., De Troch, R., Hamdi, R. and Termonia, P. 2020. A statistical-dynamical methodology to downscale regional climate projections to urban scale. J. Appl. Meteorology and Climatology, accepted for publication, doi : 10.1175/JAMC-D-19-0104.1.

³⁷ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

³⁸ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

³⁹ Parry, M., 2001. Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe : the Europe Acacia Project : a concerted action towards a comprehensive climate impacts and adaptations assessment for the European Union : report of a concerted action of the Environment Programme of the Research Directorate General of the Commission of the European Communities. Jackson Environment Institute. European Commission. Directorate General for Research. Environment Programme. Europe Acacia Project.

Si l'on retient le scénario **RCP8,5** : l'IRM indique qu'en **2100**, le centre-ville de Bruxelles peut s'attendre à ce que :

- **le nombre** de vagues de chaleur ait **triplé** ;
- **l'intensité** des vagues de chaleur ait **doublé** et que ;
- **la durée** des vagues de chaleur ait **augmenté de 50%**⁴⁰

Une étude précédente datant de 2012⁴¹ mentionne d'autres modèles dont les pessimistes affichent une augmentation moyenne des températures prévue à l'été 2085 pouvant atteindre **+8,9°C**. Notons toutefois que si l'on retient le scénario le plus positif (**RCP 2.6**), qui postule que la température baissera à partir de 2050 (et implique des efforts gigantesques en termes de réduction de GES), le **nombre** de vagues de chaleur **diminuera** également (évolution non représentée ici).

Vagues de chaleur et îlots de chaleur : les températures nocturnes, les logements et la pollution de l'air

Le lien entre vagues de chaleur et îlots de chaleur est clairement établi. **L'îlot de chaleur urbain** est défini par l'IRM comme « *la différence de température entre une station urbaine et une station de référence située dans un environnement rural, en dehors de la zone urbaine en question* ». L'îlot de chaleur urbain est plus fort pendant la nuit lors des vagues de chaleur que lors de conditions climatiques normales. Autrement dit, il désigne l'élévation **localisée** de températures et des températures **nocturnes**⁴². C'est un micro climat qui se traduit par la formation de couches d'air chaud au niveau de l'air à proximité de la surface du sol.

Il a pour effet de **renforcer** la pollution de l'air en aggravant la formation **d'ozone** ce qui en amplifie les effets sanitaires en termes de **mortalité** mais aussi de **morbidité** (essoufflement, irritation oculaire ou de la gorge, maux de tête etc.)⁴³

La distribution spatiale bruxelloise de l'îlot de chaleur urbain moyen sur 30 ans pendant la journée (UHI_D) et la nuit (UHI_N) montre les valeurs les plus élevées dans le centre-ville de Bruxelles que dans les environnements plus ruraux et végétalisés qui ont emmagasiné moins de chaleur pendant la journée que les zones urbaines. Les zones urbanisées se refroidissent donc plus lentement pendant la nuit. La **nature de l'occupation du sol** est donc un facteur important à prendre en compte.

⁴⁰ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁴¹ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁴² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁴³ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

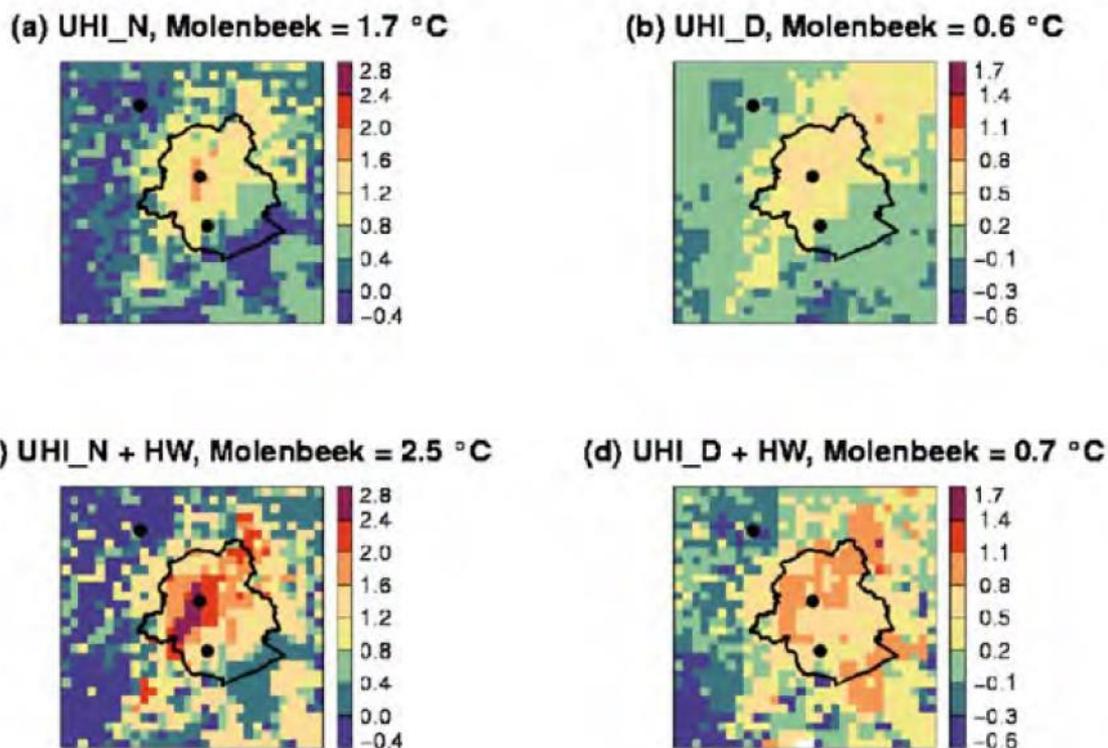


Figure 4. Répartition spatiale de l'îlot de chaleur urbain moyen sur 30 ans (1981-2010) pour la Région de Bruxelles-Capitale (Urban Heat Island ou UHI en anglais) pendant la nuit (UHI_N = a, c) et le jour (UHI_D = b, d). Les chiffres du haut montrent (a,b) l'îlot de chaleur urbain dans des conditions climatiques moyennes, et les chiffres du bas (c, d) montrent l'îlot de chaleur urbain pendant les vagues de chaleur 1 (Heat Wave (HW) en anglais) (c,d). (Source : IRM, 2020a).

Les îlots de chaleur sont aussi déterminés par une série d'autres facteurs (topographie, périphérie proche, etc.) et par **l'albédo**, défini comme une fraction de l'énergie du soleil réfléchi par une surface donnée. Par exemple, l'ardoise noire a un albédo de près de 0%, la tuile rouge (majoritaire dans les **bâtis anciens** bruxellois) a un albédo de 15% et une toiture végétalisée un albédo compris entre 25 à 40%⁴⁴. En d'autres termes, un matériau ayant un faible albédo absorbe beaucoup et garde la chaleur tandis qu'un albédo élevé réfléchit davantage et emmagasine de ce fait moins de chaleur.

L'âge et le **type de bâti** sont donc des paramètres à suivre. En 2012, Factor x et leurs collègues ont révélé que « *selon les services de la Région compétents sur la thématique, le **logement social est le plus sensible** car plus difficile à ventiler en période de canicule (petits logements non traversant etc.). De même, selon ces mêmes services, certains **bâtiments publics**, mal isolés et dont le cadre de rénovation est relativement restrictif pour des raisons patrimoniales pourraient connaître des enjeux énergétiques importants* »⁴⁵.

Précipitations moyenne en hiver : légère augmentation attendue à la fin du siècle

Selon le scénario RCP8,5, en **2050**, les **précipitations en hiver ne changeront pas de manière significative** par rapport à la période 1976-2005. En revanche, en **2085**, une **augmentation du régime des précipitations comprise entre 10% et 25%** est attendue à Bruxelles.

⁴⁴ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁴⁵ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

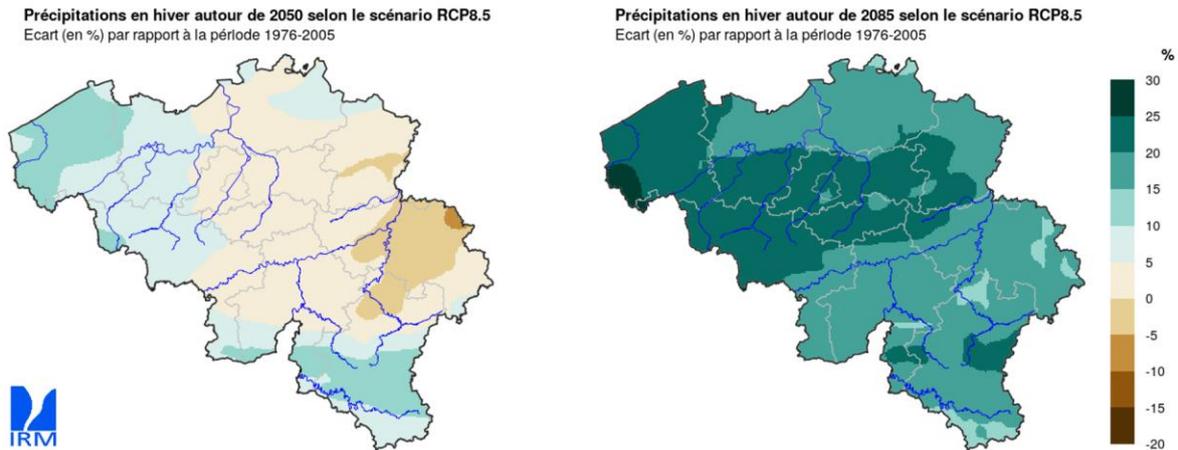


Figure 5. Variation moyenne en pourcentage des précipitations en hiver pour les périodes futures autour de 2050 (à gauche) et autour de 2085 (à droite) par rapport à la période 1976-2005. Ces cartes ont été réalisées sur base des projections climatiques du modèle ALARO-o avec le scénario RCP 8.5. (Source : IRM, sd)

Notons que Willems et ses collègues⁴⁶ montrent des variabilités assez importantes selon les scénarios retenus mais postulent globalement que les **hivers** seront **plus humides** alors que les **étés** seront **plus secs en 2085**.

De plus, Hamdi et ses collègues⁴⁷ ont démontré qu'**une croissance de 10% de l'imperméabilisation** d'un territoire peut engendrer une :

- augmentation du **ruissellement** cumulé annuel de 40% ;
- augmentation de 32% des **débits fluviaux** ;
- multiplication de la **fréquence des inondations** de 2,25.

Les **dynamiques d'urbanisation** doivent donc être considérées comme un sujet d'**importance capitale** dans une optique d'adaptation du territoire face au changement climatique (voir supra).

⁴⁶ Willems, P., Baguis, P., Ntegeka, V., Roulin, E., 2010. CCI-Hydr - Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems in Belgium. Katholieke universiteit Leuven (KUL) - Institut Royal Météorologique.

⁴⁷ Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P., Demare, G.R., Baguise, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of Historical Urbanization in the Brussels Capital Region on Surface Air Temperature Time Series: A Model Study. Royal Meteorological Institute and IGEAT, Faculty of Sciences, Free University of Brussels, Brussels, Belgium. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/2009JAMC2140.1

Précipitations moyenne en été : peu de changement significatif

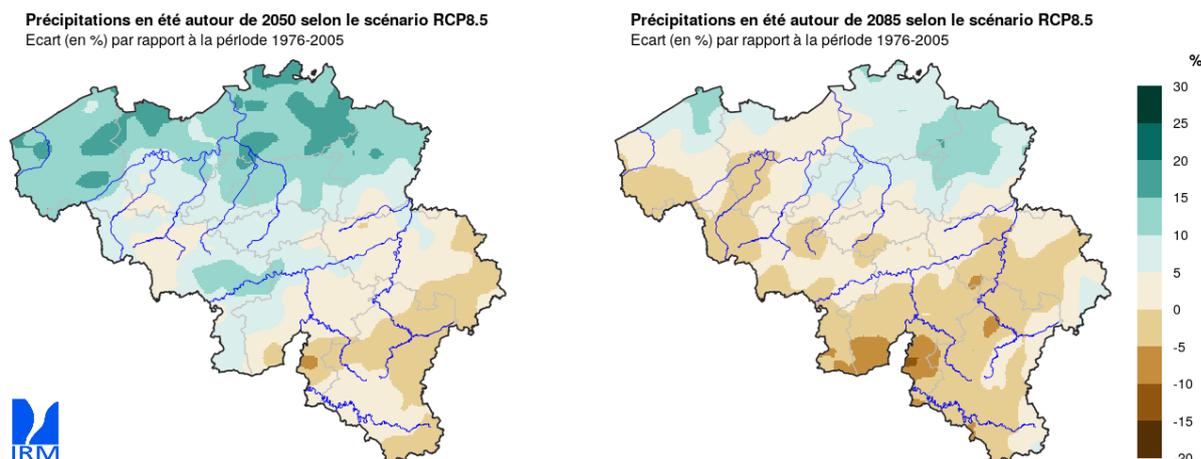


Figure 6. Variation moyenne en pourcentage des précipitations en été pour les périodes futures autour de 2050 (à gauche) et autour de 2085 (à droite) par rapport à la période 1976-2005. Ces cartes ont été réalisées sur base des projections climatiques du modèle ALARO-o avec le scénario RCP 8.5. (Source : IRM, sd.)

Si l'on retient le scénario RCP8,5 en 2050, **les précipitations moyennes durant l'été ne changeront pas de manière significative en 2050 et 2085** au regard de la période de référence (1976-2005)⁴⁸.

Précipitations fortes et abondantes : quelques jours de plus attendus

Les précipitations sont qualifiées de « fortes » à partir de 10 mm de pluie par jour⁴⁹ et de « très fortes »⁵⁰ ou « abondantes »⁵¹ à partir de 20 mm par jour.

Par rapport à la période de référence 1976-2005, **le nombre de jours comportant au moins 10 mm de précipitations devrait globalement augmenter d'ici 2100**. Plus précisément (voir figure 6), pour le scénario :

- **RCP 2,5 : peu de changement** sont attendus pour la période 2070-2100 par rapport à la période de référence ;
- **RCP 4,5 : en moyenne, 3 jours de plus** de précipitations d'au moins 10 mm sont attendus pour la période 2070-2100 par rapport à la période de référence ;
- **RCP 8,5 : en moyenne, 5 jours de plus** de précipitations d'au moins 10 mm sont attendus pour la période 2070-2100 par rapport à la période de référence.

⁴⁸ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁴⁹ Service Public Fédéral (SPF), 2019. Climat.be. Le site fédéral belge pour une information fiable sur les changements climatiques. SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. Changements observés en Belgique. <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/changements-observees>

⁵⁰ Dubuisson, B. & Moisselin, J.-M., 2006. Observed changes in climate extremes in France, La Houille Blanche, 92:6, 42-47, DOI: 10.1051/lhb:2006099

⁵¹ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

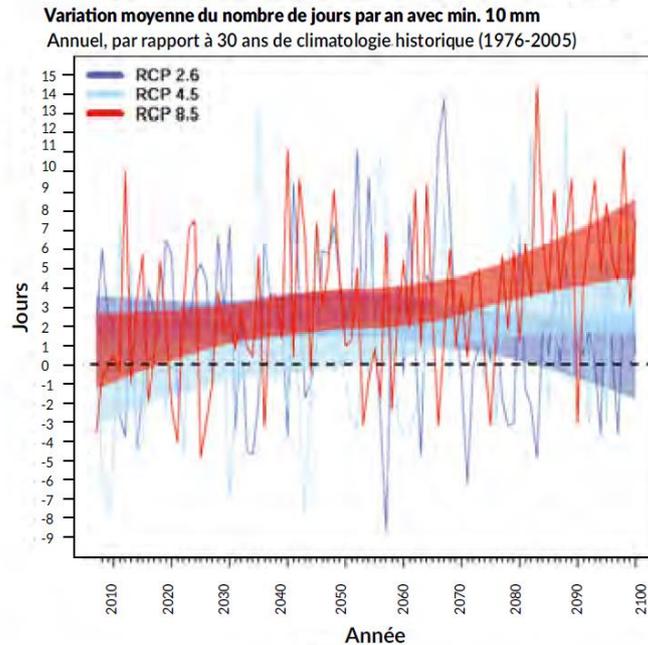


Figure 7. Évolution de la variation moyenne du nombre de jours par an avec plus de 10 mm de précipitations pour la période 2005 à 2100, en Belgique (Source : IRM 2020a).

Ces **projections** sont **concordantes** avec la légère augmentation des pluies intenses en hiver prévue par d'autres modèles mobilisés dans les travaux antérieurs⁵²

Sécheresses météorologiques : cinq fois plus de sécheresses exceptionnelles et augmentation du risque d'inondation

La notion de sécheresse est complexe et corrélée à plusieurs paramètres (vents, températures, niveau en eau du sol). Ce paragraphe ne traite que des **sécheresses météorologiques**, caractérisées par un déficit de précipitations⁵³ durant une longue période⁵⁴.

Pour Uccle (environnement suburbain), les sécheresses météorologiques pour la période 2046-2100 ont été modélisées dans le cadre des scénarios RCP 4,5 et **RCP 8,5**. Pour ce dernier, il est montré qu'on peut s'attendre à :

- **davantage de sécheresses** que par le passé, en comparaison à la période 1951-2005 ;
- **davantage de sécheresses exceptionnelles** - comme celle de 1976 - qui pourront être jusqu'à cinq fois plus fréquentes en comparaison à la période 1951-2005.

Notons qu'en climat tempéré océanique (le climat belge), la **sécheresse** est **surtout liée** à la **faiblesse des précipitations en saison de pluie**⁵⁵ c'est-à-dire à Bruxelles en décembre-janvier et en juillet-août. Ainsi, les précipitations d'hiver sont essentielles au renouvellement des nappes souterraines. En cas de sécheresse, à court terme, les plantes non irriguées ne disposent plus d'assez d'eau pour survivre - l'agriculture est donc touchée. A moyen terme, le niveau des nappes souterraines et des fleuves s'abaisse⁵⁶. La fourniture en eau potable peut être impactée selon le contexte. Les

⁵² Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁵³ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁵⁴ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

⁵⁵ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

⁵⁶ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

sécheresses, qui **diminuent la capacité d'infiltration** des sols ont également pour conséquence **d'augmenter le risque d'inondation lors d'épisodes de fortes pluies**⁵⁷.

Autres paramètres non significatifs

D'autres paramètres climatiques et aléas peuvent influencer sur le climat de Forest mais ne sont pas détaillés dans cette étude car l'analyse critique de la littérature disponible nous donne à penser qu'ils ne sont **pas destinés à évoluer de manière négative et/ou significative pour le territoire forestois**. C'est le cas des :

- **Régime des vents** : Pas de simulation⁵⁸
- **Tempêtes** (pointes de vents à > que 70km/h) : « *Concernant les tempêtes des moyennes et hautes latitudes, les experts du GIEC concluent qu'à la fin du XXI^e siècle, il est probable que la trajectoire des tempêtes de l'hémisphère Sud se déplace légèrement vers le pôle. En revanche, ils n'accordent qu'un faible degré de confiance à la projection de l'évolution des trajectoires des tempêtes dans l'hémisphère Nord. Cette forte incertitude se confirme à l'échelle de la France métropolitaine* »⁵⁹.
- **Vagues de froid** : Pas de simulation.
- **Approvisionnement en eau potable** : Situation complexe et projections nuancées^{60,61,62}. La question de **l'approvisionnement en eau potable provenant des nappes souterraines** est un peu plus complexe. L'approvisionnement de la Région bruxelloise en eau potable dont l'immense majorité provient de Wallonie est géré par Vivaqua. L'eau utilisée pour la production d'eau potable provient de 27 grands sites répartis dans 6 provinces et 6 nappes aquifères. Les captages situés sur le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale se trouvent en Forêt de Soignes et au bois de la Cambre⁶³.

⁵⁷ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁵⁸ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁵⁹ Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC), 2018. : Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement. La documentation française. 200p.

⁶⁰ d'Ieteren E., Hecq W., De Sutter R. and Leroy D., 2003. Les effets du changement climatique en Belgique: Impacts potentiels sur les bassins hydrographiques et la côte maritime. Phase I: état de la question. CEERE-ULB, ECOLAS & IRGT – KINT, Rapport final. www.irgt-kint.be

⁶¹ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

⁶² Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

⁶³ d'Ieteren E., Hecq W., De Sutter R. and Leroy D., 2003. Les effets du changement climatique en Belgique: Impacts potentiels sur les bassins hydrographiques et la côte maritime. Phase I: état de la question. CEERE-ULB, ECOLAS & IRGT – KINT, Rapport final. www.irgt-kint.be



Figure 8. Activités de captage, usines de refoulement, nœuds et réservoirs d’eau potable de Vivaqua (Source : Vivaqua 2016).

Il est difficile de prédire l’évolution de la recharge des nappes en lien avec le changement climatique en raison des incertitudes qui pèsent notamment sur l’évolution des paramètres climatiques et de leurs effets rechargeants (augmentation des pluies en hiver) et déchargeants (augmentation des températures moyennes, des sécheresses et sécheresses exceptionnelles)⁶⁴. Citant les travaux de d’Ieteren et ses collègues datant de 2003⁶⁵ les travaux de Marbaix et van Ypersele⁶⁶ avancent un an plus tard que « *des étés plus secs et une évaporation accrue peuvent (même avec des hivers plus humides) diminuer significativement les réserves d’eau souterraines en Belgique, impliquant des déficits pour certaines nappes* ». Toutefois, dans leur rapport, d’Ieteren ses collègues indiquaient plutôt des nappes surchargées et concluaient comme suit, sans s’engager davantage: « *même si les prévisions climatiques des experts indiquent que, dans nos régions, la pluviométrie sera à l’avenir plus importante en hiver et plus faible en été (...) des années exceptionnellement sèches sont toujours possibles* ».

Récemment, le Service Public Wallon Agriculture Ressources Naturelles et Environnement⁶⁷ indiquait que la recharge des nappes en Wallonie est importante, pas tellement du fait des quantités de précipitations mais surtout grâce à leur régularité. Nous ne traiterons donc pas de cet enjeu territorial pour la commune de Forest d’autant plus que si les risques venaient à augmenter significativement, c’est surtout la Région bruxelloise qui traiterait avec la Région wallonne – et non pas la commune de Forest. Spécifions que la commune veille à cet enjeu, à son échelle de prérogative, en étudiant les possibilités de substituer l’utilisation de l’eau potable par d’autres alternatives (eau de pluie,

⁶⁴ Aquawal, sd. Le changement climatique : impacts actuels et attendus sur le cycle de l’eau en Belgique. <https://www.aquawal.be/fr/le-changement-climatique-impacts-actuels-et-attendus-sur-le-cycle-de-l-eau-en-belgique.html?IDC=604>

⁶⁵ d’Ieteren E., Hecq W., De Sutter R. and Leroy D., 2003. Les effets du changement climatique en Belgique: Impacts potentiels sur les bassins hydrographiques et la côte maritime. Phase I: état de la question. CESE-ULB, ECOLAS & IRGT – KINT, Rapport final. www.irgt-kint.be

⁶⁶ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

⁶⁷ SPW Agriculture Ressources Naturelles et Environnement (SPWARNE), 2021. Etat Des Nappes D’eau Souterraine De La Wallonie. Namur. 66p.

rabattement temporaire,...) pour des usages qui n'en requièrent pas (nettoyage des espaces publics, arrosage des plantations,...).

Résumé chapitre 2.

La grille d'analyse par « aléas » est intéressante pour comprendre les effets du changement climatique sur le territoire Forestois.

Les modèles de simulation du GIEC travaillent initialement à des échelles mondiales/nationales mais heureusement, pour la Belgique, diverses sources scientifiques récentes nous permettent d'étudier l'évolution future d'un certain nombre d'aléas à des échelles et résolutions spatiales parfois extrêmement fines selon les sources et les modèles. Il faut toutefois prendre en compte cette difficulté lorsqu'on analyse des tendances globales, tout comme les marges d'erreur inévitables et les incertitudes radicales qui pèsent sur les systèmes non linéaires que nous n'avons pas développées ici.

Ceci étant dit, par rapport au climat bruxellois dit normal, qui part grosso modo des années 1950 aux années 2000, on peut résumer les travaux de simulations climatiques sur des trajectoires que nous sommes en train d'emprunter à l'échelle mondiale (scénario RCP8,5), pour la commune de Forest à partir de 2050, comme suit :

- Hausse des températures moyennes annuelles plus chaudes qui seront aggravées dans les zones fortement urbanisées.
- Augmentation importante des vagues de chaleur en termes de nombre (x 3), d'intensité (x 2) et de durée (x 1,5).
- Augmentation des îlots de chaleur et des températures nocturnes plus importantes dans les zones urbanisées et à faible albédo, problématique dans les logements mal isolés et renforçant la pollution de l'air en aggravant la formation d'ozone ayant des effets sanitaires en termes de mortalité et de morbidité.
- Légère hausse des précipitations hivernales et peu de changement significatif pour les précipitations moyennes estivales.
- Légère augmentation attendue des pluies fortes (<10mm) dans les scénarios RCP4,5 et 8,5.
- Davantage de sécheresses météorologiques et beaucoup plus de sécheresses météorologiques exceptionnelles (x 5).

Les paramètres/aléas : régime des vents, tempêtes, vagues de froid et approvisionnement en eau potable sont non modélisés, incertains ou non significatifs et n'ont pas été étudiés plus avant dans ce rapport.

Chapitre 3. Analyse des risques et vulnérabilité du territoire forestois vis-à-vis du changement climatique

3.1. Introduction

Après avoir passé en revue les perspectives climatiques attendues pour divers aléas selon les différents scénarios RCP analysés par le GIEC, et ce, aux échelles disponibles par la littérature, le présent chapitre vise donc à analyser les **risques et vulnérabilités** du territoire forestois de manière fine suite au changement climatique attendu.

Pour cela, un premier paragraphe étudie les **notions** clés pour comprendre au mieux la situation attendue. Après l'analyse de quelques cartes de cadrage du territoire de Forest (revenus, densité), les paragraphes qui suivent **cartographient** les différents aléas impactés par le changement climatique qui concernent Forest, en expliquent les principaux ressorts et fournissent une **caractérisation** des risques et vulnérabilités du territoire forestois vis-à-vis de ces aléas.

Il est à noter que si la Région bruxelloise dispose de compétences clés pour s'adapter aux conséquences du changement climatique, les communes disposent aussi de **compétences intéressantes** pour traiter cette problématique complexe : aménagement de l'espace public, établissements de règlements communaux d'urbanisme, création d'infrastructures etc.

3.2. Les notions d'enjeux territoriaux, de risques et vulnérabilités

Éléments exposés ou enjeux territoriaux : Composantes d'un territoire concernées par les aléas. Les éléments exposés du territoire forestois sont les êtres vivants humains (habitant.es) et non humains (oiseaux, insectes, mammifères etc.), les infrastructures matérielles (bâtiments, industries, espaces publics) et naturelles (parcs, jardins, étangs, ruisseaux etc.) pouvant être affectés par un ou plusieurs aléas. En d'autres termes, les éléments exposés ou enjeux forestois sont les caractéristiques propres du territoire communal qui le rendent plus ou moins vulnérable aux aléas⁶⁸.

Risque : Le risque est la mesure de la situation dangereuse qui résulte de la confrontation de l'aléa et des éléments exposés ou enjeux territoriaux. Notons qu'en l'absence d'enjeu territorial, il n'y a pas de risque⁶⁹. Par exemple, un séisme dans une zone exposée mais non habitée par la vie ne comporte aucun risque. Lorsqu'il existe, le risque se mesure souvent en termes de **probabilité d'occurrence et de gravité** (dégâts potentiels en termes de coûts économiques, de dommages sur les infrastructures naturelles et/ou sur les humains et non humains forestois)⁷⁰.

L'évaluation quantitative des risques est un exercice complexe qui implique de s'accorder sur une grille de priorités des risques⁷¹ qui peut différer selon l'époque, le contexte et les acteurs concernés. Par exemple : l'inondation d'une entreprise potentiellement polluante IED impactant une crèche est-elle plus ou moins grave qu'une vague de chaleur dans une séniorerie ?

⁶⁸ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

⁶⁹ Dequincey, O. Thomas, P., 2017. Aléas et risques. Université de Lyon – ENS de Lyon, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/FEL2017.xml>

⁷⁰ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

⁷¹ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

Dans ce chapitre, nous nous contenterons d'indiquer la **probabilité d'occurrence** sur base de la littérature scientifique et de **caractériser** les types de risques et les enjeux concernés, sans les évaluer au plan quantitatif.

$$\text{Risques} = \text{Aléas} \times \text{Enjeux} \times \text{Vulnérabilités}^{72} \text{ ou } \text{Risques} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité}^{73}$$

Vulnérabilité : la vulnérabilité est une notion très complexe⁷⁴ mais peut être définie, dans le cadre d'une analyse de risques, comme la **propension à l'endommagement** ou au **dysfonctionnement** de divers éléments exposés d'un territoire (humains, non humains, infrastructures, fonctions, activités etc.) face à un ou plusieurs aléas^{75,76}.

Autrement dit, la vulnérabilité du territoire concerné sera grande si de nombreuses composantes territoriales sont concernées par les risques potentiels, si les tendances des risques s'accroissent et si le territoire n'est pas adapté aux risques à venir. A l'inverse, la vulnérabilité du territoire sera faible si les composantes concernées par l'aléa n'ont que peu de valeur pour les acteurs concernés, si peu de composantes forestières sont concernées par le risque induit par l'aléa, si les tendances des risques décroissent avec le temps et si le territoire est bien adapté aux risques identifiés⁷⁷. On parlera de résilience du territoire pour déterminer la capacité du territoire à retrouver ses fonctions initiales ou à les adapter après un choc afin de les rendre plus réactives au choc suivant potentiel⁷⁸.

L'évaluation de la vulnérabilité d'un territoire est un exercice très complexe car le résultat de l'évaluation dépend pour partie des valeurs (marchande, économique, environnementale, affective, fonctionnelle, stratégique) attribuées aux éléments exposés ou enjeux territoriaux qui diffèrent selon l'époque, le contexte et les acteurs concernés. Par exemple, le Marais Wiels à Forest a une valeur marchande pour certains et affective pour d'autres ce qui rend compte de la complexité de la démarche d'évaluation de la vulnérabilité en termes purement quantitatifs. On est vite face à la notion d'incommensurabilité.

Dans ce chapitre, nous nous contenterons de **caractériser** de manière qualitative les risques et vulnérabilités sur base d'éléments factuels (voir encadrés), sans les évaluer/coter au plan quantitatif.

$$\text{Vulnérabilité} = \text{Nombre de composantes concernées par les risques} \times \text{Coefficient de tendance des risques impactant le territoire concerné} \times \text{Coefficient d'Adaptation actuelle du territoire face aux risques prévus}^{79}.$$

⁷² D'après Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p

⁷³ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p

⁷⁴ Becerra, S. Peltier, A. 2009. Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés. 2009. (hal-03178171)

⁷⁵ Dequincey, O. Thomas, P., 2017. Aléas et risques. Université de Lyon – ENS de Lyon, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/FEL2017.xml>

⁷⁶ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p

⁷⁷ Ecores, Co2logic, 2021. Plan Climat de la Commune d'Ixelles. Volet Adaptation au changement climatique. 78 pages.

⁷⁸ Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p

⁷⁹ D'après Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p

3.3. Cadrage territorial : la commune de Forest

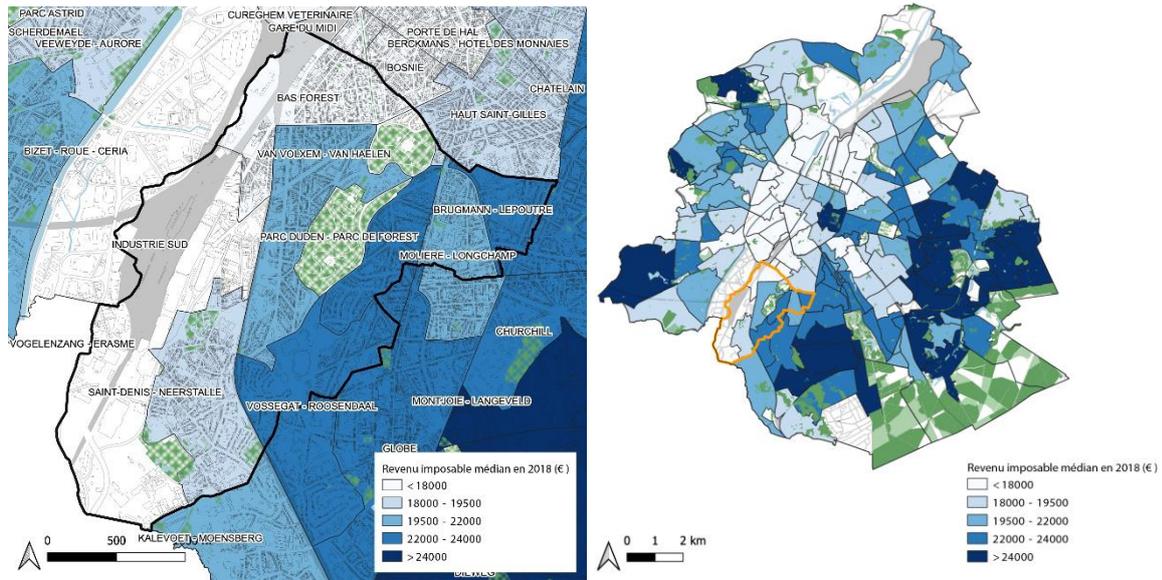


Figure 9. Revenu imposable médian de la population de Forest (à gauche) et de la Région de Bruxelles Capitale (à droite) (Source : Monitoring des quartiers, 2018).

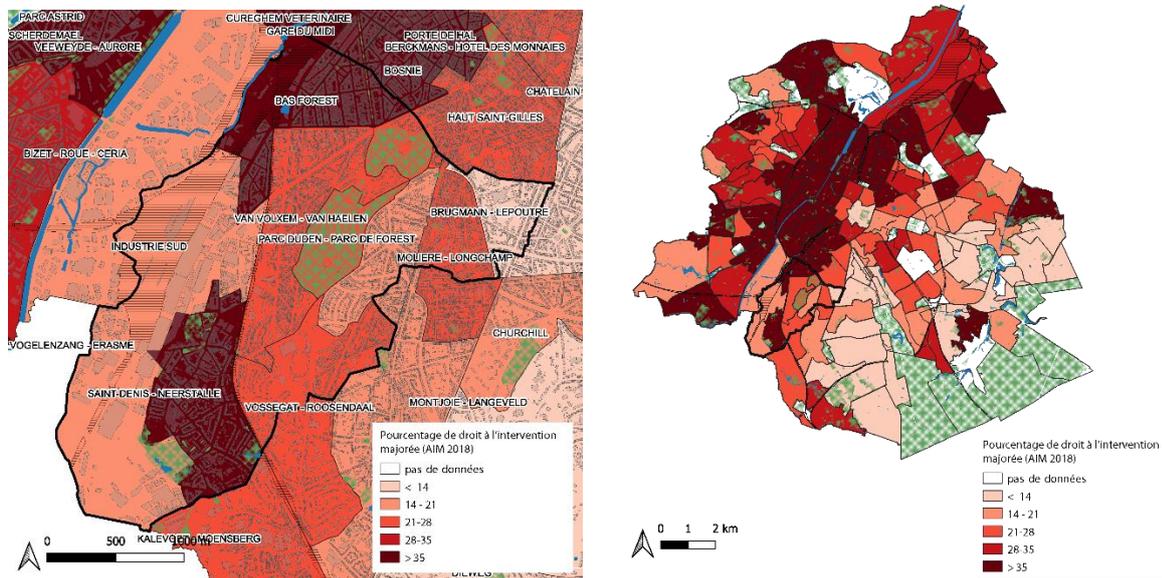


Figure 10. Pourcentage de droit à l'intervention majorée à Forest (à gauche) et dans la Région de Bruxelles Capitale (à droite) (Source : AIM, 2018).

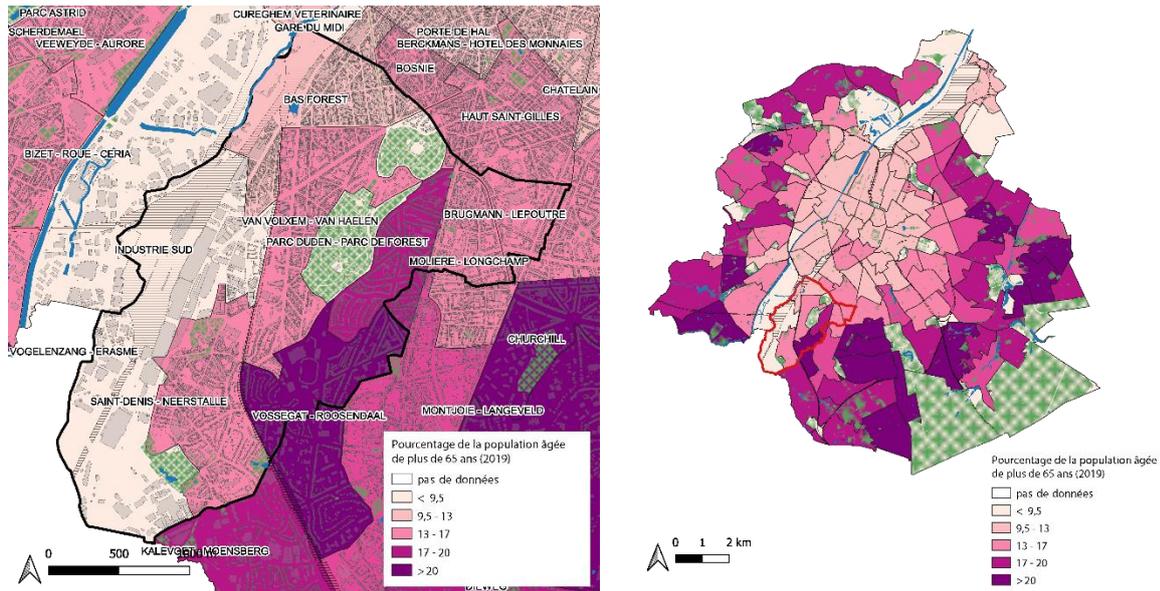


Figure 11. Part de la population de plus de 65 ans des quartiers de Forest (à gauche) et de la Région de Bruxelles-Capitale (à droite) (Source : Monitoring des quartiers, 2019)

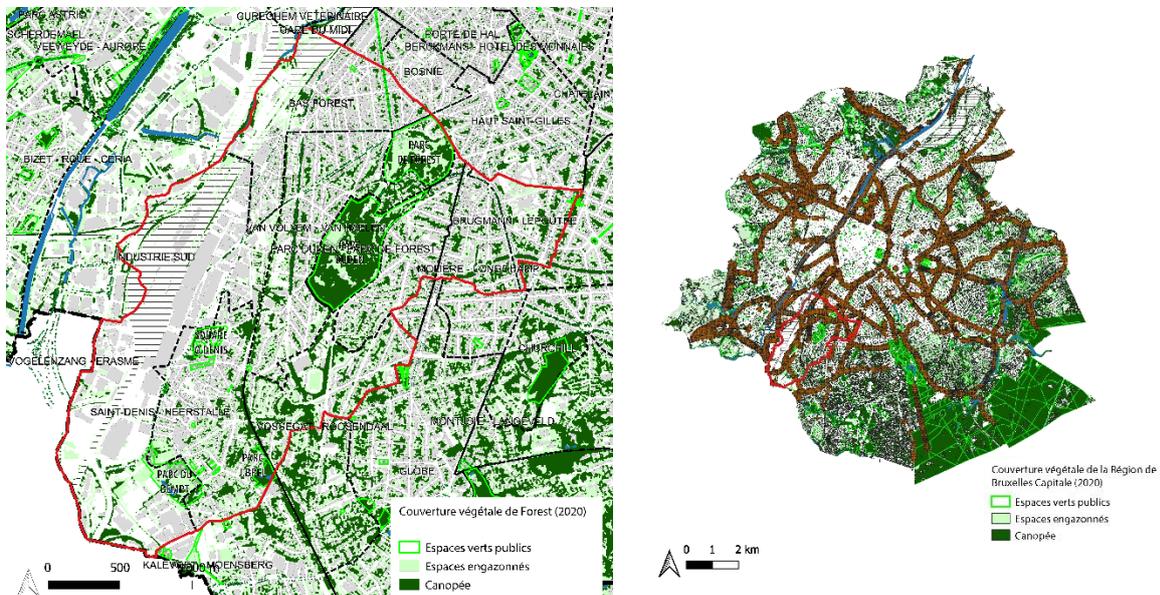


Figure 12. Couverture végétale de Forest (à gauche) et de la Région de Bruxelles-Capitale (à droite) (Source : Bruxelles Environnement, 2020; Bruxelles Mobilité, sd)

La commune de Forest montre d'assez fortes disparités entre quartiers pour ce qui concerne les **revenus** imposables : les quartiers dits du « haut de Forest » (Altitude 100, Vossegat-Roosendael et Molière) sont clairement privilégiés par rapport au « bas de Forest » et les quartiers Saint-Denis, Neerstalle, Industrie-Sud et Bas de Forest, à la limite de Saint-Gilles (Saint-Antoine etc.). Les Bénéficiaires d'Intervention Majorée sont les personnes qui obtiennent de leur mutualité un remboursement plus élevé pour leurs soins de santé, en raison de leurs revenus faibles (moins de 20.300€ bruts imposables par an) ou de leur situation personnelle (handicap, familles monoparentales, MENA...) (Médor, 2022). Le **pourcentage de droit à l'intervention majorée** à Forest est le plus élevé dans les quartiers Vossegat-Roosendael et surtout Bas de Forest. Cet indicateur est intéressant en ce qu'il fait le lien entre précarité et santé bien qu'il ne désigne parmi ces personnes précarisées que celles qui disposent des moyens culturels et sociaux leur permettant de bénéficier d'un organisme d'assurance (Médor, 2022). Les dynamiques de **densité** sont plus contrastées : les quartiers plus pauvres du Bas de Forest et de Van Haelen sont aussi les plus denses mais les quartiers

Molière et Altitude 100 sont aussi globalement très denses au regard de la moyenne régionale. Pour ce qui concerne **la part de la population de plus de 65 ans** on constate que celle-ci est plus pregnante dans les quartiers du « haut de Forest » que dans ceux du « bas de Forest ». Enfin, en termes de couverture végétale, les données sur les espaces verts privés ne sont malheureusement pas disponibles. Les quartiers du bas de Forest « Industrie Sud », « Bas Forest » et « Saint-Denis-Neerstalle » bénéficient d'une couverture végétale moindre - toutefois des parcs importants sont accessibles dans des quartiers limitrophes. Notons également la différence en termes de couvert végétal des parcs forestois : le parc Duden est très arboré au contraire du Bempt et du bas du Parc de Forest, plus engazonnés, ce qui a un effet sur les températures ressenties.

3.4. Approche des risques et vulnérabilités par aléas ⁸⁰

La figure 13 indique certaines **données socio-économiques** et **environnementales** clés par quartiers forestois qui permettent d'identifier les populations plus vulnérables impactées (part des plus de 65 ans, population précarisée au plan socio-économiques, bénéficiaires du droit à l'intervention majorée etc.), les facteurs de risques aggravants (taux d'occupation du bâti des îlots, part des surfaces imperméables) ou diminuant les vulnérabilités (présence d'espaces verts, etc.). Ces données sont utilisées dans les paragraphes suivants notamment pour cartographier les risques en lien avec les données socio-économiques de la population forestoise. Cette méthode sert de socle pour objectiver les **inégalités environnementales** en cours et futures (liées au changement climatique) à Forest⁸¹.

80 NB. Notons que toutes les cartes communales produites par le Centre d'écologie ont également été produites à l'échelle régionale et sont disponibles sur simple demande.

81 Pour explorer les inégalités environnementales bruxelloises et forestoises, voir : De Muynck, S., Wayens, B., Bossard, A., Descamps, B., Wallenborn, B. et Leloutre, G. 2021. « Les inégalités environnementales bruxelloises : revue critique et leviers politiques », rapport inédit pour la Commission communautaire commune. (COCOM); De Muynck, S., Wayens, B. et al. 2022. Les inégalités environnementales à Bruxelles : typologie et état des lieux. Brussels Studies, Notes de synthèse, à paraître ; De Muynck, S., Ragot, A., Mugabo, A., Wallenborn, G. et Wayens, B. 2022 (à paraître). « Institutionnaliser les inégalités environnementales : le cas du Plan d'Action Climat forestois ». Etopia.

	Revenu imposable médian des déclarations (€)	Revenu imposable moyen par déclaration (€)	Taux d'occupation du bâti des îlots (%)	Part des surfaces imperméables (%)	Part des logements sociaux (nombre de logements sociaux pour 100 ménages) (logt/100 ménages)	Part des logements construits avant 1961 (%)	Taux d'occupation de la voirie entre 17h et 18h (%)	Valeur moyenne journalière annuelle en NOx (µg/m³)	Part de la population à proximité d'un espace vert accessible au public (%)	Part de la population qui déclare ne pas être en bonne santé (%)	Densité de population (hab/km²)	Part des 65-79 ans dans la population totale (%)	Part des 80 ans et plus dans la population totale (%)	Coefficient de séniorité (80+/60+) (%)	Part des 65 ans et plus dans la population totale	Droit à l'intervention majorée (%)
	-2018-	-2015-	-2013-	-2006-	-2019-	-2001-	-2011-	-2001-	-2012-	-2001-	-2020-	-2019-	-2019-	-2019-	-2019-	-2018-
Brugmann - Lepoutre	22471	38338	51,84	79,30	0,00	83,88	45,74	35,00	87,01	18,92	12847,42	9,26	2,98	18,19	12,24	13,90
Molière - Longchamp	20251	28524	55,40	78,79	3,20	78,74	42,97	21,96	80,66	26,97	18548,82	9,31	3,68	21,26	12,99	21,70
Altitude 100	23758	30800	49,54	79,56	0,00	66,93	40,88	22,45	90,74	26,93	18338,73	12,64	6,40	27,24	19,04	17,80
Bas Forest	17197	VS	48,30	75,86	2,46	89,00	60,11	24,65	58,46	30,90	17141,77	6,31	2,25	18,00	8,56	44,50
Van Volxem - Van Haelen	19718	27036	45,70	70,17	3,10	70,87	55,56	27,00	71,72	27,23	15662,55	9,10	3,38	20,05	12,48	27,60
Vossegat - Roosendaal	22828	VS	25,47	58,29	9,10	42,51	39,23	17,24	75,53	28,04	7936,45	14,86	9,06	30,55	23,92	21,90
Saint-Denis - Neerstalle	18705	24003	38,84	66,02	16,19	76,53	51,74	15,50	97,82	31,59	10344,75	8,76	2,78	17,49	11,53	36,80
Industrie Sud	ND	ND	ND	56,79	ND	ND	64,90	37,61	31,69	ND	470,08	ND	ND	ND	ND	20,1
Parc Duden - Parc de Forest	ND	ND	ND	21,45	ND	ND	55,53	19,67	100,00	ND	1066,74	ND	ND	ND	ND	23,1
* ND: non disponible																
Moyenne des quartiers affichés	/	/	35,17	63,67	3,70	72,80	52,89	29,05	78,95	/	7965,13	9,52	3,95	22,13	14,39	26,31
Moyenne régionale	19723	27449	26,31	46,15	7,22	63,03	45,45	31,49	81,75	27,20	7500,65	9,04	4,09	23,16	13,13	32,04
* VS: valeur soumise au seuil	ND	ND					longueur de voirie < 500 m		< 50 habitants		< 20 habitants	< 200 habitants	< 200 habitants	< 200 habitants		

Figure 13. Données socio-économiques et environnementales clés par quartiers forestois (Sources : Service public régional de Bruxelles – IBSA, AIM 2018).

Les vagues de chaleur et les îlots de chaleur

Explication générale :

Le chapitre 2 nous apprend que :

- Les **températures moyennes** vont augmenter de manière plus ou moins significative selon les scénarios du GIEC (entre + 1°C et + 5,0°C) d'ici 2100.
- **L'urbanisation** pourra avoir un impact important sur le réchauffement local en termes de températures moyennes, doublant presque l'effet du réchauffement climatique⁸².
- La proportion des **surfaces imperméables** de Forest est passée de 32% en 1955 à 63% en 2006.
- Un été sur deux voire tous les étés à partir de 2050 seront touchés par au moins une **vague de chaleur**^{83,84}.
- En 2100, le centre-ville de Bruxelles peut s'attendre à ce que le **nombre** de vagues de chaleur ait triplé, **l'intensité** des vagues de chaleur ait doublé et la **durée** des vagues de chaleur ait augmenté de 50% - scénario RCP8,5, de l'IRM⁸⁵.
- Les **bâtiments** non adaptés restituent durant la nuit la chaleur accumulée le jour, ce qui contribue au phénomène d'îlot de chaleur urbain et la pollution de l'air qui fragilise les personnes souffrant de troubles respiratoires.
- Le lien entre vagues de chaleur et **îlots de chaleur** est clairement établi.
- **L'îlot de chaleur** désigne l'élévation localisée de la température et des **températures nocturnes**^{86,87}
- Il a pour effet de renforcer la pollution de l'air en aggravant la formation **d'ozone**⁸⁸ ce qui en amplifie les effets sanitaires en termes de **mortalité** et de **morbidité**.
- Les **zones urbanisées** se refroidissent plus lentement pendant la nuit⁸⁹.
- La **nature de l'occupation du sol** est un facteur important à prendre en compte pour les îlots de chaleur tout comme l'âge et le type de bâti.
- Le **logement social** est le plus sensible aux vagues et lots de chaleur car ce sont souvent des petits logements non traversant plus difficiles à aérer et ventiler⁹⁰.
- Les **bâtiments publics**, mal isolés et dont le cadre de rénovation est relativement restrictif pour des raisons patrimoniales pourraient aussi souffrir des vagues et îlots de chaleur⁹¹.

Les cartes suivantes se basent sur ces éléments pour caractériser les risques et vulnérabilités spécifiques du territoire de Forest suite au changement climatique.

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois induits par le changement climatique

Il apparaît que **le territoire de Forest est fortement concerné par les aléas « vagues de chaleur » et « îlots de chaleur »**. Ceci s'explique par le taux d'occupation de bâti des îlots et la part

⁸² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁸³ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

⁸⁴ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁸⁵ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

⁸⁶ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

⁸⁷ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

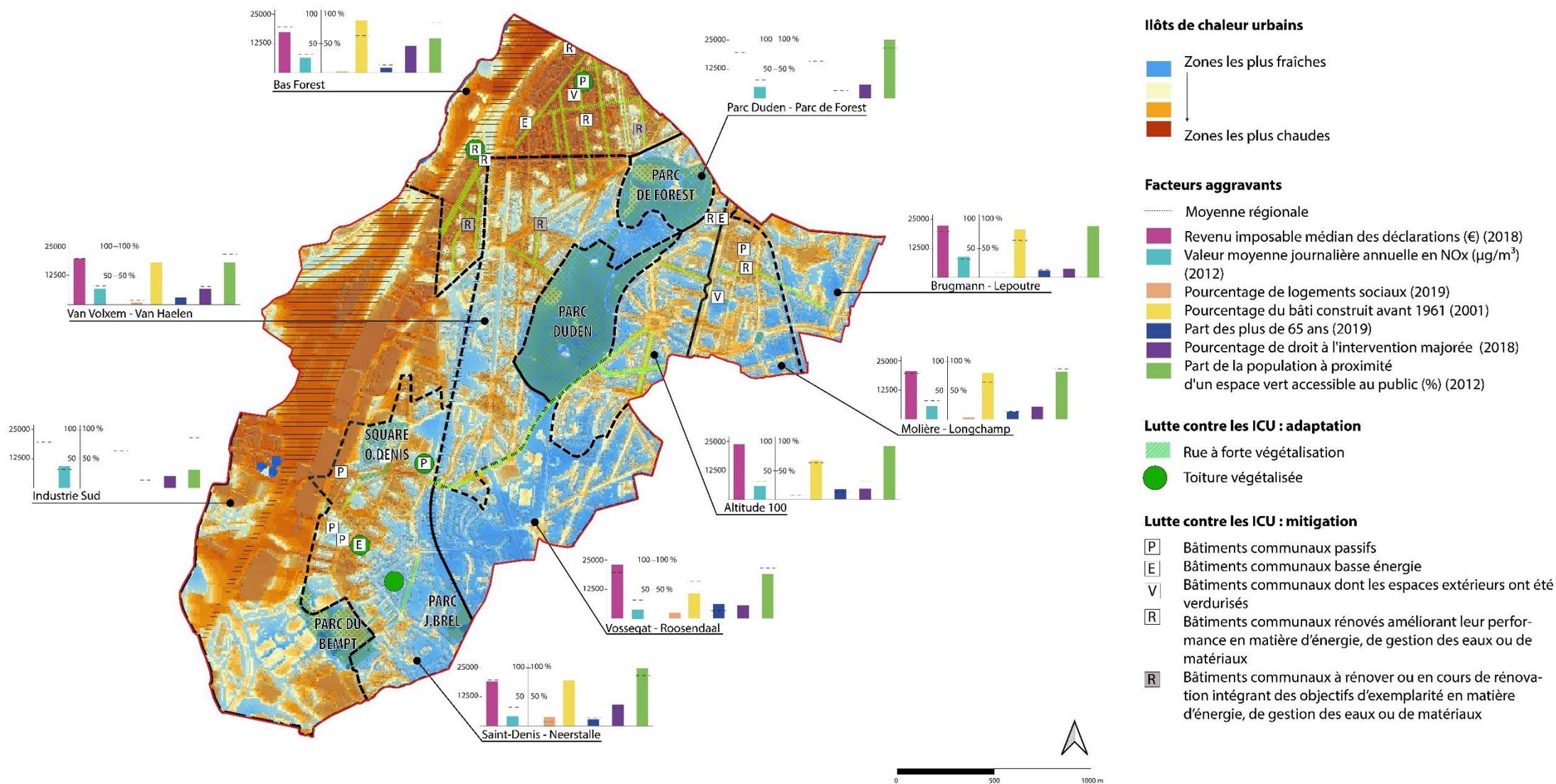
⁸⁸ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

⁸⁹ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

⁹⁰ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

⁹¹ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

de surfaces imperméables particulièrement élevés dans de nombreux quartiers (figure 14). Les quartiers les plus chauds (Industrie Sud et Bas de Forest) sont ceux qui cumulent à la fois beaucoup de surfaces imperméables et une faible surface végétale. Les facteurs de risques aggravant la vulnérabilité des forestois et particulièrement celles des publics les plus fragiles (seniors, personnes en situation socio-économique plus défavorable etc.) ont été superposés au fond de plan indiquant les zones fraîches (en bleu) et chaudes (en rouge) de la commune.



De manière générale, la part du **logement construit avant 1961** est en moyenne plus élevée à Forest (70%) que la moyenne régionale (63%). Les quartiers du bas de Forest, Brugmann-Lepoutre, Molière-Longchamp et Saint-Denis Neerstalle dépassent nettement la moyenne régionale en matière de part de logements anciens construits avant 1961 – dont on *postule* qu'il est moins bien isolé et ventilé. Les **logements sociaux** dont on *postule* qu'il sont moins bien isolés et ventilés sont principalement situés dans les quartiers de bas de Forest Saint-Denis-Neerstalle. Les personnes âgées sont particulièrement sensibles aux vagues de chaleur. En 2003, la canicule a causé en Belgique une surmortalité de près de 1300 personnes dont 80% étaient des **personnes de 65 ans et plus**. Heureusement, les quartiers Altitude 100 et Vossegat-Roosendaal du haut de Forest qui accueillent une part des plus de 65 ans plus importante que les autres quartiers sont les moins concernés par le risque attendu d'îlot de chaleur et par les risques corollaires pour la santé (**NOx**). La figure 14 montre que les zones les plus chaudes de la commune sont situées principalement dans les quartiers Saint-Denis et surtout du bas de Forest, près de la Place Saint-Antoine qui sont aussi les quartiers les plus pauvres - ici caractérisés par le **revenu imposable médian** des déclarations et le **pourcentage de droit à l'intervention majorée**. Ces derniers ne disposent en outre pas de la même capacité d'agir et d'interpeller les autorités publiques communales ou régionales pour dénoncer cet état de fait. Par ailleurs, on sait que les espaces verts accessibles au public sont une composante territoriale importante pour faire face aux vagues de chaleur. **Les zones de carences en espaces verts publics du territoire forestois** (figure 15) viennent confirmer la carte précédente et marquer une fois encore **les risques et vulnérabilités importants** des quartiers du Bas de Forest et d'Industrie Sud, et les habitations proches de grands axes de l'Avenue du Pont de Luttre, Rue Saint-Denis, Gare de Forest Est, Bas de l'Avenue Général Dumonceau, Boulevard Guillaume Van Haelen, Chaussée de Neerstalle etc. qui subissent donc des **inégalités environnementales**. De manière plus étonnante, le quartier Vossegat-Roosendaal apparaît sur la carte de carence en espaces verts publics mais notons que la part de jardins privés dans ces quartiers y est importante ce qui tempère le risque de souffrir des vagues de chaleur pour les habitant.e.s concerné.es.

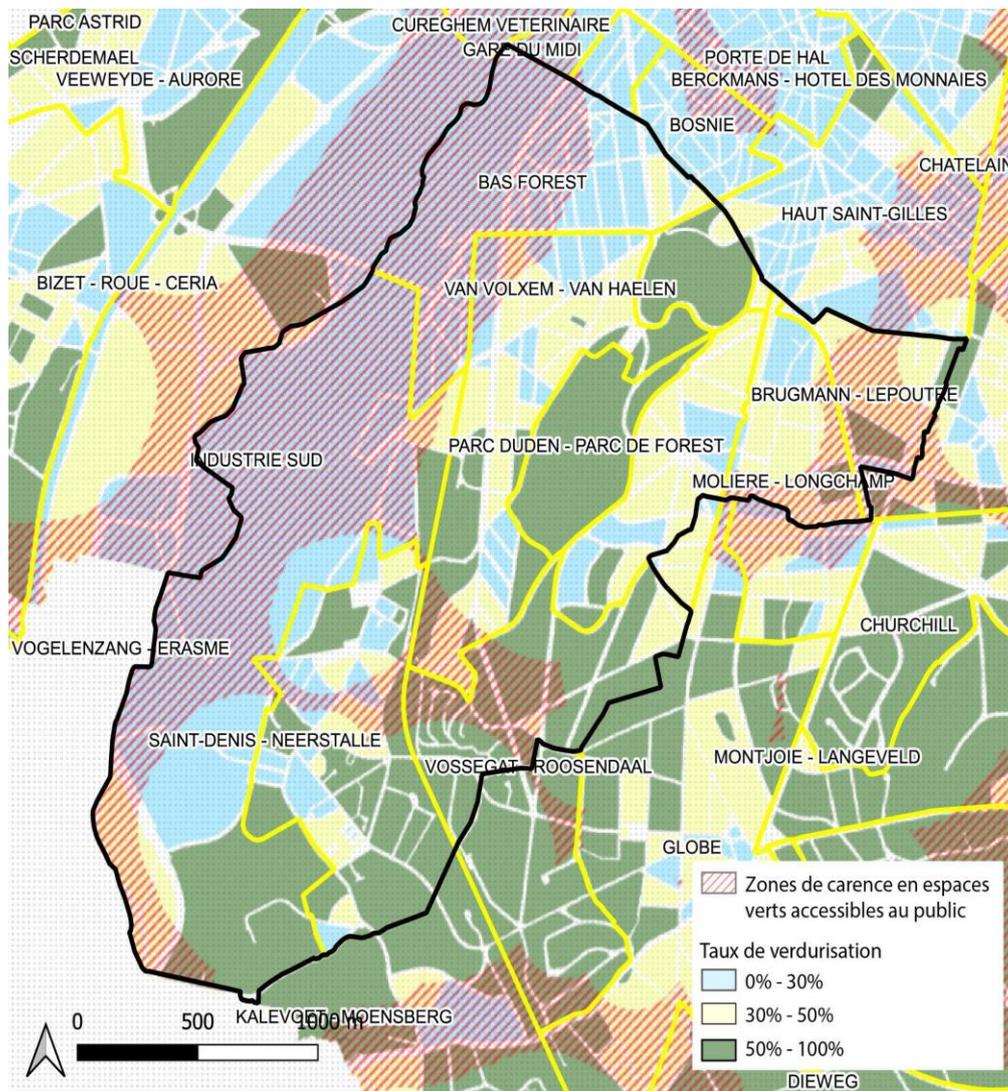


Figure 15. Zones de carences des espaces verts à Forest (Source : Bruxelles Environnement, 2021)

Notons par ailleurs que même au sein des parcs, une différence entre quartiers existe : le haut du Parc de Forest est beaucoup **plus arboré** (et donc plus refroidissant) que le bas qui est une simple pelouse très dense en termes d'usage en été. Le parc du Bempt, proche des quartiers Saint-Denis et Neerstalle est aussi un parc relativement peu arboré. Les **arbres de voiries** régionales (figure 12) présents dans le bas de Forest viennent quelque peu nuancer l'analyse des risques associés aux vagues et îlots de chaleur pour les quartiers du bas de Forest, Van Volxem et Neerstalle.

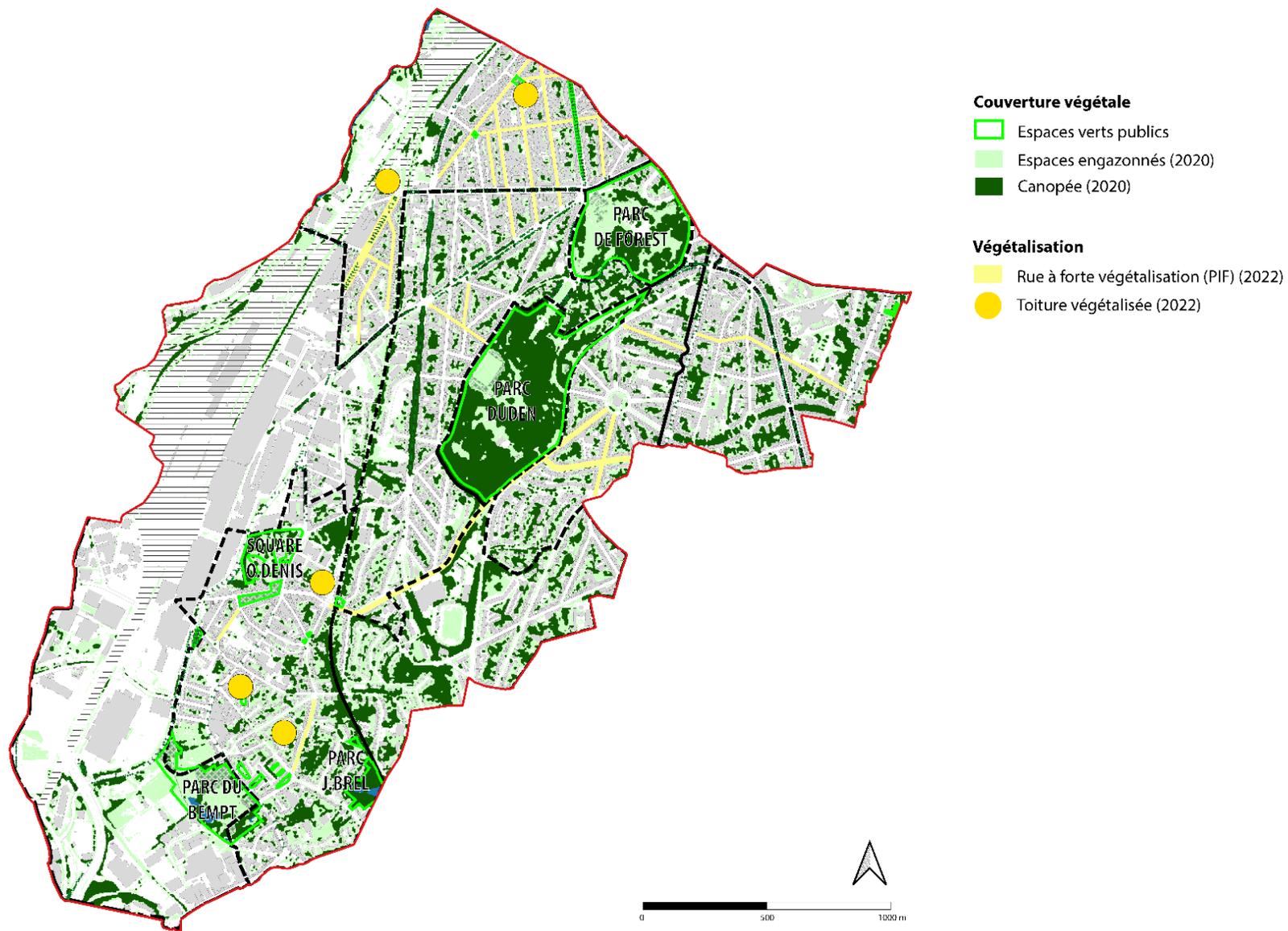


Figure 16. Couverture végétale de Forest et projets de végétalisation communaux (Source : Bruxelles Environnement, 2020; Bruxelles Mobilité, sd ; Commune de Forest 2022)

La figure 16 est intéressante en ce qu'il est démontré que les **grandes surfaces vertes et arborées**⁹² concourent à diminuer le stress thermique d'un territoire. Les études montrent en effet que l'ombrage que les arbres idéalement densément feuillus procurent en combinaison avec des « espaces bleus » (étangs, fontaines, cours d'eau, etc.) réduit le stress causé par la chaleur dans les espaces extérieurs⁹³ et donc les risques associés aux vagues et îlots de chaleur.

Pour ce qui concerne les actions déjà en cours qui relèvent de l'adaptation de Forest aux aléas vagues et îlots de chaleur, deux types d'actions principales sont mises en place depuis quelques années :

- Les rues à forte végétalisation (pieds d'arbres, plantes grimpantes, bacs et PIF – pour petites implantations florales) ;
- Les toitures végétalisées

Les rues à forte végétalisation ont le mérite d'être principalement localisées dans le quartier Bas de Forest qui est le plus vulnérable aux aléas vagues et îlots de chaleur, et dans une moindre mesure dans le reste du territoire à l'exception d'Industrie Sud.

Les toitures végétalisées sont situées dans les quartiers stratégiques (deux dans le Bas de Forest et trois à Saint-Denis-Neerstalle).

Pour rappel, la nature de l'occupation du sol est importante pour réduire les îlots de chaleur. D'autres facteurs comme les matériaux sont à considérer - l'ardoise noire a un albédo de près de 0%, la tuile rouge (majoritaire dans les bâtis anciens bruxellois) a un albédo de 15% et une toiture végétalisée un albédo compris entre 25 à 40%⁹⁴. Notons toutefois **l'impact encore extrêmement limité** de ces dispositifs au regard de l'enjeu d'adaptation de Forest aux aléas vagues et îlots de chaleur. Les actions de mitigation (bâtiments passifs etc.) qui ne font pas l'objet du focus de ce présent rapport sont également encore trop faiblement déployées au regard des enjeux (voir partie diagnostic Climact).



Figure 17. Des PIF en rue. - D.R. (Source : La Capitale, 2020).

⁹² Lauwaet D., Vranckx, S. Dens, S., De Ridder, K., Hooyberghs, H. et Lefebvre, 2021. F. stress thermique et qualité de l'air en région de Bruxelles-Capitale. Etat des lieux et perspectives d'avenir. Séminaires 21-22 : « Solution : Ville-Nature ». Séminaire 26/11/2021. Ville Dense. Apis Bruoc Sella, Bruxelles Environnement. http://www.apisbruocsella.be/sites/default/files/1_FR_20211126_SEM2_VITO_DirkLauwaet.pdf

⁹³ Bruxelles Environnement (BE), 2020b. Cartographie des îlots de fraîcheur à Bruxelles, <https://environnement.brussels/l'environnement-etat-des-lieux/en-detail/climat/cartographie-des-ilots-de-fraicheur-bruxelles>

⁹⁴ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

Les inondations par ruissellement

Explication générale :

Le chapitre 2 nous apprend que :

- Une **augmentation du régime des précipitations hivernales** comprise entre 10% et 25% est attendue en 2085 à Bruxelles selon le scénario RCP8,5 et par rapport à la période 1976-2005.
- Une **croissance de 10% de l'imperméabilisation** d'un territoire peut engendrer une:
 - augmentation du ruissellement cumulé annuel de 40% ;
 - augmentation de 32% des débits fluviaux et une ;
 - multiplication de la fréquence des inondations de 2,25⁹⁵
- La proportion des **surfaces imperméables** de Forest est passée de 32% en 1955 à 63% en 2006.
- Le **nombre de jours comportant au moins 10 mm de précipitations** devrait globalement augmenter d'ici 2100 par rapport à 1976-2005 et selon les scénarios retenus:
 - RCP 2,5 : peu de changement
 - RCP 4,5 : en moyenne, 3 jours de plus
 - **RCP 8,5 : en moyenne, 5 jours de plus**⁹⁶.
- Pour Uccle (environnement suburbain), les sécheresses météorologiques pour la période 2046-2100 ont été modélisées dans le cadre des scénarios RCP 4,5 et RCP 8,5. Pour ce dernier, il est montré qu'on peut s'attendre à :
 - **davantage de sécheresses** et ;
 - davantage de sécheresses **exceptionnelles** en comparaison à la période 1951-2005.
- Les **sécheresses**, qui diminuent la capacité d'infiltration des sols ont également pour conséquence **d'augmenter le risque d'inondation** lors d'épisodes de fortes pluies⁹⁷.

Les cartes suivantes se basent sur ces éléments pour caractériser les risques et les vulnérabilités spécifiques du territoire de Forest suite au changement climatique.

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois suite au changement climatique:

Les inondations fluviales sont les inondations faisant suite au débordement de cours d'eau à ciel ouvert ou voûté. **Le risque d'inondation fluviale est avéré** pour le territoire communal : les impacts directs sont attendus dans les quartiers Saint-Denis, Precker, Pont de Luttre, si le bassin versant de la Senne est impacté en amont - voir dernier cas extrême de novembre 2010^{98,99}.

Les **risques d'inondation par ruissellement** (pluviales) de Bruxelles ont été cartographiés pour trois types d'aléas ayant des probabilités d'occurrence différentes sur un an¹⁰⁰ (BE, 2015) :

- Aléa faible : associé à une inondation ayant une probabilité de survenir en moyenne une fois tous les 100 ans, ou autrement dit n'ayant qu'1% de chance de se produire dans l'année ;

⁹⁵ Hamdi, R. Deckmyn, A., Termonia, P., Demare, G.R., Baguise, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of Historical Urbanization in the Brussels Capital Region on Surface Air Temperature Time Series: A Model Study. Royal Meteorological Institute and IGEAT, Faculty of Sciences, Free University of Brussels, Brussels, Belgium. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/2009JAMC2140.1

⁹⁶ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p

⁹⁷ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

⁹⁸ Communication personnelle de Magali da Cruz, Responsable du Service « Eau » au sein de l'administration communale de Forest, 16/12/2021.

⁹⁹ Destree, A. et Da Cruz, M., sd. Guide pratique à destination des particuliers : Les inondations et l'humidité dans les habitations à l'initiative de Jean-Claude Englebert, échevin de l'environnement, et de Charles Spapens, échevin de la revitalisation des quartiers, au nom du Collège des Bourgmestre et échevins. Commune de Forest. 34p.

¹⁰⁰ On parle aussi de période de retour ou de pourcentage de se produire dans l'année : l'aléa faible a une période de retour de 100 ans et a une chance sur 100 de se produire dans l'année considérée

- Aléa moyen : associé à une inondation ayant une probabilité de survenir en moyenne une fois tous les 25 à 50 ans;
- Aléa élevé : associé à une inondation ayant une probabilité de survenir en moyenne une fois tous les dix ans.

En termes de probabilité de risque associé aux inondations, l'occurrence des **pluies intenses** de plus de 10 mm devrait un peu augmenter à Bruxelles du fait du changement climatique¹⁰¹¹⁰² - entre 0 et 5 jours de plus de précipitations d'au moins 10 mm sont attendus pour la période 2070-2100 par rapport à la période de référence, selon le scénario RCP retenu.

¹⁰¹ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹⁰² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

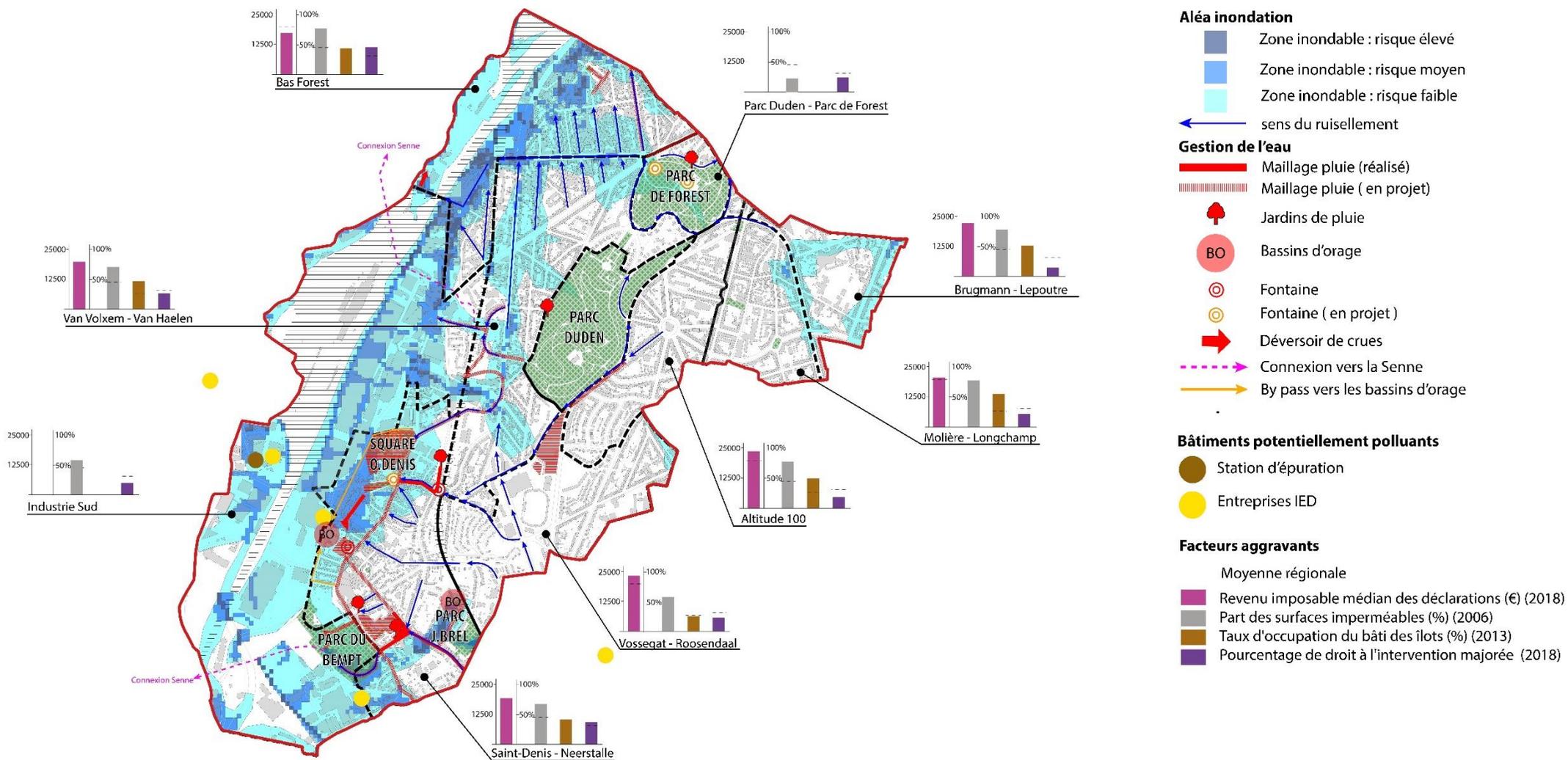


Figure 18. Aléas d'inondation par ruissellement faibles, moyens et élevés à Forest (2019), revenu imposable médian des déclarations (€) (2018), part des surfaces imperméables (%) (2006), taux d'occupation du bâti des îlots (%) (2013), pourcentage de droit à l'intervention majorée (2018) (Source : Bruxelles Environnement, Monitoring des Quartiers, AIM, 2018, Commune de Forest, 2022)

La figure 18 montre l'importance de **l'aléa inondation par ruissellement** à Forest avec une **prédominance évidente sur toute la zone du bas de Forest** qui longe le chemin de fer et qui s'explique par des causes : naturelles : dénivelé forestois de près de 80 mètres entre le haut et le bas de la commune, proximité de la Senne et de la nappe phréatique et ; liées à l'activité humaine : industrialisation, urbanisation, vétusté et dimensionnement des égouts non adapté aux pluies exceptionnelles¹⁰³.

La grande majorité des quartiers forestois (du bas et du haut de Forest confondus) dépassent la moyenne régionale en termes de **part de surfaces imperméables** et de **taux d'occupation du bâti des îlots**. Hamdi et al. 2009 ont montré que **l'évolution des surfaces imperméables** en région bruxelloise de 1955 à 2006 a été ¹⁰⁴ :

- de 26% à 47% en région bruxelloise ;
- de 40% à 66% dans la zone du bassin d'orage de Forest ;
- **de 32% à 63% sur tout le territoire communal forestois.**

Or, une croissance de 10% de l'urbanisation peut augmenter le ruissellement cumulé annuel de 40%, le débit fluvial de 32% et doubler la fréquence des inondations¹⁰⁵. L'urbanisation croissante observée à Bruxelles depuis les années 1960 continuera probablement, en ce compris à Forest, ce qui contribuera à augmenter les risques.

La figure 18 fait état d'un **risque principalement situé dans le bas de Forest** (quartiers Saint-Denis-Neerstalle, Bas Forest, Industrie Sud, Van-Volxem-Van-Haelen et dans une moindre mesure Brugmann-Lepoutre) ce qui s'explique probablement par les causes naturelles (voir infra). La localisation du risque d'inondation dans le bas de Forest vient encore **appuyer les inégalités environnementales** déjà présentes pour l'aléa précédent en ce que les populations plus précarisées au plan socio-économiques (revenus imposables médians plus faibles, plus grand pourcentage de droit à l'intervention majorée) s'y trouvent également.

En termes de gestion de l'eau/politiques d'adaptation/mitigation, compte tenu de l'évolution des paramètres précités, le **risque** d'inondation par ruissellement à Forest risque **d'augmenter** et ce malgré les deux **bassins d'orage** mis en place par les opérateurs régionaux en 2012 (sur le site d'Audi) et 2013 (Baeck/Merrill)¹⁰⁶ et la **politique volontariste** mise en place par les services communaux forestois, parfois même en collaboration avec des dynamiques citoyennes (mise en œuvre de dispositifs de gestion intégrée des eaux de pluie dans les espaces publics, jardins de pluie, mise en œuvre de dispositifs de récupération et de revalorisation des eaux pluviales dans les bâtiments, étude et recherche d'alternatives visant la protection de la ressource etc.) (Figure 18).

La figure 18 montre également l'emplacement précis des trois sites **IED** présents sur le territoire communal forestois. Tous se trouvent sur des terrains situés en aléa d'inondation par ruissellement ce qui comporte un risque qui doit être approfondi. Comme pour les aléas et risques précédents, les habitants du « bas de Forest » sont les plus concernés par les risques d'inondation des entreprises IED et leurs conséquences potentielles, à la différence des habitants du haut de Forest qui disposent des

¹⁰³ Destree, A. et Da Cruz, M., sd. Guide pratique à destination des particuliers : Les inondations et l'humidité dans les habitations à l'initiative de Jean-Claude Englebert, échevin de l'environnement, et de Charles Spapens, échevin de la revitalisation des quartiers, au nom du Collège des Bourgmestre et échevins. Commune de Forest. 34p

¹⁰⁴ Vanhuysse, S., Depireux, J. et Wolff, E., 2006. Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale. ULB-IGEAT pour le Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Administration de l'Équipement et des Déplacements/Direction de l'Eau. 60p.

¹⁰⁵ Hamdi, R., Deckmyn, A., Termonia, P., Demare, G.R., Baguise, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of Historical Urbanization in the Brussels Capital Region on Surface Air Temperature Time Series: A Model Study. Royal Meteorological Institute and IGEAT, Faculty of Sciences, Free University of Brussels, Brussels, Belgium. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/2009JAMC2140.1

¹⁰⁶ Le bassin d'orage de Forest situé sur le site d'Audi : opérationnel depuis 2012 et d'une capacité 18.000m³ ; le bassin d'orage Baeck/Merrill situé sous la rue J.B. Baeck, opérationnel depuis 2013 et une capacité de 1.000m³ (Commune de Forest, sd).

plus hauts revenus. Ces risques nécessitent des **investigations** approfondies pour être caractérisés de manière robuste mais sont néanmoins **précisés** dans les paragraphes suivants.

En termes de gravité, la présence **d'entreprises polluantes** peut avoir un impact environnemental important en cas d'inondation. A Bruxelles, les installations présentant un risque de pollution en cas d'inondation sont les installations Seveso, les entreprises IED et les stations d'épuration des eaux. Le territoire de Forest est concerné directement ou indirectement par ces trois types d'installation (figure 18). Les paragraphes suivants analysent les risques associés au changement climatique pour cet aléa inondation et ces installations.

1) Les installations Seveso, qui ont une activité liée à la manipulation, la fabrication, l'emploi ou le stockage de substances dangereuses. Depuis 2016, elles font l'objet d'un Accord de coopération entre l'Etat fédéral, la Région flamande, la Région wallonne et la Région de Bruxelles-Capitale concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses. Le nombre de sites de Seveso en Belgique varie selon les sources¹⁰⁷. Les entreprises à **seuil haut** désignent des entreprises dans lesquelles la quantité de substances dangereuses est égale ou supérieure à la valeur-seuil haute. Les entreprises à **seuil bas** désignent des entreprises dans lesquelles la quantité de substances dangereuses est égale ou supérieure à la valeur-seuil basse, mais inférieure à la valeur-seuil haute. Les entreprises Seveso sont soumises à des normes de sécurité strictes. Bruxelles Environnement précise qu'« **en cas d'inondation**, on ne peut pas complètement exclure un **risque de contamination** des eaux et des sols par des substances dangereuses présentes en ces endroits »¹⁰⁸. Or, une des trois usines Seveso bruxelloises se situe à Anderlecht, proche de Forest et celle-ci est située en zone inondable pluviale

Notons que dans le cadre de la réglementation Seveso, les accidents majeurs « *concernent toujours un incendie, une explosion ou émission majeure* »¹⁰⁹, il **n'est nullement fait mention du risque lié aux inondations, pourtant réel.**

En matière de compétences, plusieurs points importants sont à noter :

- Les *Services publics régionaux* peuvent imposer toutes les mesures qu'elles estiment nécessaires pour la sécurité du voisinage et de l'environnement;
- Le *Centre de Crise National* est le point central de notification d'accidents majeurs. Il établit les plans d'urgence externes, informe la population et évalue les rapports de sécurité
- La *Division Autorisations et partenariats de Bruxelles Environnement* est le service de coordination, et d'évaluation pour les établissements situés dans la Région de Bruxelles-Capitale et est donc compétent pour la réception et coordination des notifications et des rapports de sécurité, l'évaluation des rapports de sécurité et l'Identification des risques d'effet domino¹¹⁰. La Division de Bruxelles Environnement reçoit les « rapports de sécurité » provenant des entreprises classées « seuil élevé » et établit les éventuelles dispenses de rapport de sécurité complet. Elle est tenue de transmettre ces rapports aux autorités concernées (services d'évaluation, Gouverneur, Bourgmestre), y compris aux Régions et Etats voisins en cas de risques transfrontaliers¹¹¹.

Les rapports de sécurité susceptibles d'évaluer les risques réels pour Forest sont donc potentiellement disponibles pour la commune de Forest. Il serait pertinent de

107 381 selon Wikipédia, 402 selon les listings de Seveso.be Voir liste des installations Seveso, <https://www.seveso.be/fr/entreprises-seveso>

¹⁰⁸ Bruxelles Environnement (BE), 2020a. Les cartes du risque d'inondation. 10p.

¹⁰⁹ Voir SPF, Accidents majeurs (Seveso), <https://emploi.belgique.be/fr/themes/bien-etre-au-travail/seveso-prevention-des-accidents-majeurs/explication-de-la-2#developpement>

¹¹⁰ Site Internet de Seveso, Les services publics Seveso en Belgique <https://emploi.belgique.be/fr/themes/bien-etre-au-travail/seveso-prevention-des-accidents-majeurs/les-services-publics-seveso-en>

¹¹¹ Site Internet de BE, Seveso. Consulté le 10 janvier 2022. <https://environnement.brussels/thematiques/sante-securite/grandes-installations-industrielles/seveso>

demander tous les documents repris dans les documents d'obligation légale des sites Seveso, dans le cadre d'une analyse approfondie.

Obligation	Seuil bas	Seuil haut
Élaborer et appliquer une politique de prévention des accidents majeurs au sein de l'entreprise	X	X
Élaborer une notification à adresser aux autorités	X	X
Mettre en œuvre une politique efficace en termes de sécurité	X	X
Établir un rapport de sécurité		X
Établir un plan d'urgence interne pour l'entreprise	X	X
Établir un plan d'urgence externe (établi par le Gouverneur)		X
Communiquer les Informations de prévention à la population	X	X

Figure 19. Obligations légales que l'entreprise ou les autorités doivent respecter et seuils corolaires. (Source : Seveso.be¹¹²)

Les demandes pourraient viser à évaluer la gravité du risque encouru pour les habitant.e.s de Forest en cas d'inondation pour les entreprises suivantes :

- COMFORT ENERGY (Anderlecht) : Stockage de mazout (seuil bas).
- HENKEL BELGIUM OPERATIONS (Drogenbos) : Fabrication de savons et détergents (seuil bas)
- ALLNEX BELGIUM (Drogenbos) : Fabrication d'hydrocarbures saturés et insaturés, cycliques et acycliques (seuil haut).

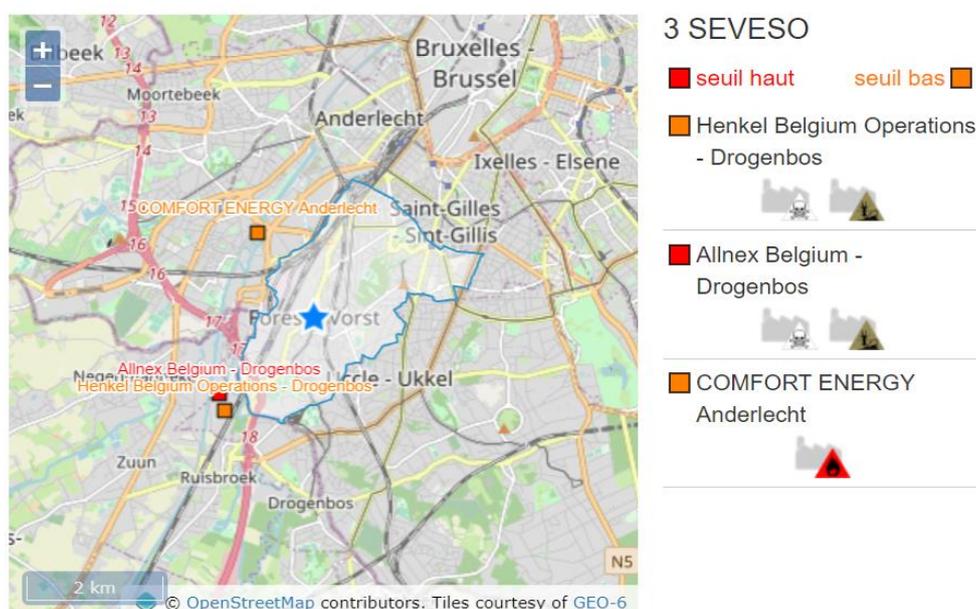


Figure 20. Localisation des trois sites Seveso à proximité immédiate de la commune de Forest. (Source : <https://www.seveso.be/fr/entreprises-seveso>)

2) Les stations d'épuration des eaux usées (STEP) :

Bruxelles dispose de deux stations d'épuration Bruxelles Nord et Bruxelles Sud. La station Sud se situe sur le territoire de Forest au 319 Rue Bollinckx. Selon Bruxelles Environnement **les deux STEP se situent en zone inondable pluviale** (inondation par ruissellement). La fonction principale des stations d'épurations bruxelloises est le traitement et l'épuration d'eaux chargées dont le volume est

¹¹² Le risque Seveso. Différence entre le seuil haut et le seuil bas, <https://www.seveso.be/fr/difference-entre-le-seuil-haut-et-le-seuil-bas>

calculé en fonction des habitants et des industries. En cas de dépassement de ce débit, les eaux sont rejetées directement à la Senne par un système de déversoir, à hauteur de la rue du Charroi¹¹³.

On comprend dès lors que la STEP sud comporte **deux types de risques**. Le premier, non lié au changement climatique mais lié au volume d'eau chargée, est un risque de pollution de la Senne. **Le second est directement lié aux fortes pluies qui peuvent générer des inondations qui pourraient causer des dommages structurels aux stations et risquer de polluer les eaux de surface**¹¹⁴ et par là, causer des dommages aux riverain.e.s. Notons que la STEP Sud a fait l'objet d'une **rénovation complète** en 2019 qui a coûté près de 100 millions d'euros¹¹⁵. Cette rénovation avait pour but d'améliorer les performances épuratoires de l'infrastructure car elle n'éliminait jusqu'alors pas la pollution azotée et phosphorée et rejetait ces substances dans le bassin de la Senne classé en « zone sensible » vis-à-vis de ces substances¹¹⁶

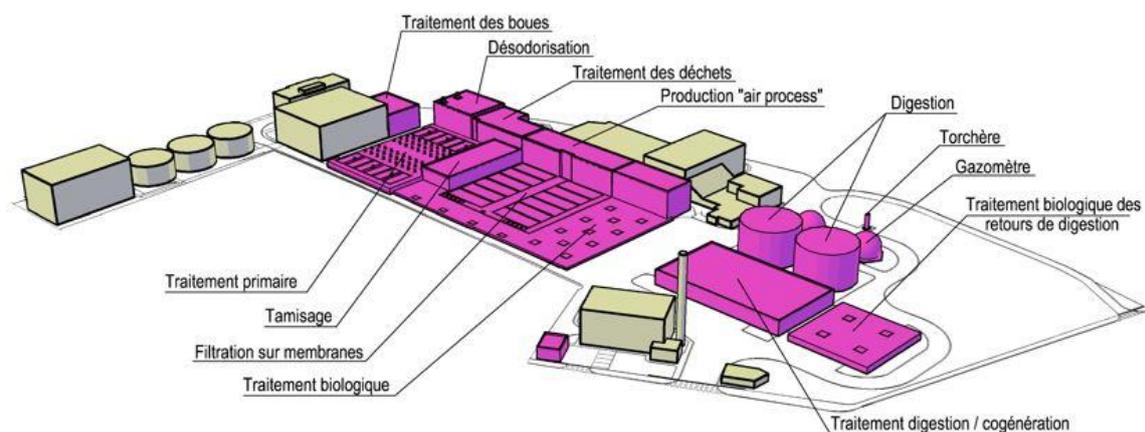


Figure 21. Schéma de la station d'épuration Sud rénovée. (Source: SBGE , 2019 in BE 2020c.)

Les communications vis-à-vis des ressorts des travaux ne mentionnent rien à propos du risque d'inondation de la STEP^{117,118}. Les modalités de stockage, traitement et transfert des déchets (dangereux BE¹¹⁹ dans la STEP sont en effet difficiles à obtenir sans analyse approfondie. Les déchets produits sont notamment¹²⁰ :

- Graisses (graisses récupérés par les ouvrages de déshuilage en amont du traitement de l'eau)
- Huiles usagées (après vidange des équipements)
- Piles/batteries usagées (après maintenance des équipements)
- Charbon actifs usager (désulfuration du biogaz)
- Chiffon + huiles (suite aux opérations de maintenance)

¹¹³ Destree, A. et Da Cruz, M., sd. Guide pratique à destination des particuliers : Les inondations et l'humidité dans les habitations à l'initiative de Jean-Claude Englebert, échevin de l'environnement, et de Charles Spapens, échevin de la revitalisation des quartiers, au nom du Collège des Bourgmestre et échevins. Commune de Forest. 34p.

¹¹⁴ Les installations Seveso (les établissements « seuil haut » et « seuil bas ») qui relèvent de la directive 2012/18/EU portent notamment sur la production, l'utilisation ou le stockage de produits dangereux. Les 3 installations Seveso qui se trouvent, en tout ou en partie, en zone inondable (pluviale) apparaissent à la carte des risques. Il n'y a pas d'infrastructure concernée pour les inondations fluviales. (BE, 2020).

¹¹⁵ Bruxelles Environnement (BE), 2020c. Rénovation de la station d'épuration Sud. <https://environnement.brussels/l'environnement-etat-des-lieux/en-detail/eau-et-environnement-aquatique/renovation-de-la-station>

¹¹⁶ Bruxelles Environnement (BE), 2020a. Les cartes du risque d'inondation.

10p. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/NOT_CartesRisqueInondation_2019_FR.pdf

¹¹⁷ BECI, 2018. Épuration des eaux : des défis et d'énormes opportunités. <https://www.beci.be/epuration-des-eaux-des-defis-et-denormes-opportunités/>

¹¹⁸ Bruxelles Environnement (BE), 2020c. Rénovation de la station d'épuration Sud. <https://environnement.brussels/l'environnement-etat-des-lieux/en-detail/eau-et-environnement-aquatique/renovation-de-la-station>

¹¹⁹ Bruxelles Environnement (BE), sd. EPRTR - European Pollutant Release and Transfer Register.

<https://app.bruxellesenvironnement.be/PRTR/FR/index.htm> ;

Bruxelles Environnement (BE), sd. EPRTR. Fiche descriptive de l'établissement STEP Sud.

<https://app.bruxellesenvironnement.be/PRTR/FR/Detail.asp?code=Bxl09>

¹²⁰ Communication personnelle David Pireaux, Hydria, 28 janvier 2022.

- Éléments souillés par des réactifs ou réactifs souillés en cas d'incidents

En termes d'analyse de risque, divers éléments complémentaires ont été demandés à Hydria dans le cadre du présent rapport - qui viennent tempérer les risques liés aux inondations de la STEP. Hydria déclare : « Ni en novembre 2010, ni en juillet 2021 (2 crues majeures, centennales et plus), il n'y a eu de risque d'inondation pour les deux stations d'épuration régionales pourtant – forcément - situées à proximité immédiate de la Senne ». Les figures ci-dessous reprennent la situation de la STEP Sud au niveau des risques d'inondation (extraits carte d'inondation dressée par Bruxelles Environnement + niveau Senne au droit des STEPS lors de la crue du 15 juillet dernier) »¹²¹.

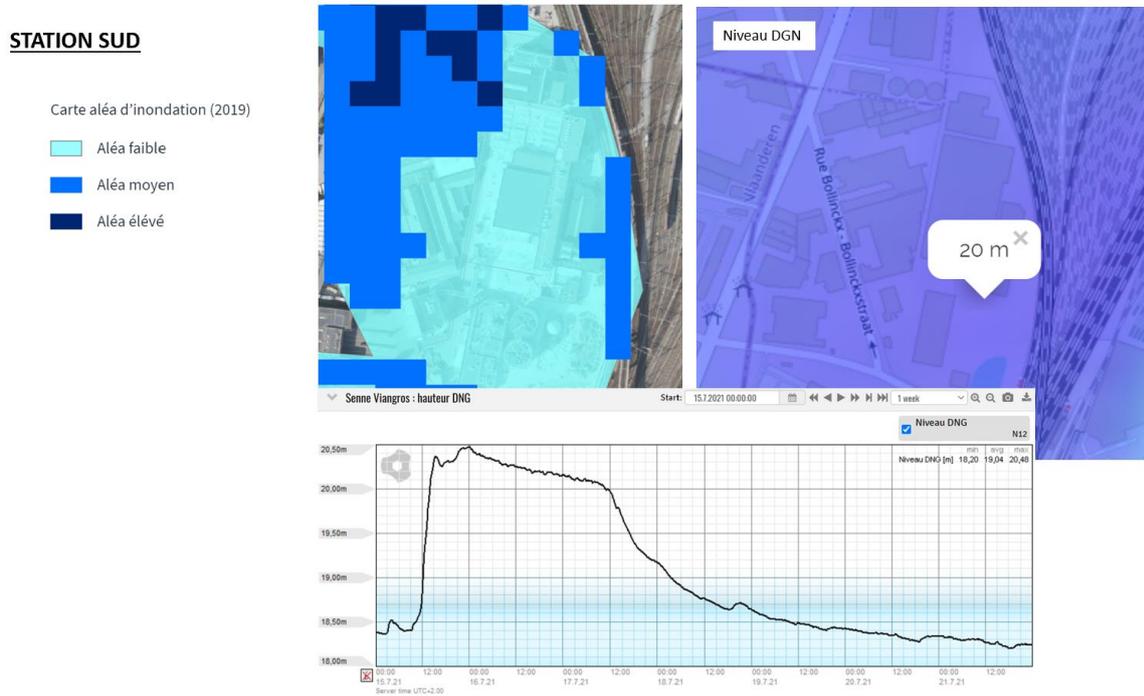


Figure 22. Exposition au risque d'inondation de la STEP (station Sud) (Source: Hydria 2022)

« La Step Sud est (...) reprise dans une zone à aléa faible. Cela s'explique par le niveau du terrain très proche du niveau des hautes eaux de Senne mesuré. Nous n'avons pas connu d'inondation du site. Il est important de noter que les transformateurs électriques principaux de l'usine sont situés à un niveau de 21,70m et que la Step SUD est capable de poursuivre son service d'épuration jusqu'à une hauteur théorique de Senne à 21,40m »¹²².

3) Les installations IED¹²³ :

Les installations IED tombent sous la coupe de la Directive Européenne 2010/75/EU2 qui traite des émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution). Selon Bruxelles Environnement, ces entreprises IED **peuvent avoir un impact environnemental important en**

¹²¹ Communication personnelle David Pireaux, Hydria, 28 janvier 2022.

¹²² Communication personnelle David Pireaux, Hydria, 28 janvier 2022.

¹²³ L'acronyme IED provient du nom de la Directive européenne sur les émissions industrielles appelée aussi directive « IED » « Les émissions des grosses entreprises industrielles sont encadrées par la Directive 2010/75/UE du 24/11/2010 qui a été transposée en un Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale en date du 21/11/2013. Cet Arrêté prévoit, dans le cadre d'un plan d'inspection, la programmation de contrôles spécifiques découlant d'une analyse préalable portant sur le risque que présente chacune des activités ».Source : Site Internet de Bruxelles Environnement, Consulté le 10/01/2022. Liste des rapports publics d'inspection IED, https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr_list=INSP_RAP_EXT_IED&year=2020

cas d'inondation pluviale¹²⁴ notamment une pollution « accidentelle ». La Région bruxelloise compte 13 installations IED dont trois sont situées à Forest.

Entreprise	Adresse	Activité	Chapitre de la Directive IED	Code IED Annexe 1 et 7	Intitulé activité IED – Annexe 1 et 7
Prodecor Industrie S.A	Rue des Lutins 10-14 1190 Forest	Traitement électrochimique des métaux	II	2.6	Traitement de surface de métaux et matières plastiques utilisant un procédé électrolytique ou chimique, lorsque le volume des cuves affectées au traitement mises en œuvre est supérieur à 30 m ³
AUDI BRUSSELS	Boulevard de la 2ème Armée Britannique 201 1190 Forest	Construction automobile	II	2.6	Traitement de surface de métaux ou de matières plastiques par un procédé électrolytique ou chimique, pour lequel le volume des cuves affectées au traitement est supérieur à 30 m ³ .
				6.7	Traitement de surface de matières, d'objets ou de produits, à l'aide de solvants organiques, notamment pour les opérations d'apprêt, d'impression, de couchage, de dégraissage, d'imperméabilisation, de collage, de peinture, de nettoyage ou d'imprégnation avec une capacité de consommation de solvant organique supérieure à 150 kg par heure ou à 200 tonnes par an.
		Revêtement de véhicules neufs	V	Partie 3	Installations de l'industrie de revêtement de véhicules
s.a. Ateliers G. VANROY Werkhuizen n.v	Avenue de la Verrerie 17/23b 1190 Bruxelles	Fabrication et négoce d'articles de décoration intérieure	II	2.6	Traitement de surface de métaux ou de matières plastiques par un procédé électrolytique ou chimique, pour lequel le volume des cuves affectées au traitement est supérieur à 30 m ³

Figure 23. Entreprises IED situées sur le territoire de Forest et types d'activités. (Source : Bruxelles Environnement¹²⁵)

Les polluants de l'air

Explication générale :

Le chapitre 2 sur les vagues et îlots de chaleur nous apprend **en synthèse**¹²⁶ que :

- Le lien entre **vagues de chaleur, îlots de chaleur** est clairement établi.
- Les îlots de chaleur aggravent la formation d'**ozone troposphérique** ce qui en amplifie les effets sanitaires en termes de **morbidity** et de **mortalité**¹²⁷
- Il faut conduire des « *recherches complémentaires pour arriver à distinguer le rôle respectif de la chaleur et de l'ozone dans la surmortalité* »¹²⁸.
- **Les personnes âgées sont particulièrement sensibles** aux vagues de chaleur. En 2003, la canicule a causé en Belgique une **surmortalité** de près de 1300 personnes dont 80% étaient des personnes de 65 ans et plus¹²⁹.

Plus spécifiquement, d'autres sources nous apprennent que :

- **L'ozone (O₃) troposphérique** est créé par des réactions entre des oxydes d'azote (NO₂ et NO) et des composés organiques volatils (COV), en présence d'un ensoleillement estival¹³⁰.
- **Les autres précurseurs d'ozone sont identifiés : NO_x, COV, CO et CH₄**¹³¹.
- **Les NO_x sont des précurseurs de particules secondaires**, formées principalement dans la fraction **PM_{2.5}**
- La répartition sectorielle des émissions de **précurseurs d'ozone troposphérique** dans la Région de Bruxelles-Capitale, en 2019 montre la prédominance du **transport routier** (41%).

¹²⁴ Bruxelles Environnement (BE), 2020a. Les cartes du risque d'inondation. 10p.

¹²⁵ Source : Site Internet de Bruxelles Environnement, Entreprises IED de la Région de Bruxelles-Capitale, https://environnement.brussels/sites/default/files/entreprises_ied_rbc.pdf

¹²⁶ Pour davantage de précisions et afin d'éviter les répétitions, voir chapitre 2 et chapitre 3 sur Les vagues de chaleur et les îlots de chaleur

¹²⁷ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹²⁸ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹²⁹ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹³⁰ ADEME, 2014. Ozone : Formation et taux dans l'air. Juillet 2014. Fiche technique, 6p.

¹³¹ Site Internet de Bruxelles Environnement, Émissions de précurseurs d'ozone (NO_x, COV, CO et CH₄),

<https://environnement.brussels/l'environnement-etat-des-lieux/en-detail/air/emissions-de-precurseurs-dozone-nox-cov-co-et-ch4-0>

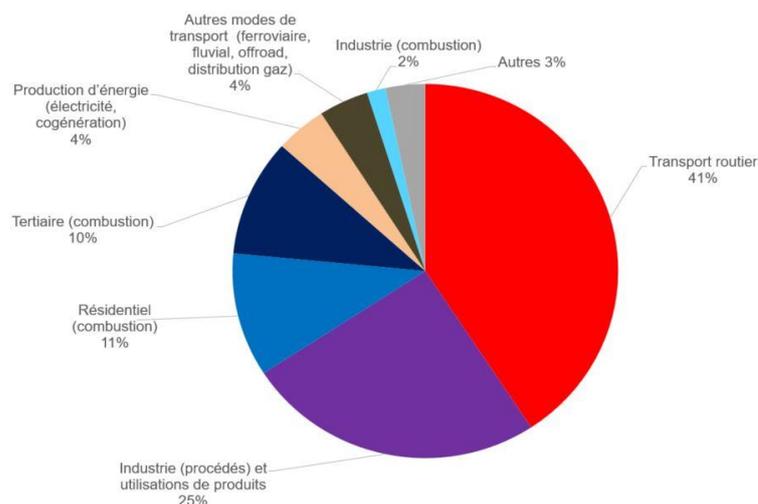


Figure 24. Répartition sectorielle des émissions de précurseurs d'ozone troposphérique dans la Région de Bruxelles-Capitale, en 2019; (Source : Bruxelles Environnement, Calculs par le Département Reporting et incidences environnementales sur base des données du Département Evaluation, Air, Énergie et Climat (inventaires soumis en 2021))

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois suite au changement climatique:

Parmi les polluants générateurs d'ozone troposphérique se trouvent les **oxydes d'azote « NOx »** qui permettent de caractériser les émissions de polluants correspondant à la somme des quantités de monoxyde d'azote NO et de dioxyde d'azote NO₂¹³². Les NOx, précurseurs d'ozone et de PM_{2,5} ont été cartographiés pour la commune de Forest tout comme le Black Carbon (voir figures 24 et 25). Les **NOx** contribuent au phénomène des **pluies acides** et pénètrent dans les plus fines ramifications respiratoires, ce qui peut augmenter les **risques** de dégradation de la respiration, une hyperréactivité des bronches chez les **asthmatiques** ou une augmentation de la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les **enfants**¹³³.

Les travaux les plus récents sur la pollution de l'air à Bruxelles sont ceux du projet Curieuzenair ¹³⁴ qui s'est attardé sur les NO₂ qui sont selon eux « *un indicateur clé de la pollution atmosphérique due au trafic, dont les concentrations élevées peuvent avoir de graves conséquences sur notre santé. Mais la qualité de l'air ne se résume pas au NO₂. D'autres types de pollution atmosphérique, comme les particules, méritent d'être cartographiés* ». ¹³⁵

¹³² EEA 2020. Air quality in Europe — 2020 report », EEA Report, vol. No 09/2020, 2020, p. 30.

¹³³ Site Internet Monitoring des quartiers, <https://monitoringdesquartiers.brussels/indicators/valeur-moyenne-journaliere-annuelle-en-nox/>

¹³⁴ Lauriks, F., Jacobs, D. et Meysman F.J.R (2022) "CurieuzenAir: Data collection, data analysis and results". 50 p. University of Antwerp.

¹³⁵ Site Internet de Curieuzenair, <https://curieuzenair.brussels/fr/faq/existe-t-il-une-campagne-curieuzenair-pour-dautres-polluants/>

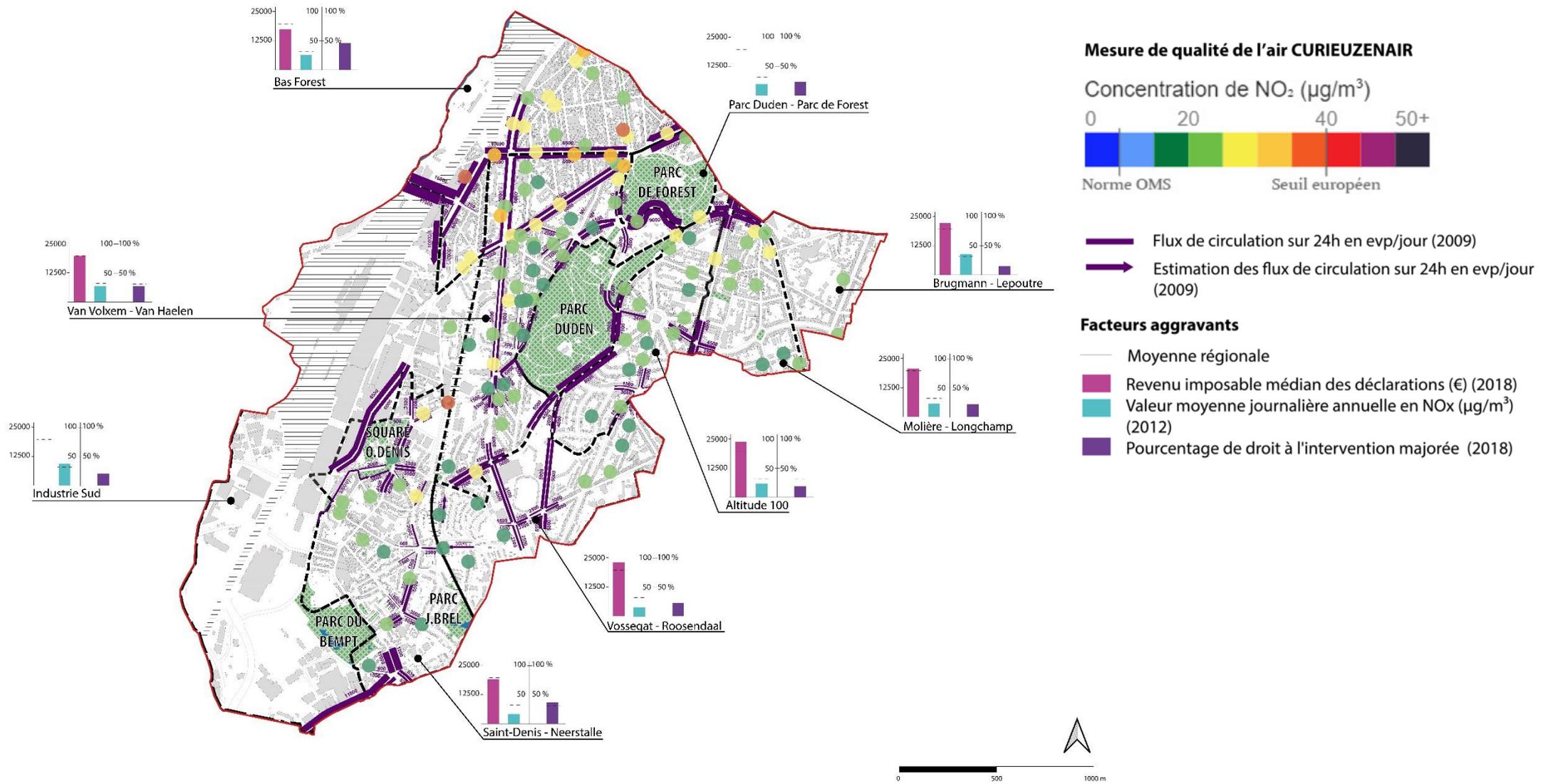


Figure 25. Valeurs moyennes en NO₂ (campagne Curieuzenair), circulation en evp/jour sur 24h (2009) à Forest (Source : Bruxelles Environnement, Commune de Forest 2022)

La figure 25 montre que les **quartiers du bas de Forest** sont davantage concernés que ceux du haut par le **dépassement** des valeurs limites des normes OMS de 10 µg m⁻³ par an. Le seuil européen (Directive 2008/50/EC) fixé à 40 µg m⁻³/ par an est quant à lui respecté en moyenne. Notons que la moyenne régionale de concentration de NO₂ en Région de Bruxelles-Capitale est de 23.97 µg m⁻³ (avec une marge d'erreur standard de ± 0,14 µg m⁻³). Le quartier Brugmann-Lepoutre est également concerné par ce risque de pollution de l'air. Cet aléa révèle donc une fois encore une **inégalité environnementale** entre le bas et le haut de Forest au détriment du premier.

Les NO_x, précurseurs d'ozone et de PM_{2,5} contribuent au phénomène des **pluies acides** et pénètrent dans les plus fines ramifications respiratoires, ce qui peut augmenter les **risques** de dégradation de la respiration, une hyperréactivité des bronches chez les **asthmatiques** ou une augmentation de la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les **enfants**¹³⁶.

Une autre manière de figurer la pollution de l'air concerne les valeurs moyennes en **Black Carbon** (figure 26) dont le seuil OMS pour les PM_{2.5} est fixé à 10 µg/m³ et le seuil européen à 25 µg/m³ en moyenne sur l'année. Les sources sont principalement liées au trafic dans des contextes denses, ce qui concerne surtout mais *pas uniquement* les quartiers du bas de Forest. Dans le contexte urbain, le **Black Carbon** constitue une sous-classification des particules fines dont la pertinence est jugée par Bruxelles Environnement comme « remarquable ». « *Le black carbon regroupe, comme son nom l'indique, toutes les particules formées de carbone, et « noires ». Il se retrouve typiquement dans une gamme de diamètres allant de 10 nm à 500 nm, les dimensions supérieures à 100 nm correspondant à une forme agrégée du black carbon avec d'autres polluants. Le black carbon est ainsi intégralement compris dans la fraction PM₁₀ et PM_{2.5}, et en partie dans la fraction des particules ultrafines (UFP) dont le diamètre inférieur à 100 nm* »¹³⁷. Les données dont on dispose sur les particules fines sont celles du Black Carbon.

136 Site Internet Monitoring des quartiers, <https://monitoringdesquartiers.brussels/indicators/valeur-moyenne-journaliere-annuelle-en-nox/>

137 Site Internet de Bruxelles Environnement, « Le Black Carbon », <https://environnement.brussels/thematiques/air-climat/qualite-de-lair/cartographie-de-la-pollution/le-black-carbon>

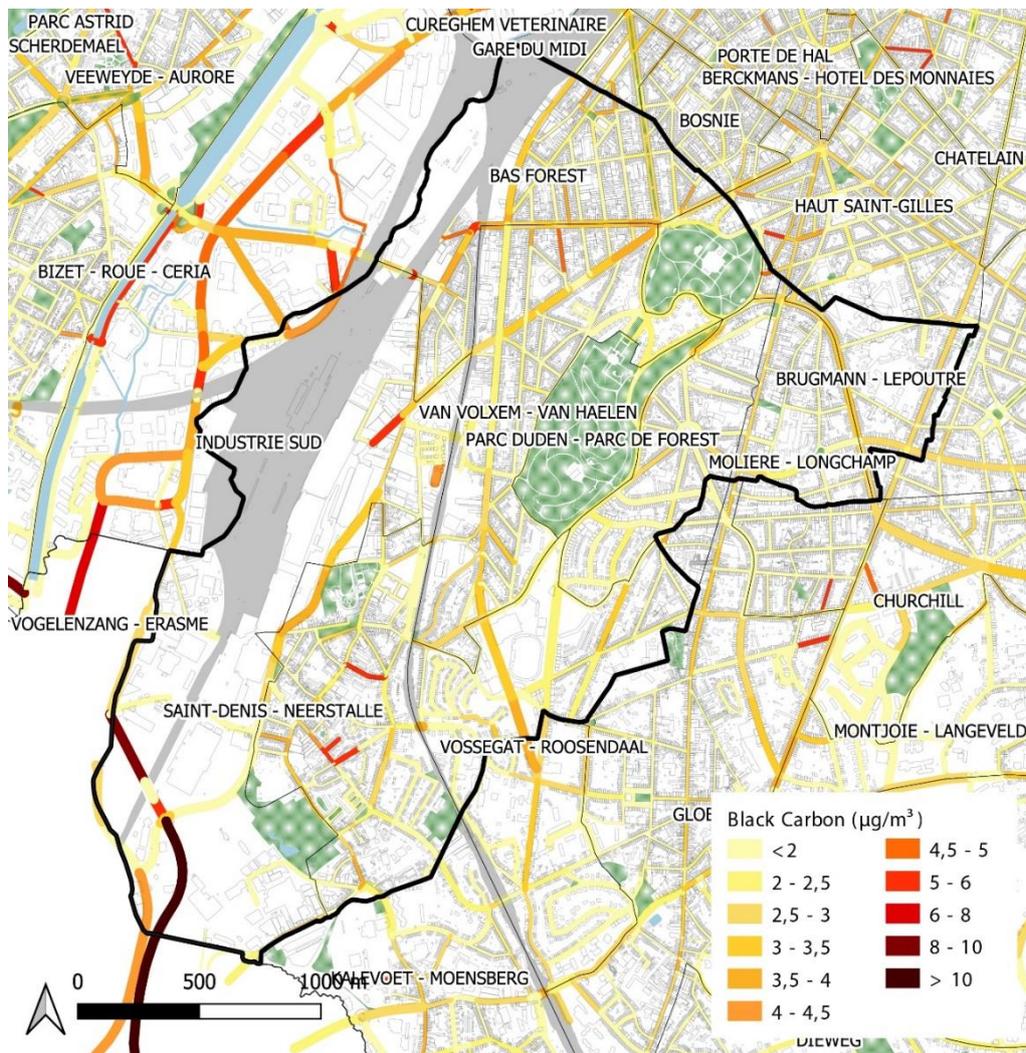


Figure 26. Valeurs moyennes en Black Carbon en heures creuses à Forest) (Source : Bruxelles Environnement, 2021)

Le bas de Forest est davantage touché par les valeurs extrêmes Black Carbon que le haut de Forest. En termes de risques liés à l'évolution future du Black Carbon, dont le seuil OMS pour les PM_{2.5} est fixé à 10 µg/m³ et le seuil européen 25 µg/m³ en moyenne sur l'année¹³⁸, ils sont faibles à Forest, mis à part quelques tronçons précis, en plus de ceux précités qui doivent nécessiter une attention accrue (figure 24): Avenues de Fléron, Avenue de la verrerie, Avenue Général Dumonceau, Boulevard de la 2^{ème} Armée Britannique, Rue du Charroi, Avenues du Pont de Luttre et les zones proches du Ring. **Notons que les ateliers participatifs menés avec les citoyens et les services de l'administration communale ont fait émerger des incohérences** dans les tronçons routiers repris comme problématiques par la carte du Black Carbon de Bruxelles Environnement (certaines voiries considérées comme non problématiques comme des culs-de-sac etc. étaient reprises). Cette carte est donc à considérer avec prudence.

De manière générale, les **risques futurs** directement liés au changement climatique pour la seconde moitié du 21^{ème} siècle pour la pollution de l'air en Nox, NO₂ et Black Carbon à Forest sont **peu importants**. Les contributions urbaines locales sont très peu significatives. Notons que plus de 90% des PM_{2.5} proviennent du transport à longue et moyenne distance¹³⁹. Les **NOx** et **NO₂** ont en effet

138 Entre le 1er janvier 2010 et le 31 décembre 2014, il s'agissait d'une valeur cible. Depuis le 1er janvier 2015 cet objectif est devenu. Voir à ce sujet la Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>

139 Site Internet de Bruxelles Environnement, Qualité de l'air : concentration en particules très fines (PM 2.5) <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/en-detail/air/qualite-de-lair-concentration-en-particules-tres-fines-pm-25>

tendance à **décroître** à Bruxelles **depuis les années 1990** (figure 27). Les facteurs explicatifs de cette tendance décroissante, positive pour l'amélioration de la qualité de l'air forestois sont nombreux¹⁴⁰ et peu corrélés à l'échelle locale et communale, sauf pour ce qui concerne la diminution du trafic routier. L'installation de la **Low Emission Zone** devrait avoir un effet bénéfique dans les prochaines années notamment sur la diminution des risques associés aux NO₂ et particules fines sur la santé¹⁴¹.

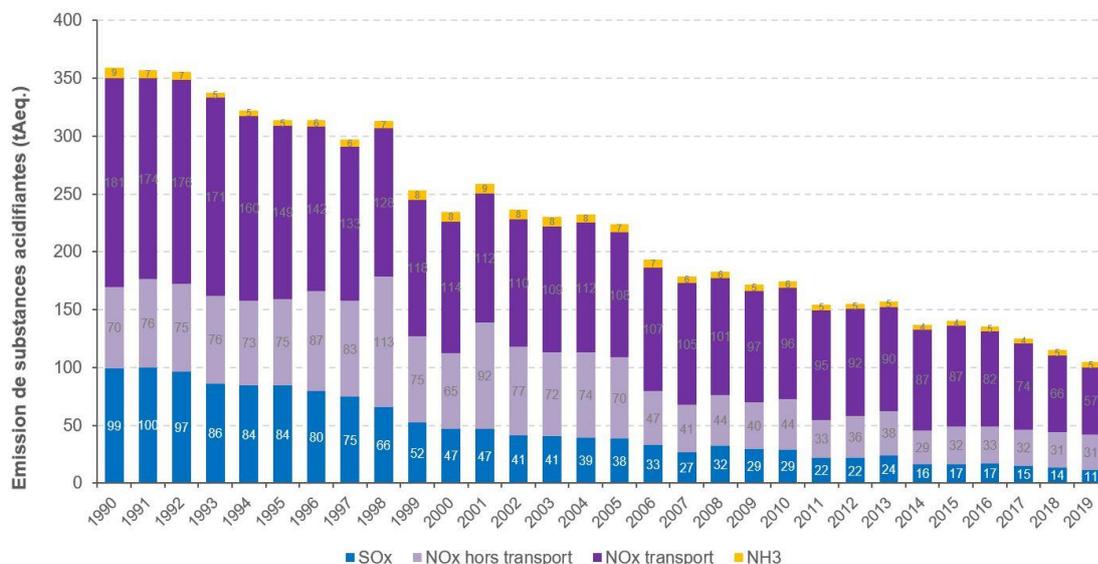


Figure 27. Évolution des émissions de substances acidifiantes ou potentiellement acidifiantes (dont NOx) en Région de Bruxelles-Capitale, entre 1990 et 2019. (Source : Bruxelles Environnement, Calculs par le Département Reporting et incidences environnementales sur base des données du Département Evaluation, Air, Energie et Climat (inventaires soumis en 2021))

3.5. Approche des risques par secteurs et thématiques

Afin de compléter le tableau, le présent chapitre se propose d'expliciter l'impact du changement climatique pour différents secteurs: **énergie, santé et faune et flore**.

L'objectif est **d'analyser la manière dont les paramètres et aléas** décrits dans le chapitre précédent **impacteront ces différents secteurs** sur le territoire forestois et **quels types de risques pèsent sur ceux-ci**.

Ces secteurs ont été retenus pour le territoire de Forest car ils sont directement impactés par le changement climatique. La multitude de paramètres climatiques mais également non climatiques (paramètres urbanistiques, socio-économiques etc.) déterminant l'évolution de ces secteurs confère une trop grande incertitude pour définir l'évolution de ces secteurs plus précisément que par des tendances. L'évolution de ces secteurs sur le territoire forestois est également conditionnée par des compétences d'échelles supérieures à l'échelle communale (régionales, nationales voire supra-nationales) qui ajoutent à la complexité de cet exercice de projection.

¹⁴⁰ La diminution des émissions des SOx et des NOx est expliquée entre autres par l'amélioration de la teneur des carburants, la part croissante du gaz naturel dans la consommation totale de combustibles, au détriment des produits pétroliers, la décroissance (1990) puis fermeture (1990) de la Cokerie du Marly, le système de lavage des fumées de l'incinérateur de déchets – Bruxelles Energie (mi-1999) et l'amélioration des performances des moteurs et la généralisation des pots catalytiques sur les véhicules neufs à partir de 1993. Source: Bruxelles Environnement, Emissions de substances acidifiantes (NOx, SOx et NH3), <https://environnement.brussels/environnement-etat-des-lieux/en-detail/air/emissions-de-substances-acidifiantes-nox-sox-et-nh3-0>

¹⁴¹ Van de Vel K., Buekers J. 2021. Interdiction progressive des véhicules thermiques dans la Région de Bruxelles-Capitale : impact sur la santé, étude réalisée pour Bruxelles Environnement, 2021/HEALTH/R/2237, VITO NV

Energie

Parmi les paramètres et aléas climatiques amenés à évoluer au cours des prochaines années que nous avons mis en évidence dans les chapitres précédents, certains comme la température, les fortes chaleurs, les précipitations torrentielles impacteront le secteur de l'énergie de la commune de Forest dans les décennies à venir.

Explication générale :

Le chapitre 2 nous apprend **en synthèse** que :

- En 2100, le centre-ville de Bruxelles peut s'attendre à ce que le **nombre** de vagues de chaleur ait triplé, l'**intensité** des vagues de chaleur ait doublé et la **durée** des **vagues de chaleur** ait augmenté de 50% (scénario RCP8,5)¹⁴²
- Le nombre de jours comportant au moins **10 mm de précipitations** devrait globalement augmenter d'ici 2100 par rapport à 1976-2005 et selon les scénarios retenus¹⁴³
 - RCP 2,5 : peu de changement
 - RCP 4,5 : en moyenne, 3 jours de plus
 - RCP 8,5 : en moyenne, 5 jours de plus

Plus spécifiquement, d'autres sources nous apprennent que :

- S'il est difficile de prévoir de manière précise l'évolution de la consommation et de la production énergétique de la commune de Forest on peut néanmoins mettre en évidence les tendances de consommation et de production énergétiques induites par l'évolution des paramètres et aléas climatiques.
- Pour ce qui est de la **consommation énergétique** : Les variations climatiques ont une influence sur la consommation d'énergie pour le chauffage en hiver et à l'inverse sur la consommation énergétique liée à la climatisation en été. En Belgique, les variations climatiques se répercutent particulièrement sur la consommation énergétique car son parc bâti présente un taux de déperdition calorifique parmi les plus élevés d'Europe¹⁴⁴. Néanmoins la densité du bâti bruxellois qui limite naturellement les déperditions énergétiques avec l'extérieur tend à compenser en partie cette surconsommation énergétique
- Globalement cependant, malgré une augmentation de la population ces dernières années, des températures globalement plus chaudes, des vagues de chaleurs de plus en plus fréquentes et intenses, on constate une **baisse de la consommation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale** et une grande variabilité d'une année à l'autre.
- Cette baisse, constante et nette observée depuis 2005 s'explique majoritairement par « *l'évolution des consommations dans les bâtiments, et en particulier dans les logements* ». D'autres facteurs sont cités comme « *l'effet PEB (isolation, système de chauffage, panneaux solaires) mais aussi comportemental et lié au prix* ». Enfin, il y a aussi « *probablement une contribution plus importante du chauffage d'appoint (bois notamment), qui est très compliquée à évaluer avec précision* »¹⁴⁵
- Au regard de l'augmentation des températures hivernales dans les années à venir, **on peut prévoir une tendance à la baisse de la consommation énergétique hivernale** liée à une diminution du besoin de chauffage. Cette baisse pourra être accentuée si Forest parvient à améliorer les performances énergétiques et diminuer les déperditions calorifiques de son parc bâti.

¹⁴² IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹⁴³ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹⁴⁴ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

¹⁴⁵ Communication personnelle de Martha Cadena Barros, 19 janvier 2022.

- Au regard de l'augmentation des températures et des vagues de chaleurs plus fréquentes, intenses et longues dans les années à venir, **on peut s'attendre à une tendance à la hausse de la consommation énergétique estivale** liée à un recours de plus en plus massif à la climatisation notamment dans le logement et l'immobilier d'entreprise et au besoin accru de refroidissement dans les activités impliquant le maintien d'une chaîne de froid pour des questions sanitaires¹⁴⁶. Cette hausse pourra être en partie compensée si Forest parvient à améliorer les performances énergétiques et diminuer les déperditions calorifiques de son parc bâti.

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois suite au changement climatique:

Pour ce qui est de la production et la distribution énergétique : il y a un risque indéterminé et qui nécessite un travail ultérieur approfondi :

- **que les vagues de chaleur endommagent les infrastructures de distribution** d'électricité en provoquant des phénomènes de dilatation, de diminution de l'efficacité, d'endommagement et de pertes en lignes¹⁴⁷;
- **que les pluies torrentielles et les inondations conséquentes puissent avoir un impact sur la distribution d'électricité** sur le territoire de Forest. Les données sur la localisation des infrastructures électriques (cabines basse, moyenne et haute tensions) à Forest sont tenues confidentielles par Sibelga et Elia, il n'est donc pas possible d'évaluer l'impact des inondations sur ces infrastructures pour le territoire forestois sans connaître les prescriptions techniques qui balisent ces types d'installations.

Santé

Explication générale :

Le chapitre 2 nous apprend en synthèse que¹⁴⁸:

- Le lien entre vagues de chaleur, îlots de chaleur et formation d'ozone est clairement établi.
- La formation **d'ozone troposphérique** amplifie les **effets sanitaires en termes de morbidité** (essoufflement, irritation oculaire ou de la gorge, maux de tête etc.) et de mortalité¹⁴⁹.
- Il faut mener des « recherches complémentaires pour arriver à distinguer le rôle respectif de la chaleur et de l'ozone dans la surmortalité »¹⁵⁰
- **Les personnes âgées sont particulièrement sensibles** aux vagues et îlots de chaleur. En 2003, la canicule a causé en Belgique une **surmortalité** de près de 1300 personnes dont

¹⁴⁶ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁴⁷ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁴⁸ Pour davantage de précisions et afin d'éviter les répétitions, voir chapitre 2 et chapitre 3 sur Les vagues de chaleur et les îlots de chaleur

¹⁴⁹ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁵⁰ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

80% étaient des personnes de 65 ans et plus¹⁵¹. Les **températures nocturnes** sont à considérer avec la plus grande attention.

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois suite au changement climatique:

Le secteur de la santé sera impacté par le changement climatique dans les années à venir. Les conséquences du changement climatique sur ce secteur à Forest seront multiples mais peuvent être synthétisées selon les grandes tendances suivantes¹⁵²:

- Aggravation potentielle des risques liés à une mauvaise qualité de l'air en été ;
- Impacts sanitaires ponctuels à court terme (ex : canicules) ;
- Impacts épidémiologiques constants à long terme (vecteurs, virus, allergies, etc.) ;
- contraste social.

Les deux premiers ont été traités dans l'approche par aléas « pollution de l'air » : nous détaillerons dans la partie suivante donc uniquement deux tendances :

1) Impact épidémiologique constant à long terme (vecteurs, virus, allergies, etc.).

L'augmentation des températures, des précipitations et de l'humidité liée au changement climatique pourrait avoir comme conséquence **d'augmenter le risque des maladies infectieuses sur la santé des forestois**. Ce phénomène serait dû à une propagation plus importante des maladies infectieuses déjà présentes sur ce territoire et dans une moindre mesure à l'apparition de maladies que l'on trouve actuellement dans les zones tropicales et subtropicales. Parmi les **maladies** pour lesquelles on observe **déjà une recrudescence** et dont le **risque est susceptible de se développer** dans les années à venir, citons :

- la maladie de **Lyme**¹⁵³ liées à la croissance des tiques qui résistent aux hivers plus chauds¹⁵⁴ ;
- les maladies véhiculées par les moustiques dont la présence devrait se renforcer telles que le chikungunya, la malaria, la dengue, le west Nile virus¹⁵⁵.

Il existe néanmoins une forte **incertitude** sur le développement de ces maladies en lien avec le changement climatique, l'augmentation globale de l'humidité qui est favorable à leur développement pouvant être compensée par d'autres facteurs comme notamment les sécheresses plus fréquentes.

Certaines **allergies** risquent également de prendre de l'ampleur du fait de l'allongement de la période de végétation d'arbres à pollen (voir secteur "faune et flore") et donc exposition plus précoce et plus intense aux pollens¹⁵⁶. **Ces risques sont difficiles à caractériser.**

¹⁵¹ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹⁵² Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁵³ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹⁵⁴ Thierry Berrod, 2008. Le retour des envahisseurs invisibles. Documentaire ARTE France. <https://www.arte.tv/fr/videos/075775-000-A/le-retour-des-envahisseurs-invisibles/>

¹⁵⁵ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁵⁶ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

2) Un contraste social

Forest présente des contrastes socio-économiques suivants les quartiers. Au sein du chapitre 3 il a été démontré que :

- les quartiers ayants **les plus bas revenus** médians sont les quartiers de **Saint-Denis-Neerstalle, Industrie-Sud et du Bas Forest**.
- **Les zones plus chaudes** de la commune sont situées principalement dans les quartiers Saint-Denis, Industrie et surtout du bas de Forest, près de la Place Saint-Antoine.
- Les quartiers de Saint-Denis, Industrie-Sud et du bas de Forest sont les moins pourvus en **espaces verts publics** mais surtout en **espaces verts privés**.
- Les impacts directs du **risque d'inondation fluviale avéré pour le territoire communal** sont attendus dans les quartiers Saint-Denis, Precker, Pont de Luttre, si le bassin versant de la Senne est impacté en amont.
- **L'aléa inondation par ruissellement impactera toute la zone du bas de Forest** qui longe le chemin de fer et sera **renforcé par la présence d'entreprises polluantes** qui peuvent avoir un impact environnemental important en cas d'inondation.

On constate que **les populations les plus précaires au plan socio-économique** (bas revenus, bénéficiaires du droit à l'intervention majorée) sont également **les plus directement impactées** par le changement climatique pour ces deux types de risques sanitaires non négligeables.

Faune et flore

Explication générale :

Le chapitre 2 nous apprend en synthèse que¹⁵⁷:

- Les **températures moyennes vont augmenter** de manière plus ou moins significative selon les scénarios du GIEC (entre + 1°C et + 5,0°C) d'ici 2100.
- L'augmentation des températures moyennes sera **plus marquée en hiver qu'en été**¹⁵⁸
- Un été sur deux voire tous les étés à partir de 2050 seront touchés par au moins une **vague de chaleur**^{159 160}
- En 2100, le centre-ville de Bruxelles peut s'attendre à ce que le **nombre** de vagues de chaleur ait triplé, **l'intensité** des vagues de chaleur ait doublé et la **durée** des **vagues de chaleur** ait augmenté de 50%, en cas de RCP8,5.
- Pour le RCP8,5 à Uccle en 2046-2100 on peut s'attendre à :
 - **davantage de sécheresses** que par le passé, en comparaison à la période 1951-2005.
 - davantage de sécheresses **exceptionnelles** qui pourront être jusqu'à cinq fois plus fréquentes en comparaison à la période 1951-2005.
- La **concentration en CO₂** dans l'atmosphère va augmenter

Plus spécifiquement, d'autres sources nous apprennent que :

- Les facteurs climatiques sont loin d'être les seuls facteurs à influencer l'évolution de la biodiversité d'un milieu.
- D'autres paramètres essentiels tels que **l'urbanisation, l'étalement urbain, la pollution** etc. sont à prendre en compte pour comprendre ces évolutions.

¹⁵⁷ Pour davantage de précisions et afin d'éviter les répétitions, voir chapitre 2 et chapitre 3 sur Les vagues de chaleur et les îlots de chaleur
¹⁵⁸ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

¹⁵⁹ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹⁶⁰ IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

- La notion d'écosystème qui implique une forte **interdépendance** des espèces présentes dans un milieu, doit nous amener à considérer que les espèces directement impactées par le changement climatique auront une incidence sur les autres espèces du fait des relations qu'elles entretiennent avec elles¹⁶¹.
- Ces **conséquences indirectes particulièrement complexes** ne seront pas abordées dans ce chapitre.

Caractérisation des risques et vulnérabilités du territoire forestois suite au changement climatique:

La faune et la flore forestoises est un secteur qui connaîtra selon toute vraisemblance de **fortes perturbations** dans les années à venir du fait du changement climatique. La probabilité d'occurrence de ce **risque est importante**.

Il n'existe à l'heure actuelle et à notre connaissance, pas de recensement exhaustif des espèces végétales et animales présentes sur le territoire de Forest, mais les données régionales¹⁶² indiquent que **la biodiversité forestoise actuelle est riche**, ce que confirme la carte d'évaluation biologique réalisée par Bruxelles Environnement en 2020 qui évalue le couvert de chaque îlot bruxellois.

¹⁶¹ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹⁶² Celles-ci font état de près de 44 espèces de mammifères indigènes, dont 19 espèces de chauves-souris, 92 espèces d'oiseaux nicheurs, 12 espèces d'amphibiens et reptiles, et 841 espèces de plantes (Bruxelles Environnement, 2015)

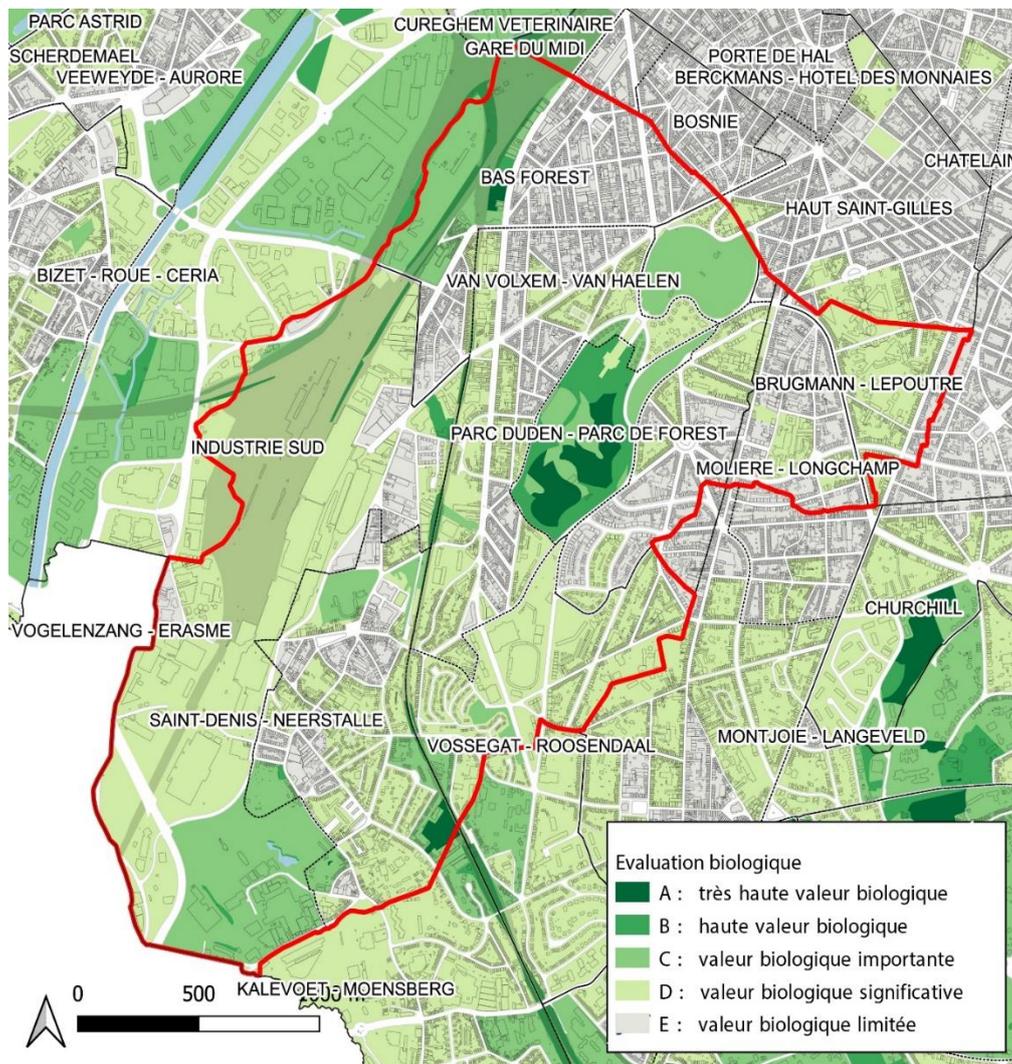


Figure 28. Évaluation biologique du territoire forestois (Source : Bruxelles Environnement, 2020).

Divers paramètres et aléas climatiques sont susceptibles de modifier, perturber voire menacer cette biodiversité dès à présent et dans les prochaines décennies et ce quel que soit le scénario RCP dans lequel on se place. Les paramètres amenés à évoluer avec le changement climatique que nous avons identifiés comme impactant de manière significative ce secteur à Forest sont la **température**, les **vagues de chaleur**, la **sécheresse** et la **concentration en CO₂**.

Ces paramètres peuvent avoir plusieurs conséquences :

1. Glissement des aires de répartition des espèces animales et végétales : ce phénomène est et sera une des conséquences les plus claires du changement climatique bien que ce phénomène ne soit pas spécifique au territoire de Forest. Le glissement des aires de répartition des espèces est essentiellement lié à l'augmentation de la température et produit principalement trois phénomènes que l'on pourra observer simultanément sur différentes espèces: 1) la régression des aires de répartition de certaines espèces ; 2) l'extension ou ; 3) le déplacement de cette aire pour d'autres. Nous proposerons ici de donner les grandes tendances probables de glissement des aires de répartition pour la flore forestoise malgré les incertitudes actuelles sur la prévision des aires de répartition des espèces.



Figure 29. Sensibilité de différentes essences à quelques paramètres stationnels en relation avec les changements climatiques (évaluations extraites des travaux de mise à jour du fichier écologique des essences) (Claessens, 2016).

Concernant les aires de répartition de la faune forestoise, les données disponibles sont des données nationales qui ne sont pas spécifiques au territoire forestois et qui sont par ailleurs trop incertaines pour fournir une analyse robuste. La figure 30 liste de manière non exhaustive les végétaux présents dans les espaces verts publics de Forest associés à l'évolution potentielle de leur aire de répartition^{163,164,165,166}. Notons que l'aire de répartition des espèces du hêtre qui est l'espèce d'arbre majoritaire dans les espaces verts publics de Forest subira une régression significative. Cette régression impactera probablement également les espèces typiques des hêtraies tels que les lichens, les herbacées, les champignons, etc¹⁶⁷.

Localisation	Espèce	Evolution potentielle de l'aire de répartition
Parc Duden / Parc de Forest	hêtre	Régression
Parc Duden / Parc de Forest	tilleul	Stable
Parc Duden	platane	Aucune donnée disponible
Parc Duden / Parc de Forest	marronnier	Aucune donnée disponible
Parc Duden / Parc de Forest	érable sycomore	Régression

¹⁶³ Bruxelles Environnement (BE), 2021. Les cartes d'analyse Nature. <https://environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/la-gestion-ecologique/les-cartes-d-analyse-nature>

¹⁶⁴ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁶⁵ Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

¹⁶⁶ Un inventaire du patrimoine arboré forestois est prévu par les services de la commune

¹⁶⁷ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

Parc Duden	chêne rouge	Stable
Parc Duden	robinier	Stable
Parc Duden	sorbier des oiseleurs	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	frêne	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	peuplier d'Italie	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	bouleau	Stable
Parc de Forest	if	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	cèdre	Extension
Parc de Forest	érable plane	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	noyer	Aucune donnée disponible
Parc de Forest	pin	Aucune donnée disponible
Parc Duden	lierre	Aucune donnée disponible
Parc Duden	luzule des bois	Aucune donnée disponible
Parc Duden	circée de Paris	Aucune donnée disponible
Parc Duden	anémone des bois	Aucune donnée disponible
Parc Duden	gouet tacheté	Aucune donnée disponible
Parc du Bempt	lycope	Aucune donnée disponible
Parc Bempt	menthe aquatique	Aucune donnée disponible

Figure 30. Liste (non exhaustive) des végétaux présents dans les espaces verts publics de Forest associés à l'évolution potentielle de leur aire de répartition (Sources : Bruxelles-Environnement, 2021; Factor x et al. 2012 ; Marbaix et van Ypersele, 2004)

2. Modification de la phénologie et sensibilité accrue aux épisodes de gel. Le changement climatique aura pour conséquence très probable de perturber les cycles de vie de la flore forestoise. L'augmentation de la température entraînera un **allongement de la saison végétative** (période durant laquelle les végétaux sont en phase de croissance) : les printemps - période de bourgeonnement - seront plus précoces, et les automnes - période de jaunissement - plus tardifs. La **croissance** de certains végétaux pourrait être **mise en danger** par de nombreux processus biologiques qui nécessitent une synchronicité - comme par exemple la floraison d'un végétal et l'apparition de son pollinisateur¹⁶⁸ qui se trouveraient décalés.

L'allongement de la saison végétative pourrait également résulter en une **plus grande sensibilité de la flore aux épisodes de gel**. En effet, les épisodes de gelée qui jusqu'ici se produisaient principalement hors de la saison végétative seraient amenés à se produire plus fréquemment durant la période végétative du fait de son allongement. Les végétaux subiraient par conséquent potentiellement plus de dégâts en cas de gelée du fait de cette superposition entre la saison végétative et les épisodes de gel¹⁶⁹. Ces dégâts impactent directement la fructification.

¹⁶⁸ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁶⁹ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

3. Perturbation de la croissance forestière. L'augmentation des niveaux de CO₂ pourrait conduire à une hausse de la productivité des arbres car la photosynthèse sera accrue (une étude réalisée sous serre a montré que la production ligneuse augmentait de 40% lorsque la teneur en CO₂ était multipliée par deux¹⁷⁰). Cependant cet accroissement de la croissance forestière peut, notamment parce qu'il provoquerait « des déséquilibres nutritionnels et une évolution défavorable des propriétés mécaniques et de la composition chimique du bois »¹⁷¹ fragiliser la forêt à plus long terme. L'augmentation de la température ainsi que les épisodes de sécheresse plus fréquents et plus intenses auront aussi pour conséquence de **perturber la croissance de la flore**. Le stress hydrique estival risque de s'intensifier ce qui entraînera notamment la **chute précoce des feuilles des arbres** voire également un **dépérissement** de ces derniers en cas de stress hydrique extrême. Notons qu'une fois de plus le **hêtre** très sensible au stress hydrique, sera particulièrement menacé¹⁷².

4. Accroissement des risques sanitaires. Les risques sanitaires, et plus particulièrement la détérioration de la flore par des **parasites**, risquent d'augmenter à la suite de la hausse des températures (chenille processionnaire du chêne par exemple)¹⁷³.

5. Modification de l'équilibre chimique des milieux aquatiques. Les vagues de chaleur plus fréquentes et intenses combinées aux épisodes de sécheresse et à l'augmentation de la température, **risquent de modifier l'équilibre chimique des milieux aquatiques forestois tels que les étangs dans les années à venir**. L'évaporation plus intense qui ne sera pas compensée par les pluies estivales (qui devraient être relativement stables par rapport au régime des pluies estivales actuel) provoquera une concentration des substances dissoutes dans ces milieux. Autrement dit, les polluants contenus dans l'eau seront plus concentrés et nocifs pour la faune et la flore aquatique¹⁷⁴. Ce phénomène sera concomitant avec la diminution du taux de saturation en oxygène, résultant des mêmes facteurs climatiques, lui aussi particulièrement néfaste pour les espèces de ces milieux. Cette modification de l'équilibre chimique des milieux aquatiques pourrait toucher les étangs des parcs du Bempt et Jacques Brel, et du marais du Wiels. Néanmoins des projets en cours et à venir (inclusion dans les maillages pluie locaux impliquant des apports d'eau plus réguliers) devraient permettre de limiter ce phénomène dans les années à venir.

6. Un risque mineur d'augmentation des incendies. Le risque d'incendie dans les espaces verts de la commune de Forest pourrait être légèrement accru du fait de l'augmentation des sécheresses¹⁷⁵. Néanmoins ce risque est à **relativiser** car les espaces verts forestois sont inscrits dans un territoire très urbanisés, au sein duquel il est possible d'intervenir rapidement en cas de départ de feu et de contenir le feu dans un périmètre restreint, la propagation de ce dernier étant physiquement limitée par les surfaces urbanisées¹⁷⁶

¹⁷⁰ INRA 2008 in : Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷¹ INRA 2008 in : Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷² Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷³ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷⁴ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷⁵ Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p

¹⁷⁶ Ecores, Co2logic, 2021. Plan Climat de la Commune d'Ixelles. Volet Adaptation au changement climatique. 78 pages.

Résumé chapitre 3.

Les notions de risques et de vulnérabilités sont très utiles pour comprendre les grandes actions à entreprendre regard des effets attendus du changement climatique à Forest. Leur évaluation quantitative nécessite un travail très complexe. Le présent rapport a caractérisé les risques et vulnérabilités sur base des éléments du territoire forestois qui seront exposés.

En termes de cadrage territorial, le territoire forestois montre des disparités entre le bas de Forest globalement en moyenne plus pauvre que le haut de Forest. Les mêmes dynamiques globales s'appliquent pur ce qui concerne l'âge moyen - les quartiers du haut de Forest sont en moyenne plus âgés que ceux du bas et la répartition des espaces verts qui sont en moyenne moins présents et arborés dans le bas de Forest que dans le haut de Forest. Les dynamiques de densité sont quant à elles plus contrastées.

En termes de risques et de vulnérabilités, pour ce qui concerne les aléas vagues et îlots de chaleur, les risques pour Forest sont élevés.

- Les zones Ouest (bas de Forest) et Sud (Saint-Denis-Neerstalle) de la commune sont davantage concernées que les quartiers du haut de Forest.
- Les quartiers « Bas de Forest » et Industrie Sud cumulent plusieurs facteurs qui augmentent leur vulnérabilité face aux vagues et îlots de chaleur attendus - taux d'occupation du bâti des îlots et part de seniors.
- Les zones de carences en espaces verts publics du territoire forestois marquent les risques et vulnérabilités importants des quartiers du Bas de Forest et d'Industrie Sud, et les habitations proches de grands axes de l'Avenue du Pont de Luttre, Rue Saint-Denis, Gare de Forest Est, Bas de l'Avenue Général Dumonceau, Boulevard Guillaume Van Haelen, Chaussée de Neerstalle etc.
- Plus étonnamment, le quartier Vossegat-Roosendaal apparaît sur la carte des carences en espaces verts publics mais la part de jardins privés dans ces quartiers est importante ce qui tempère le risque de souffrir des vagues de chaleur pour les habitant.e.s concerné.es.
- La zone en carence de Brugmann-Lepoutre concerne surtout le quartier de la prison de Forest.

En termes de risques et de vulnérabilités, pour ce qui concerne les inondations, les risques sont élevés.

- Diverses causes naturelles (dénivelé, proximité de la Senne et de la nappe) et humaines (industrialisation, urbanisation, vétusté et dimensionnement historique des égouts non adaptés aux pluies exceptionnelles) expliquent la vulnérabilité de Forest face aux inondations par *ruissellement*.
- La croissance des surfaces imperméables avérée à Forest augmente fortement le risque d'inondation.
- L'augmentation des précipitations fortes prévues dans les scénarios non optimistes va aussi augmenter le risque d'inondations et ce, malgré les deux bassins d'orage régionaux et la politique volontariste mise en place par la commune.
- Le bas de Forest est en moyenne davantage touché par ce risque et donc plus vulnérable.
- Le risque d'inondation *fluviale* est avéré pour le territoire communal (quartiers Saint-Denis, Precker, Pont de Luttre).
- En termes de gravité, notons la présence d'entreprises polluantes qui peuvent avoir un impact environnemental important en cas d'inondation :
 - les installations Seveso,
 - les entreprises IED
 - les stations d'épuration des eaux.
- Le bas de Forest est concerné directement ou indirectement par ces trois types d'installation.

En termes de risques et de vulnérabilités en lien avec le changement climatique, pour ce qui concerne la pollution de l'air, les risques sont assez faibles.

- Le Black Carbon regroupe les particules fines formées de carbone dangereuses pour la santé.
- Les contributions urbaines locales sont très peu significatives : plus de 90% des PM2.5 proviennent du transport à longue et moyenne distance.
- Le bas de Forest est davantage touché par les valeurs extrêmes Black Carbon que le haut de Forest qui est toutefois aussi concerné.
- Les risques liés à l'évolution future du Black Carbon, sont faibles à Forest, mis à part quelques tronçons précis qui doivent nécessiter une attention accrue
- Les risques associés à la pollution urbaine moyenne journalière de NOx sont relativement faibles et homogènes sur le territoire, à l'exception de certains quartiers.
- Les NOx ont tendance à décroître à Bruxelles depuis les années 1990 et la Low Emission Zone devrait avoir effet bénéfique et diminuer les risques sanitaires associés dans les prochaines années.

Pour ce qui concerne les risques et vulnérabilités liés au changement climatique sur les différents secteurs analysés, les recherches montrent que les divers secteurs analysés seront impactés de manière différenciée.

- Energie : il y a un risque indéterminé et qui nécessite un travail ultérieur approfondi que les vagues de chaleur endommagent les infrastructures de distribution d'électricité en provoquant des phénomènes de dilatation, de diminution de l'efficacité, d'endommagement et de pertes en lignes ou encore ; que les pluies torrentielles et les inondations conséquentes puissent avoir un impact sur la distribution d'électricité sur le territoire de Forest.
- Santé : les îlots de chaleur aggravent la formation d'ozone troposphérique ce qui en amplifie les effets sanitaires en termes de morbidité et mortalité. Les populations plus âgées doivent être considérées avec la plus grande attention. De plus, certaines maladies pour lesquelles on observe déjà une recrudescence pourraient augmenter (Lyme, etc.) ; Certaines allergies risquent également de prendre de l'ampleur du fait de l'allongement de la période de végétation d'arbres à pollen et donc d'une exposition plus précoce et plus intense aux pollens. Ces risques sont à ce jour, difficiles à caractériser. Notons que Forest présente un contraste social marqué et que les populations les plus précaires sont les plus directement impactées par le changement climatique et donc potentiellement les plus exposées aux risques sanitaires qui en découlent.
- Faune et la flore : seront perturbées. Les paramètres amenés à évoluer avec le changement climatique impactant ce secteur sont la température, les vagues de chaleur, la sécheresse et la concentration en CO₂. Ces paramètres peuvent avoir plusieurs conséquences dont :
 - le glissement des aires de répartition des espèces animales et végétales ;
 - la modification de la phénologie (cycles de vie de la flore) et sensibilité accrue aux épisodes de gel ;
 - la perturbation de la croissance forestière ;
 - l'accroissement des risques sanitaires (notamment dû aux parasites) ;
 - la modification de l'équilibre chimique des milieux aquatiques (potentiellement compensé par les projets en cours) ;
 - un risque mineur d'augmentation des incendies.

Conclusion

En 1988, quelques années après l'émergence de la question environnementale à l'échelle mondiale, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) est créé.

Celui-ci a pour mission d'identifier et de synthétiser les travaux scientifiques académiques du monde entier portant sur les liens entre homme et climat. En plus des paramètres naturels à l'origine de l'effet de serre qui sont de mieux en mieux connus, le GIEC a montré que les activités humaines aggravent cet **effet de serre** en rejetant des gaz à effet de serre. Le réchauffement planétaire qui en découle est sans équivoque et l'ampleur des phénomènes climatiques associés est sans précédent. Le changement climatique affecte d'ailleurs **déjà** de nombreuses régions du monde. Les divers scénarios « RCP » utilisés pour les modélisations démontrent qu'actuellement, les émissions mondiales de gaz à effet de serre sont plus proches du scénario RCP 8.5 que des autres scénarios, soit le **plus pessimiste**

L'approche par « aléas », qui est une probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel (tempêtes, pluies torrentielles, sécheresses, etc.) ou lié à l'activité humaine (rupture d'un barrage, explosion d'une usine Seveso etc.) potentiellement destructeur est intéressante pour comprendre les effets du changement climatique sur le territoire Forestois. Les modèles de simulation du climat du GIEC travaillent initialement à des échelles mondiales/nationales. Heureusement, pour la Belgique, diverses sources scientifiques récentes nous permettent d'étudier l'évolution des aléas à des échelles et résolutions spatiales parfois extrêmement fines. Ces approches contiennent des marges d'erreurs inévitables mais les travaux mobilisés dans le cadre de ce rapport sont robustes. Ce rapport n'a pas pris en compte les ruptures « systémiques » et les autres chocs potentiels (énergétiques, financiers, politiques, technologiques, bactériologiques etc.). Ce rapport n'a pas non plus étudié les aléas non liés au changement climatique comme l'aléa sismique par exemple.

Ceci étant dit, par rapport au climat bruxellois dit normal, qui part grosso modo des années 1950 aux années 2000, on peut résumer les travaux de **simulations climatiques** sur des trajectoires que nous sommes en train d'emprunter à l'échelle mondiale (scénario RCP8,5), pour la commune de Forest à partir de 2050, comme suit :

- hausse des températures moyennes annuelles plus chaudes qui seront aggravées dans les zones urbanisées ;
- augmentation importante des vagues de chaleur en termes de nombre (x 3), d'intensité (x 2) et de durée (x 1,5) ;
- augmentation des îlots de chaleur et des températures nocturnes plus importantes dans les zones urbanisées et à faible albédo, problématique dans les logements mal isolés et renforçant la pollution de l'air en aggravant la formation d'ozone ayant des effets sanitaires en termes de mortalité et de morbidité ;
- légère hausse des précipitations hivernales et peu de changement significatif pour les précipitations moyennes estivales ;
- légère augmentation attendue des pluies fortes (<10mm) dans les scénarios RCP4,5 et 8,5 ;
- hausse des sécheresses météorologiques et multiplication des sécheresses météorologiques exceptionnelles (x 5).

Les paramètres/aléas non modélisés, incertains ou non significatifs comme les régimes des vents, tempêtes, vagues de froid et approvisionnement en eau potable n'ont pas été retenus.

Les notions de risques et de vulnérabilités sont très utiles pour comprendre les grandes actions à entreprendre regard des effets attendus du changement climatique à Forest. Leur évaluation quantitative nécessite un travail très complexe. Le présent rapport a caractérisé les risques et vulnérabilités sur base des éléments du territoire forestois qui seront exposés.

En termes de cadrage territorial, le territoire forestois montre des disparités entre le bas de Forest globalement en moyenne plus pauvre que le haut de Forest. Les mêmes dynamiques globales s'appliquent sur ce qui concerne l'âge moyen - les quartiers du haut de Forest sont en moyenne plus âgés que ceux du bas et la répartition des espaces verts qui sont en moyenne moins présents et arborés dans le bas de Forest que dans le haut de Forest. Les dynamiques de densité sont quant à elles plus contrastées.

En termes de risques et de vulnérabilités, pour ce qui concerne les aléas vagues et îlots de chaleur, les risques pour Forest sont élevés.

- Les quartiers du bas de Forest sont davantage concernés que les quartiers Est et du haut de Forest.
- Les quartiers « Bas de Forest » et Industrie Sud cumulent plusieurs facteurs qui augmentent leur vulnérabilité face aux vagues et îlots de chaleur attendus (taux d'occupation du bâti des îlots, part de seniors).
- Les zones de carences en espaces verts publics du territoire forestois marquent les risques et vulnérabilités importants des quartiers du Bas de Forest et d'Industrie Sud, et les habitations proches de grands axes de l'Avenue du Pont de Luttre, Rue Saint-Denis, Gare de Forest Est, Bas de l'Avenue Général Dumonceau, Boulevard Guillaume Van Haelen, Chaussée de Neerstalle etc.
- Plus étonnamment, le quartier Vossegat-Roosendaal apparaît sur la carte des carences en espaces verts publics mais la part de jardins privés dans ces quartiers est importante ce qui tempère le risque de souffrir des vagues de chaleur pour les habitant.e.s concerné.es.
- La zone en carence de Brugmann-Lepoutre concerne surtout le quartier de la prison de Forest.

En termes de risques et de vulnérabilités, pour ce qui concerne les inondations, les risques sont élevés.

- Diverses causes naturelles (dénivelé, proximité de la Senne et de la nappe) et humaines (industrialisation, urbanisation, vétusté et dimensionnement historique des égouts non adaptés aux pluies exceptionnelles) expliquent la vulnérabilité de Forest face aux inondations par ruissellement.
- La croissance des surfaces imperméables avérée à Forest augmente fortement le risque d'inondation. Les dynamiques d'urbanisation doivent donc être considérées comme un sujet d'importance capitale dans une optique d'adaptation du territoire face au changement climatique.
- L'augmentation des précipitations fortes prévues dans les scénarios non optimistes va aussi augmenter le risque d'inondations et ce malgré les deux bassins d'orage régionaux et la politique volontariste mise en place par la commune.
- Le bas de Forest est en moyenne davantage touché par ce risque et donc plus vulnérable.
- Le risque d'inondation fluviale est avéré pour le territoire communal (quartiers Saint-Denis, Precker, Pont de Luttre).
- En termes de gravité, notons la présence d'entreprises polluantes qui peuvent avoir un impact environnemental important en cas d'inondation :
 - les installations Seveso ;
 - les entreprises IED ;
 - les stations d'épuration des eaux.
- Le bas de Forest est concerné directement ou indirectement par ces trois types d'installation.

En termes de risques et de vulnérabilités en lien avec le changement climatique, pour ce qui concerne la pollution de l'air, les risques sont assez faibles.

- Le NO₂ est un indicateur clé de la pollution atmosphérique due au trafic, dont les concentrations élevées peuvent avoir de graves conséquences sur notre santé : les

concentrations de NO₂ qui dépassent les normes sont principalement situées dans le bas de Forest.

- Le Black Carbon regroupe les particules fines formées de carbone dangereuses pour la santé.
- Les contributions urbaines locales sont très peu significatives : plus de 90% des PM_{2.5} proviennent du transport à longue et moyenne distance.
- Le bas de Forest est davantage touché par les valeurs extrêmes Black Carbon que le haut de Forest qui est toutefois aussi concerné bien que la carte semble montrer des valeurs aberrantes selon les forestois mobilisés dans les séminaires participatifs (citoyens et employés de l'administration).
- Les risques liés à l'évolution future du Black Carbon, sont faibles à Forest, mis à part quelques tronçons précis qui doivent nécessiter une attention accrue
- Les risques associés à la pollution urbaine sont relativement faibles et homogènes sur le territoire, à l'exception de certains quartiers : NO_x et NO₂ ont tendance à décroître à Bruxelles depuis les années 1990 et la Low Emission Zone devrait avoir effet bénéfique dans les prochaines années en diminuant les risques pour la santé associés.

Pour ce qui concerne les risques et vulnérabilités liés au changement climatique sur les différents secteurs analysés, les recherches montrent que les divers secteurs analysés seront impactés de manière différenciée.

- L'énergie : il y a un risque indéterminé et qui nécessite un travail ultérieur approfondi que les vagues de chaleur ou que les pluies intenses endommagent les infrastructures de distribution d'électricité.
- La santé : Les îlots de chaleur qui sont amenés à augmenter aggravent la formation d'ozone troposphérique ce qui en amplifie les effets sanitaires en termes de morbidité et mortalité. Les populations plus âgées doivent être considérées avec la plus grande attention. De plus certaines maladies pour lesquelles on observe déjà une recrudescence pourraient augmenter (Lyme, etc.) ;
Certaines allergies risquent également de prendre de l'ampleur du fait de l'allongement de la période de végétation d'arbres à pollen et donc exposition plus précoce et plus intense aux pollens. Ces risques sont à ce jour, difficiles à caractériser.
- La faune et la flore : seront perturbées. Les paramètres amenés à évoluer avec le changement climatique impactant de manière ce secteur sont la température, les vagues de chaleur, la sécheresse et la concentration en CO₂. Ces paramètres peuvent avoir plusieurs conséquences dont :
 - Le glissement des aires de répartition des espèces animales et végétales.
 - La modification de la phénologie (cycles de vie de la flore) et sensibilité accrue aux épisodes de gel.
 - La perturbation de la croissance forestière.
 - L'accroissement des risques sanitaires (notamment dû aux parasites).
 - La modification de l'équilibre chimique des milieux aquatiques (potentiellement compensé par les projets en cours).
 - Un risque mineur d'augmentation des incendies.

En résumé, Forest souffre d'inégalités environnementales et les effets attendus du changement climatique renforceront ces inégalités.

Dans ce contexte, il faudra considérer les populations plus précarisées et fragiles décrites dans le présent rapport avec la plus grande attention. L'approche par aléas a révélé des dynamiques de risques très claires sur lesquelles les autorités administratives devraient mettre la priorité (inondations, vagues et îlots de chaleur). L'approche par secteur est moins parlante et pourra faire l'objet d'une analyse de risques ultérieure plus approfondie.

Bibliographie

ADEME, 2014. Ozone : Formation et taux dans l'air. Juillet 2014. Fiche technique, 6p.

ADEME, 2019. Diagnostiquer l'impact du changement climatique sur un territoire. Guide méthodologique 2015, rév. 2018. TACCT. Des clés pour agir. ADEME, service climat. 102p.

Aquawal, sd. Le changement climatique : impacts actuels et attendus sur le cycle de l'eau en Belgique. <https://www.aquawal.be/fr/le-changement-climatique-impacts-actuels-et-attendus-sur-le-cycle-de-l-eau-en-belgique.html?IDC=604>

Becerra, S. Peltier, A. 2009. Risques et environnement : recherches interdisciplinaires sur la vulnérabilité des sociétés. 2009. (hal-03178171)

BECI, 2018. Épuration des eaux : des défis et d'énormes opportunités, <https://www.beci.be/epuration-des-eaux-des-defis-et-denormes-opportunités/>

Beniston, M., 2003. The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. Geophysical Research Letters, Vol 31, L02202, doi:10.1029/2003GL018857.

Biotope Environnement, Stratec, 2020a. Actualisation de la carte d'évaluation biologique de la Région de Bruxelles-Capitale Note explicative de la phase 1 – Actualisation de la carte d'évaluation biologique de la Région de Bruxelles-Capitale. Pour le compte de Bruxelles Environnement. 9p.

Biotope Environnement, Stratec, 2020b. Actualisation de la carte d'évaluation biologique de la Région de Bruxelles. Note explicative de la phase 2 – Evaluation de la qualité biologique des îlots urbains à l'échelle de la Région de Bruxelles-Capitale. Pour le compte de Bruxelles Environnement. 12p.

Bruxelles Environnement (BE), 2015. Focus: cartographie relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondations. <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/rapports-sur-letat-de-lenvironnement/rapport-2011-2014/eau-et-9>

Bruxelles Environnement (BE), 2020a. Les cartes du risque d'inondation. 10p. https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/NOT_CartesRisqueInondation_2019_FR.pdf

Bruxelles Environnement (BE), 2020b. Cartographie des îlots de fraîcheur à Bruxelles, <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/en-detail/climat/cartographie-des-ilots-de-fraicheur-bruxelles>

Bruxelles Environnement (BE), 2020c. Rénovation de la station d'épuration Sud. <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/en-detail/eau-et-environnement-aquatique/renovation-de-la-station>

Bruxelles Environnement (BE), 2021. Bilan énergétique de la Région de Bruxelles-Capitale 2019, Résumé 5p. https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Bilan%20energetique%202019%20de%20la%20Region%20de%20Bruxelles-Capitale%20:%20Resume?_ga=2.74111442.1199110201.1643030575-594194459.1643030575

Bruxelles Environnement (BE), 2021. Les cartes d'analyse Nature. <https://environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/la-gestion-ecologique/les-cartes-danalyse-nature>

Bruxelles Environnement (BE), 2021b. Programme d'inspection annuel 2021. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/20210601_programme_inspection_2021_fr.pdf

Bruxelles Environnement (BE), 2021c. Les plans d'inspection. <https://environnement.brussels/linspection/les-inspections/les-plans-dinspection>

Bruxelles Environnement (BE), sd. EPRTR - European Pollutant Release and Transfer Register. <https://app.bruxellesenvironnement.be/PRTR/FR/index.htm>

Bruxelles Environnement (BE), sd. EPRTR. Fiche descriptive de l'établissement STEP Sud.
<https://app.bruxellesenvironnement.be/PRTR/FR/Detail.asp?code=Bx109>

Christensen, J., 2005. Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European climate change risks and Effects. PRUDENCE Final Report

Claessens, H. 2016. Quelques considérations pour adapter nos forêts aux changements climatiques. Sylva Belgica, janvier-février, 20-29.

Ecores, Co2logic, 2021. Plan Climat de la Commune d'Ixelles. Volet Adaptation au changement climatique. 78 pages.

Commission Nationale Climat, 2017. Plan National d'Adaptation pour la Belgique 2017-2020. 40p.

Daise, J. & Claessens, H., 2009. « Etude de l'adéquation des essences aux stations forestières de la forêt de Soignes (zone bruxelloise) dans le contexte du changement climatique (.pdf) », rapport final, Etudes IBGE - BIM Studies, 307pp.

De Muynck, S. Wayens, B., Bossard, A., Descamps, B. Wallenborn, B. et Leloutre, G. 2021. « Les inégalités environnementales bruxelloises : revue critique et leviers politiques », rapport inédit pour la Commission communautaire commune. (COCOM);

De Muynck, S., Wayens, B. et al. 2022. Les inégalités environnementales à Bruxelles : typologie et état des lieux. Brussels Studies, Notes de synthèse, à paraître

De Muynck, S., Ragot, A., Mugabo, A., Wallenborn, G. et Wayens, B. 2022 (accepté à paraître). « Institutionnaliser les inégalités environnementales : le cas du Plan d'Action Climat forestois ». Etopia.

Dequincey, O. Thomas, P., 2017. Aléas et risques. Université de Lyon – ENS de Lyon, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/FEL2017.xml>

Destree, A. et Da Cruz, M., sd. Guide pratique à destination des particuliers : Les inondations et l'humidité dans les habitations à l'initiative de Jean-Claude Englebert, échevin de l'environnement, et de Charles Spapens, échevin de la revitalisation des quartiers, au nom du Collège des Bourgmestres et échevins. Commune de Forest. 34p.

Dubuisson, B. & Moisselin, J.-M., 2006. Observed changes in climate extremes in France, La Houille Blanche, 92:6, 42-47, DOI: 10.1051/lhb:2006099

Duchêne, F., Van Schaeybroeck, B., Caluwaerts, S., De Troch, R., Hamdi, R. and Termonia, P. 2020. A statistical-dynamical methodology to downscale regional climate projections to urban scale. J. Appl. Meteorology and Climatology, accepted for publication, doi : 10.1175/JAMC-D-19-0104.1.

EEA 2020. Air quality in Europe – 2020 report », EEA Report, vol. No 09/2020, 2020, p. 30.

Factor X, Ecores, TEC, 2012. L'adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : Élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation. Rapport final. 252p.

GIEC, 2021a. IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

GIEC, 2021b. IPCC. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Working Group I - The physical Science <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100> . 9 August 2021 (subject to final copy-editing). 2p

GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

Hamdi, R. Deckmyn, A., Termonia, P., Demare, G.R., Baguise, P., Vanhuysse, S. and Wolff, E., 2009. Effects of Historical Urbanization in the Brussels Capital Region on Surface Air Temperature Time Series: A Model Study.

Royal Meteorological Institute and IGEAT, Faculty of Sciences, Free University of Brussels, Brussels, Belgium. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/2009JAMC2140.1

Helsen, S., van Lipzig, N. P., Demuzere, M., Broucke, S. V., Caluwaerts, S., De Cruz, L., De Troch, R., Hamdi, R., Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., Wouters, H., 2020. Consistent scale-dependency of future increases in hourly extreme precipitation in two convection-permitting climate models. *Climate Dynamics*, 54(3), 1267-1280. : page 13

d'Ieteren E., Hecq W., De Sutter R. and Leroy D., 2003. Les effets du changement climatique en Belgique: Impacts potentiels sur les bassins hydrographiques et la côte maritime. Phase I: état de la question. CEESE-ULB, ECOLAS & IRGT – KINT, Rapport final. www.irgt-kint.be

IRM, 2020a. Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique. 92p.

Jancovici, 2008. Qu'est-ce que le GIEC?. <https://jancovici.com/changement-climatique/croire-les-scientifiques/quest-ce-que-le-giec/>

Jouzel, J. Petit, M. et Duplessy, J.-C. 2020. Le changement climatique dû aux activités humaines. Livret sur l'environnement. Académie des sciences. 16p.

Lauriks, F., Jacobs, D. et Meysman F.J.R (2022) "CurieuzenAir: Data collection, data analysis and results". 50 p. University of Antwerp.

Lauwaet D., Vranckx, S. Dens, S., De Ridder, K., Hooyberghs, H. et Lefebvre, 2021. F. stress thermique et qualité de l'air en région de Bruxelles-Capitale. Etat des lieux et perspectives d'avenir. Séminaires 21-22 : « Solution : Ville-Nature ». Séminaire 26/11/2021. Ville Dense. Apis Bruoc Sella, Bruxelles Environnement. http://www.apisbruocsella.be/sites/default/files/1_FR_20211126_SEM2_VITO_DirkLauwaet.pdf

Leone, F., Vinet, F. De Richemond N., 2010. Aléas naturels et gestion des risques. Presses universitaires de France. 327p.

Leone, F., Moriniaux, V., Thouret, J.-C., 2003. Aléas, vulnérabilités et gestion des risques naturels. In: Questions de Géographie. Les Risques. Editions Du Temps. 36p.

Marbaix, P. et van Ypersele, J.-P., 2004. Impacts des changements climatiques en Belgique, sous la direction de Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44p.

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W.W., 1972, Halte à la croissance ?, trad. fr. 1972, Paris, Fayard.

Médor, 2022. Bruxelles Malade, <https://bxl-malade.medor.coop/>

Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC), 2018. : Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement. La documentation française. 200p.

Organisation Des Nations-Unies (ONU), 1987. « Notre avenir à tous ». G.H. Brundtland (dir.). Commission Mondiale Sur L'environnement et Le Développement. 349p.

Parry, M., 2001. Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe : the Europe Acacia Project : a concerted action towards a comprehensive climate impacts and adaptations assessment for the European Union : report of a concerted action of the Environment Programme of the Research Directorate General of the Commission of the European Communities. Jackson Environment Institute. European Commission. Directorate General for Research. Environment Programme. Europe Acacia Project.

Région de Bruxelles-Capitale, 2013. Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la prévention et la réduction intégrées de la pollution due aux émissions industrielles 21 NOVEMBRE 2013. <http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/arrete/2013/11/21/2013031969/justel>

Sartor, F., 2002. Les facteurs environnementaux de la mortalité. Chapitre 50. In Démographie: analyse et synthèse III – Les déterminants de la mortalité. Sous la direction de G. Caselli, J. Vallin et G. Wunsch. Éditions de l'Institut National d'études démographiques, Paris, pp. 229-254

Schär, C., P.L Vidale, D. Lüthi., C. Frey, C. Häberli, M.A. Liniger and C Appenzeller, 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427 (6971).

Service Public Fédéral (SPF), 2019. Climat.be. Le site fédéral belge pour une information fiable sur les changements climatiques. SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. Changements observés en Belgique. <https://climat.be/en-belgique/climat-et-emissions/changements-observees>

SPW Agriculture Ressources Naturelles et Environnement (SPWARNE), 2021. Etat Des Nappes D'eau Souterraine De La Wallonie. Namur. 66p ;

Servigne, P. et Stevens, R., 2015. *Comment tout peut s'effondrer Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*. Anthropocène, Seuil. 304p.

Termonia, P.; Hamdi, R.; Van Schaeybroeck, B.; Willems, P.; Van Lipzig, N.; Van Ypersele, J.-P.; Marbaix, P.; Fettweis, X.; De Ridder, K.; Gobin, A.; Stavrakou, T.; Luyten, P.; Pottiaux, E., 2016. Impact du changement climatique en Belgique. , Science Connection, Vol. 50, 18-19,

ULB-IGEAT, 2006. Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale, pour le Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Administration de l'Equipement et des Déplacements/Direction de l'Eau. Octobre 2006, 60p.

Van de Vel K., Buekers J. (2021), Interdiction progressive des véhicules thermiques dans la Région de Bruxelles-Capitale : impact sur la santé, étude réalisée pour Bruxelles Environnement, 2021/HEALTH/R/2237, VITO NV

Vanhuyse, S., Depireux, J. et Wolff, E., 2006. Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale. ULB-IGEAT pour le Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Administration de l'Equipement et des Déplacements/Direction de l'Eau. 60p.

Vivien, F.-D., 2005. Le développement soutenable, La découverte, Paris, 122p.

Willems, P., Baguis, P. Ntegeka, V., Roulin, E., 2010. CCI-Hydr - Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems in Belgium. *Katolieke universiteit Leuven (KUL) - Institut Royal Météorologique*.

Pour en savoir plus

Pour en savoir davantage sur tous les documents stratégiques et ambitions fédérales, nationales et régionales en matière d'adaptation belge au changement climatique, consulter : <https://www.adapt2climate.be/belgique/#1560771142226-7c9dbacb-987b>

Pour davantage de précisions sur l'effet du changement climatique sur les pluies intenses voir les travaux de Helsen, S., van Lipzig, N. P., Demuzere, M., Broucke, S. V., Caluwaerts, S., De Cruz, L., De Troch, R., Hamdi, R., Termonia, P., Van Schaeybroeck, B., Wouters, H., 2020. Consistent scale-dependency of future increases in hourly extreme precipitation in two convection-permitting climate models. *Climate Dynamics*, 54(3), 1267-1280. : page 13

Le climat à l'horizon 2100, cartes interactives par années, saison et RCP. IRM, sd. <https://www.meteo.be/fr/climat/changement-climatique-en-belgique/le-climat-a-lhorizon-2100>

Pour explorer la notion de risque, voir le diagramme de Farmer et les sciences du danger (cindyniques).

Météo France, Pluies extrêmes en France Métropolitaine, <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Intensite-de-precipitations.html>

Pour davantage d'infos sur la lutte contre les inondations à Forest : <http://forest.irisnet.be/fr/services-communiaux/gestion-de-leau/la-lutte-contre-les-inondations>

Pour en savoir davantage sur les recherches participatives sur la gestion des inondations, voir le projet Brusseau, <https://brusseau.be/>

Pour davantage d'informations concernant les entreprises IED :

Site Internet de Bruxelles Environnement, Entreprises IED, <https://environnement.brussels/thematiques/sante-securite/grandes-installations-industrielles/entreprises-ied>

Site Internet de Bruxelles Environnement, Liste des rapports publics d'inspection IED,
https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr_list=INSP_RAP_EXT_IED

Site Internet de Bruxelles Environnement, Entreprises IED de la Région de Bruxelles-Capitale,
https://environnement.brussels/sites/default/files/entreprises_ied_rbc.pdf

Pour en savoir davantage sur les travaux de Curieuzenair, <https://curieuzenair.brussels/fr/faq/existe-t-il-une-campagne-curieuzenair-pour-dautres-polluants/>

Pour en savoir davantage sur le droit à l'intervention majorée (BIM), consultez l'atlas de l'Agence Intermutualiste (AIM), [IMA Atlas - Atlas AIM - Droit à l'intervention majorée - 2018 - Quartiers \(jusqu'en 2018\) \(aim-ima.be\)](https://www.aim-ima.be/fr/actualites/ima-atlas-atlas-aim-droit-a-l-intervention-majorée-2018-quartiers-jusqu'en-2018)