

**Projet de Plan Climat de la
Commune de Woluwe-Saint-Pierre**

**Volet Adaptation au changement climatique
Diagnostic de vulnérabilités au changement
climatique**

Décembre 2021



Point de contact :

Xavier Pouria, EcoRes

xavier.pouria@ecores.eu

TABLE DES MATIERES

1	REMERCIEMENTS	6
2	INTRODUCTION	7
2.1	CONTEXTE ET ENJEUX	7
2.2	L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	7
2.3	APPROCHE PAR DESCENTE D'ECHELLE.....	8
2.4	SCENARII RCP.....	11
3	TENDANCES CLIMATIQUES	12
3.1	EVOLUTIONS RECENTES	12
3.2	PROJECTIONS CLIMATIQUES	16
3.2.1	EVOLUTION DES TEMPERATURES	16
3.2.2	EVOLUTION DES PRECIPITATIONS.....	17
3.3	LES ALEAS EXTREMES	19
3.3.1	L'ALEA FORTES CHALEURS : UN ALEA RENFORCE PAR LE PHENOMENE D'ILET DE CHALEUR URBAIN	19
3.3.2	L'ALEA INONDATION – UN PHENOMENE A L'ECHELLE DE LA VALLEE DU WOLUWE.....	25
3.3.3	L'ALEA SECHERESSE DE PLUS EN PLUS SENSIBLE CES DERNIERES ANNEES.....	30
3.3.4	DES TEMPETES MOINS FREQUENTES MAIS PAS MOINS VIOLENTES.....	32
3.3.5	L'ALEA FEU DE FORET ET D'ESPACES VERTS PEU PRESENT EN MILIEU URBAIN	33
3.3.6	L'ALEA MOUVEMENT DE TERRAIN NON LIE AU CLIMAT EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE	35
4	LES CONSEQUENCES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE TERRITOIRE DE WOLUWE-SAINT-PIERRE .	36
4.1	URBANISME, HABITAT ET LOGEMENT	36
4.1.1	UN TERRITOIRE MOYENNEMENT DENSE	36
4.1.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	37
4.2	MOBILITE.....	46
4.2.1	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	46
4.2.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	46
4.3	POLITIQUE DE L'EAU	51
4.3.1	UNE RESSOURCE PRINCIPALEMENT EXTERNALISEE	51
4.3.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	52
4.4	SANTE	55
4.4.1	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	55
4.4.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	56
4.5	POLITIQUE DE L'ENERGIE	62
4.5.1	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	62
4.5.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	62
4.6	BIODIVERSITE – ESPACES VERTS	65
4.6.1	UNE BIODIVERSITE INEGALEMENT REPARTIE	65
4.6.2	IMPACTS DES ALEAS CLIMATIQUES SUR LE SECTEUR	66
5	EVALUATION DES VULNERABILITES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU TERRITOIRE DE LA COMMUNE DE WOLUWE-SAINT-PIERRE	69
6	ACRONYMES ET ABREVIATIONS	71
7	BIBLIOGRAPHIE	72

Table des figures

Figure 1. Citation de John Holdren visant à situer l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, Association for the Advancement of Science	7
Figure 2. Représentation d'un aléa, des enjeux et du risque associé (Pris)	8
Figure 3. Vision temporelle des effets du changement climatique pour la Région de Bruxelles-Capitale (Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation, Bruxelles Environnement 2012)	9
Figure 4 : Illustration de la descente d'échelle de la Région de Bruxelles-Capitale vers Woluwe-Saint-Pierre (EcoRes avec QGis, google maps)	10
Figure 5. Evolution des concentrations de CO ₂ dans l'atmosphère en partie par million (ppm) pour les scénarios d'émissions de GES RCP2.6, RCP 4.5, RCP 6 et RCP 8.5 (GIEC)	11
Figure 6. Température moyenne annuelle à Uccle sur la période 1833 – 2019	12
Figure 7. Nombre de jours avec un maximum supérieur ou égal à 25°C à Uccle de 1901 à 2019	13
Figure 8. Durée totale annuelle des vagues de chaleur à Uccle de 1901 à 2019	13
Figure 9. Nombre annuel de jours avec un minimum inférieur à 0°C à Uccle de 1901 à 2019	13
Figure 10. Durée totale annuelle des vagues de froid à Uccle de 1901 à 2019	14
Figure 11. Quantité de précipitations annuelles à Bruxelles – Uccle sur la période 1833 - 2019	14
Figure 12. Nombre de jours de fortes précipitations à Uccle sur la période 1892 – 2019	14
Figure 13. Maximum annuel des quantités de précipitations sur une heure à Uccle sur la période 1898 – 2019	15
Figure 14. Nombre de jours des précipitations neigeuses à Uccle sur la période 1901 – 2019	15
Figure 15. Nombre de jours avec des pointes de vent dépassant 80 km/h à Uccle sur la période 1940 – 2019	15
Figure 16. Evolution de la température moyenne en hiver et en été en Belgique à l'horizon 2100 (Cordex)	17
Figure 17. Evolution du cumul de précipitations hivernales et estivales en Belgique à l'horizon 2100 (Cordex)	18
Figure 18. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain (Pesquisa)	20
Figure 19. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2018)	20
Figure 20. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour le quartier centre et le quartier Saint Michel de Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2018)	21
Figure 21. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour Stockel (Bruxelles Environnement, 2018, google map)	21
Figure 22. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour un îlot imperméabilisé entre les rue Kell, David Van Bever et Remi Fraeyman (Bruxelles Environnement, 2018, google map)	22
Figure 23. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour le Musée du Transport Urbain Bruxellois et pour des équipements sportifs (Bruxelles Environnement, 2018)	22
Figure 24. Rue François Gay et Avenue Alfred Madoux (EcoRes)	23
Figure 25. Pourcentage de couverture végétale des routes à Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement)	23
Figure 26. Illustration du panache de chaleur en région parisienne selon la direction du vent lors de la canicule de 2003 (APUR)	24
Figure 27. Sensibilité du territoire selon sa position dans le bassin versant (Plan de Gestion de l'eau de la Région de Bruxelles-Capitale, 2016-2021, Bruxelles Environnement)	25

Figure 28. Représentation de l'aléa inondation pour la commune de Woluwe-Saint-Pierre (Application cartographique « Inondation aléa et risque », Bruxelles Environnement)	26
Figure 29. Localisation des déclarations d'inondation (Bruxelles Environnement).....	27
Figure 30. Bassins d'orage en Région de Bruxelles-Capitale (Vivaqua).....	28
Figure 31. Avenue des Dames Blanches après un épisode de pluie intense en juin 2021 (Commune de Woluwe-Saint-Pierre).....	29
Figure 32. Nombre maximum de jours consécutifs sec à Uccle durant le printemps de 1892 à 2020 (IRM, 2020c)	30
Figure 33. Sécheresse de longue durée au printemps 2020 (Rapport climatique 2020, IRM)	30
Figure 34. Projections des changements de fréquence des sécheresses en Europe au milieu du siècle selon deux scénarios (RCP 4.5. et RCP 8.5.), comparé à la période 1981-2010 (Spinoni et al., 2018). 31	
Figure 35 : Nombre de jour avec des points de vent dépassant 80 km/h à Uccle de 1940 à 2019 (IRM)	32
Figure 36. Détail des interventions des pompiers pour les incendies en Belgique, dont en RBC, en 2017 (SPF Intérieur, 2017).....	33
Figure 37. Densité de population à Woluwe-Saint-Pierre (IBSA, 2020).....	36
Figure 38. Part des surfaces imperméables (%) sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre (IBSA, 2006).	37
Figure 39. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021). ...	38
Figure 40. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021). ...	39
Figure 41. Façade et cour de l'École Communale Joli-Bois (EcoRes, google maps).	40
Figure 42. Bureaux du 3 ^{ème} étage et évaluation des apports de chaleur (EcoRes, Bilan Thermique)...	41
Figure 43. Nombre d'heures de surchauffe dans le bâtiment scolaire simulé en prenant en compte l'effet d'îlot de chaleur (ecobuild.brussels/ca-surchauffe-dans-les-ecoles/).....	42
Figure 44. Evolution de la température quotidienne pour la station d'Uccle du 23 au 25 juillet 2019 (infoclimat)	42
Figure 45. Nombre d'heures de surchauffe dans le bâtiment scolaire simulé en prenant en compte le réchauffement climatique (ecobuild.brussels/ca-surchauffe-dans-les-ecoles/)	43
Figure 46. Topographie et zones inondables de Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, topographic-map).....	44
Figure 47. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021). ...	44
Figure 48. Effets des aléas climatiques sur les différents modes de mobilité (EcoRes).....	46
Figure 49. Risque d'inondation pour les différents moyens de transport (voiries régionales, voies ferrées, lignes de trams et métros) à Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2019).....	47
Figure 50. Avenue de Tervuren, aménagement de la STIB pour le tramway (EcoRes).....	48
Figure 51. Evolution du nombre moyen de cyclistes par carrefour et par saison en semaine de 8h à 9h entre 2010 et 2019 (Observatoire du vélo en Région de Bruxelles-Capitale, Pro Vélo)	49
Figure 52. Cheminement entre la rue Konkell et l'avenue des Sittelles, revêtement bitume (EcoRes). 49	
Figure 53. Activités de production, stockage et transport d'eau potable de VIVAQUA (VIVAQUA, 2020b).	51
Figure 54. Répartition des prélèvements d'eau (VIVAQUA)	52
Figure 55. Estimation des flux d'eaux pluviales et des consommations d'eau potable sur Woluwe-Saint-Pierre (EcoRes)	53
Figure 56. Présentation des déterminants de la santé selon le modèle de Dahlgren et Whitehead (1991).	55
Figure 57. Pénurie de médecins en Région de Bruxelles-Capitales (Missine et Luyten, 2018).....	56
Figure 58. Recommandation de l'IRM en fonction du code couleur des fortes chaleurs (IRM, 2020b).	57

Figure 59. Projet de flyers « Fortes chaleurs » (Commun de Woluwe-Saint-Pierre)	58
Figure 60. Concentration de black carbon dans les principales rues de la Région bruxelloise lors des heures de pointes matinale et vespérale, période de référence 2014 - 2016 (Bruxelles Environnement).....	59
Figure 61. Occurrence des pics de pollution hivernaux bruxellois entre novembre 2009 et mars 2017 (Bruxelles Environnement, 2018b).....	60
Figure 62. Implantation connue de l'Aedes Albopictus (Source : European Centre for Disease Prevention and Control).....	61
Figure 63. Évolution de la consommation finale totale dans la Région de Bruxelles-Capitale depuis 1990, avec et sans correction climatique(Bruxelles Environnement, 2020).....	62
Figure 64. Pourcentage de couverture végétale des îlots de la commune de Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement).....	65
Figure 65. Feuille de maronnier touché par le cameria ohridella (EcoRes)	67
Figure 66. Adéquation potentielle du hêtre aux conditions stationnelles de 2000 et de 2100 (Plan de gestion de la Forêt de Soignes bruxelloise).....	68
Figure 67. Evaluation des vulnérabilités au changement climatique de la commune de Woluwe-Saint-Pierre	70

1 - Remerciements

1 Remerciements

Les bureaux d'études CO2logic et EcoRes remercient vivement le Collège des Bourgmestre et Echevins, le Comité de direction, le Président du CPAS et son Secrétaire Général, et le personnel de la Commune et du CPAS de Woluwe-Saint-Pierre qui, de par leurs contributions au travers d'interviews et/ou transmissions d'informations clefs, ont contribué à la réalisation de ce diagnostic.

2 Introduction

2.1 Contexte et enjeux

L'atténuation et l'adaptation sont les deux réponses conjointes au changement climatique mais diffèrent fondamentalement en plusieurs points. **L'atténuation vise à limiter l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'adaptation vise à réduire la vulnérabilité des systèmes ou territoires par des actions** qui permettent de réduire les impacts effectifs du changement climatique ou d'améliorer la capacité de réponse de la société.

John Holdren, President of the American Association for the Advancement of Science

- ⌘ ***'We basically have three choices – mitigation, adaptation, and suffering.***
- ⌘ ***We're going to do some of each. The question is what the mix is going to be.***
- ⌘ ***The more mitigation we do, the less adaptation will be required, and the less suffering there will be.'***

Figure 1. Citation de John Holdren visant à situer l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, Association for the Advancement of Science

Les travaux du GIEC ont montré que les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines étaient responsables du changement climatique en cours. Selon leurs projections, **le réchauffement pourrait atteindre jusqu'à 4°C en moyenne à la surface du globe à l'horizon 2100** en fonction des trajectoires d'émissions retenues et une grande certitude d'atteindre les +1,5°C entre 2030 et 2052. Les conséquences économiques et environnementales d'un réchauffement de +1,5°C sont décrites comme importantes. Les conséquences d'un réchauffement de +2°C sont cependant sans commune mesure, les impacts n'étant en effet pas linéaires. Il aurait pour conséquence de mettre en péril de nombreuses populations (engendrant des déplacements), et occasionnerait des coûts importants.

2.2 L'adaptation au changement climatique

Plus précisément, l'adaptation au changement climatique d'un territoire est une démarche itérative globale partant d'un **diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et identifiant les actions à mettre en œuvre pour réduire les conséquences de ces vulnérabilités.**

Pour se faire, les aléas climatiques – c'est-à-dire la température / la pluviométrie moyenne ou dans leurs excès¹ - sont croisés avec les caractéristiques propres du territoire (les enjeux). Il en ressort les vulnérabilités (risques) les plus pertinents.

¹ On parle alors respectivement d'aléas tendanciels et d'aléas extrêmes

2 - Introduction

2.3 Approche par descente d'échelle

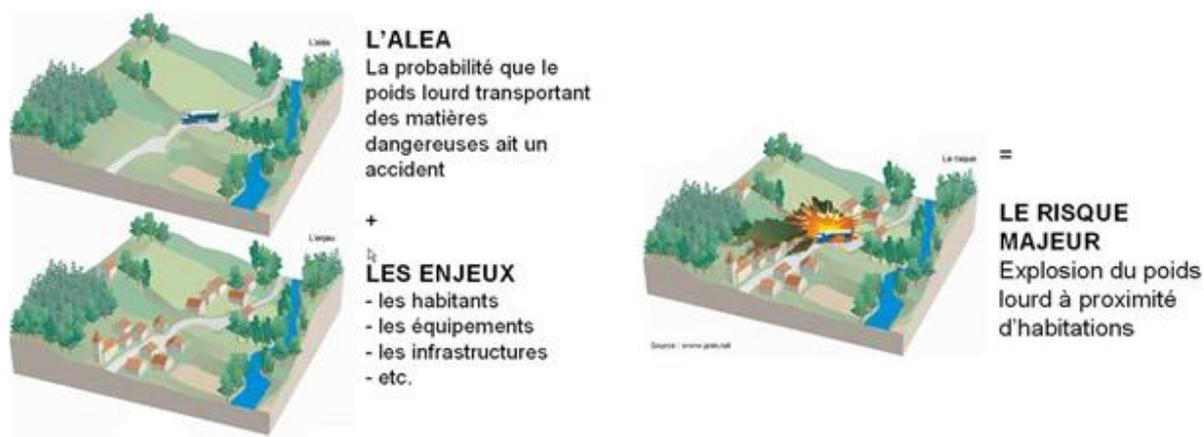


Figure 2. Représentation d'un aléa, des enjeux et du risque associé (Pris)

Contrairement au volet atténuation qui s'envisage sur des durées relativement courtes (10 à 20 ans pour les plus ambitieux), **l'adaptation au changement climatique pour un territoire est aussi une démarche de temps long** car certaines composantes du territoire comme l'urbanisme évoluent « lentement »².

2.3 Approche par descente d'échelle

Dans le cadre de l'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation » (Bruxelles Environnement, 2012), un **diagnostic de vulnérabilité au changement climatique a été établi**. Ce dernier renseigne pour le territoire régional sur les enjeux à **court, moyen et long terme** sur les thématiques suivantes :

- Infrastructures et aménagement du territoire ;
- Ressources en eau ;
- Santé ;
- Energie ;
- Biodiversité et forêt ;
- Tourisme.

Ce diagnostic est issu du croisement des caractéristiques intrinsèques du territoire régional avec les projections climatiques. Il offre un **panorama général des impacts prégnants** à des horizons de long terme :

² Le taux de renouvellement est de 1 à 2% par an, il faut donc au moins 50 ans pour « refaire » un territoire.

2 - Introduction

2.3 Approche par descente d'échelle

Projection humide	2030	2050	2080				
Proj. Moyenne	2030	2050	2080				
Projection sèche			2030	2050			
Hausse T°	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Santé	Risques sanitaires liées aux épisodes caniculaires						
	Risques sanitaires liées aux vagues de froid						
	Risques sanitaires liés à la qualité de l'air (été)						
	Risques sanitaires liés à la qualité de l'air (hiver)						
	Maladies allergènes						
	Maladies infectieuses						
	Maladies hydriques						
Aménagement du territoire / infrastructures	Risque inondation hivernal						
	Risque inondation estival						
	Perturbation T ou dégâts infrastructures en cas de gel et neige						
	Endommagement infrastructures lié aux fortes chaleurs (déformation rail etc.)						
	Perturbation navigation en période d'étiage						
	Risque d'îlot de chaleur urbain						
Biodiversité et forêts	Endommagement des infrastructures en raison de tempêtes (chutes d'arbres)						
	Translation des aires de répartition (forêt en particulier)						
	Menace supplémentaire sur la fragmentation des habitats						
	Variation de la production de bois						
	Risques sanitaires (augmentation fréquence des pullulations, invasions)						
	Dégradation des milieux aquatiques						
Energie	Risques de dégâts aux peuplements liés aux événements extrêmes						
	Consommation énergétique liée au chauffage						
	Consommation énergétique liée au besoin de refroidissement						
	Intégrité et capacité des réseaux de distribution et transports						
	Risques liés à la gestion du réseau électrique interconnecté						
Ressources en eau	Modification du potentiel de production photovoltaïque						
	Variation des nappes en RBC						
	Variation de l'approvisionnement en eau en provenance de la région wallonne						
	Etiages et eutrophisation						
	Dégradation de la qualité des eaux de surface en lien avec des étiages importants						
Tourisme	Pollution des nappes consécutive au lessivage ou remontée de nappe						
	Attractivité de la destination aux intersaisons						
	Attractivité de la destination en période estivale						
	Consommation énergétique liée aux besoins de chauffage						
	Consommation énergétique liée aux besoin de refroidissement						
Legende	Evolution de la qualité des espaces verts en RBC						
	vulnérabilité très forte						
	vulnérabilité forte						
	vulnérabilité moyenne						
	vulnérabilité faible ou incertaine						
opportunité							

Figure 3. Vision temporelle des effets du changement climatique pour la Région de Bruxelles-Capitale (Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles-Capitale : élaboration d'une étude préalable à la rédaction d'un plan régional d'adaptation, Bruxelles Environnement 2012)

2 - Introduction

2.3 Approche par descente d'échelle

Ces effets ont été ensuite mis sous forme d'orientations stratégiques :

- Anticiper et s'adapter à la chaleur en ville et dans l'espace public ;
- Renforcer et adapter la gestion de l'eau et de ses impacts à la nouvelle donne climatique ;
- Renforcer la préservation de la biodiversité et améliorer la résilience des écosystèmes.

S'il est évident que **ce diagnostic régional a une pertinence forte pour le territoire de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre**, il n'est pas suffisant pour en saisir tous les effets locaux. Ce diagnostic communal vise alors à croiser les effets constatés à l'échelle régionale avec les caractéristiques du territoire communal. Il s'agit de préciser les impacts au niveau local par le biais d'une descente d'échelle au travers de différents outils :

- Cartographies ;
- Statistiques ;
- Entretiens spécifiques ;
- Bibliographies ;
- Etc.

Concrètement, une conséquence identifiée du changement climatique pour la Région de Bruxelles-Capitale est le développement des périodes de fortes chaleurs renforcées par le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Pour Woluwe-Saint-Pierre, la descente d'échelle s'effectue de la manière suivante :

- Identification des espaces les plus concernés par le phénomène d'ICU (notamment au travers d'études spécifiques³) ;
- Identification des enjeux concernés par le phénomène : en priorité les personnes fragiles (jeunes enfants, personnes âgées et/ou isolées, malades), habitat, activité économique, etc. ;
- Analyse de la prise en charge des périodes de fortes chaleurs au sein des établissements concernés, des dispositifs en place, etc.

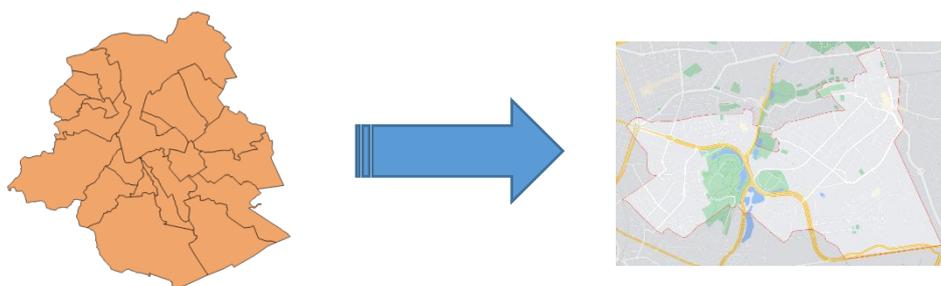


Figure 4 : Illustration de la descente d'échelle de la Région de Bruxelles-Capitale vers Woluwe-Saint-Pierre (EcoRes avec QGis, google maps)

³ Depuis l'étude régionale, trois travaux de recherche concernant l'îlot de chaleur urbain ont été réalisés sur le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale (voir § L'aléa fortes chaleurs / microclimat urbain).

2 - Introduction

2.4 Scénarii RCP

2.4 Scénarii RCP

Les **projections climatiques** permettant d'envisager le climat futur nécessaire pour le volet adaptation sont initialement **basées sur des scénarii d'émissions de gaz à effet de serre**. Ainsi, le 5^{ème} rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) en a envisagé quatre dit Representative Concentration Pathways⁴ (RCP). Ces scénarii RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 et RCP 8.5 font écho au forçage radiatif⁵ lié au GES exprimé en W / m^2 à l'horizon 2100.

On peut mettre ces scénarii d'émissions de gaz à effet de serre en regard du volet atténuation du Plan Climat de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre (voir rapport ad hoc).

- RCP 2.6 : scénario optimiste avec des réductions drastiques d'émissions de GES permettant de contenir le réchauffement à 2°C (pic puis déclin des émissions de GES) ;
- RCP 4.5 et RCP 6 : scénario intermédiaire d'émissions de GES ;
- RCP 8.5 : scénario pessimiste sans réduction des émissions de GES.

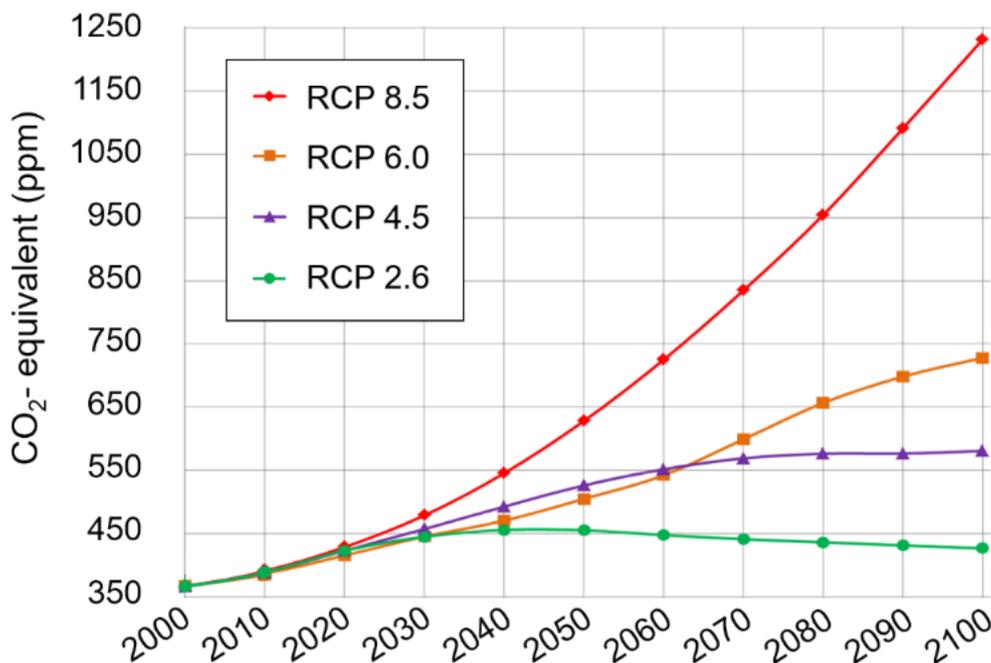


Figure 5. Evolution des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère en partie par million (ppm) pour les scénarios d'émissions de GES RCP2.6, RCP 4.5, RCP 6 et RCP 8.5 (GIEC)

⁴ Profils représentatifs d'évolution de concentration

⁵ Le rayonnement solaire incident sur la Terre est de 341,3 W/m², le mécanisme naturel d'effet de serre permet d'avoir une température moyenne de 15°C, sans cela il ferait -18°C. Le forçage radiatif du CO₂ est additionnel à l'effet de serre naturel.

3 - Tendances climatiques

3.1 Evolutions récentes

3 Tendances climatiques

3.1 Evolutions récentes

Le climat d'un territoire repose sur des observations moyennes sur 30 ans à la différence de la météo qui rend compte du temps de l'instant présent à quelques jours. La classification des climats de Köppen⁶ indique que la Belgique - a fortiori la **Commune de Woluwe-Saint-Pierre** - a un **climat océanique tempéré**. Cela signifie que l'influence maritime (perturbée) est prépondérante avec des pluies fréquentes et régulières tout au long de l'année et une amplitude thermique « faible » entre l'hiver et l'été (en comparaison d'autres climats types).

A l'échelle de la Belgique, les observations de l'Institut Royal Météorologique (IRM) depuis 1833 sur la station d'Uccle permet d'établir des tendances à la fois sur l'évolution des températures et l'évolution du régime de précipitations⁷ :

- **Une augmentation de plus de 2,5°C de la température moyenne** avec notamment une première augmentation durant la première partie du XX^{ème} siècle et une seconde depuis les années 1980.

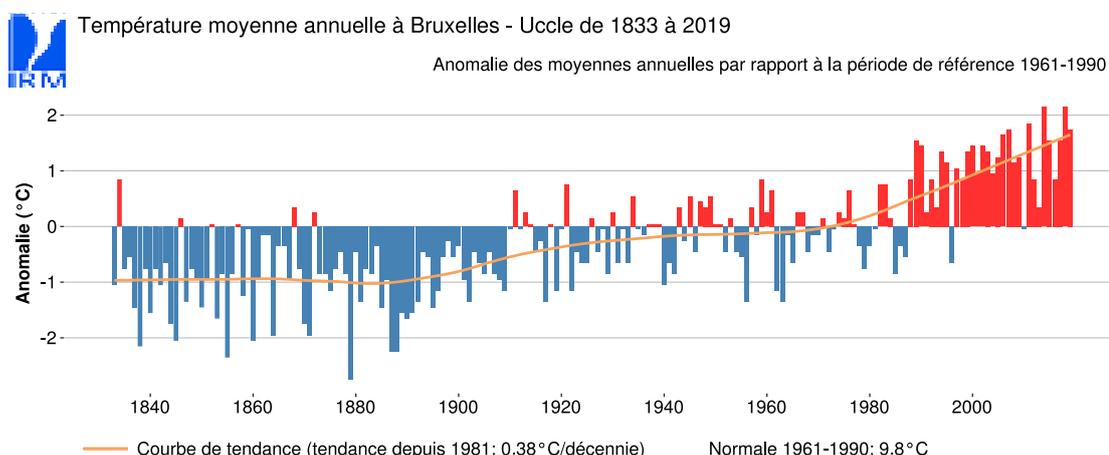


Figure 6. Température moyenne annuelle à Uccle sur la période 1833 – 2019

- Cette augmentation de température est accompagnée d'une **fréquence plus importante de jours d'été et des vagues de chaleur** depuis les années 90 tout en remarquant une première tendance similaire lors de la première moitié du XX^{ème} siècle.

⁶ La classification de Köppen est une classification des climats fondée sur les précipitations et les températures. C'est la plus courante des classifications climatiques dans sa version présentée par Rudolf Geiger en 1961. (Source : Wikipédia)

⁷ [Rapport climatique 2020 de l'information aux services climatiques](#), IRM, 2020

3 - Tendances climatiques

3.1 Evolutions récentes

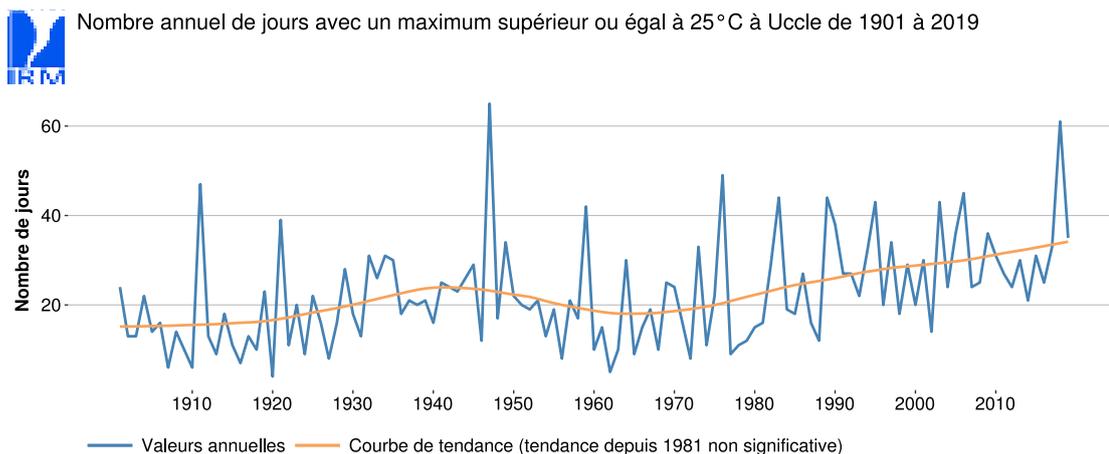


Figure 7. Nombre de jours avec un maximum supérieur ou égal à 25°C à Uccle de 1901 à 2019

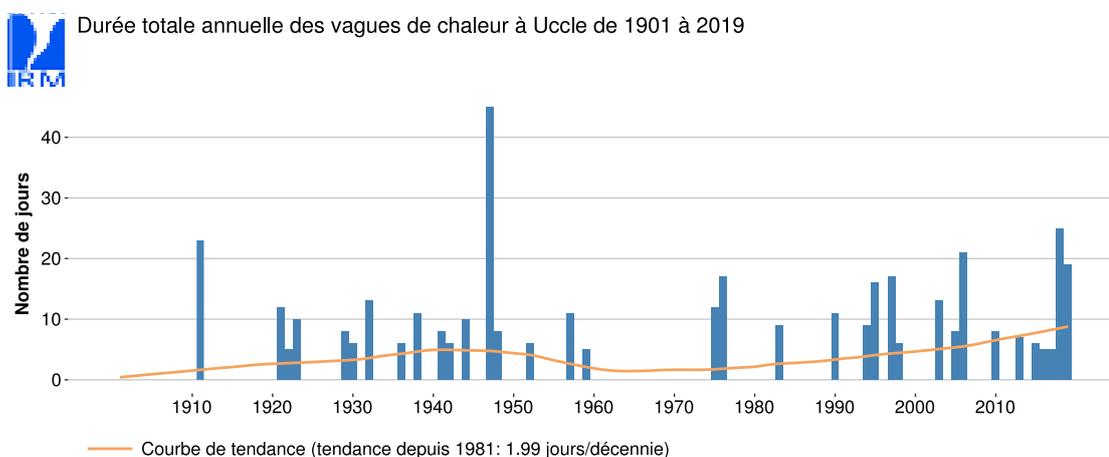


Figure 8. Durée totale annuelle des vagues de chaleur à Uccle de 1901 à 2019

- Depuis le début des années 70, la **fréquence des vagues de froid a diminué significativement**. Une observation similaire est constatée avec le nombre de jours de gel ainsi que l’allongement de la période sans jour de gel (au cours de l’hiver, le premier jour de gel arrive plus tardivement tandis que le dernier jour de gel arrive plus précocement).

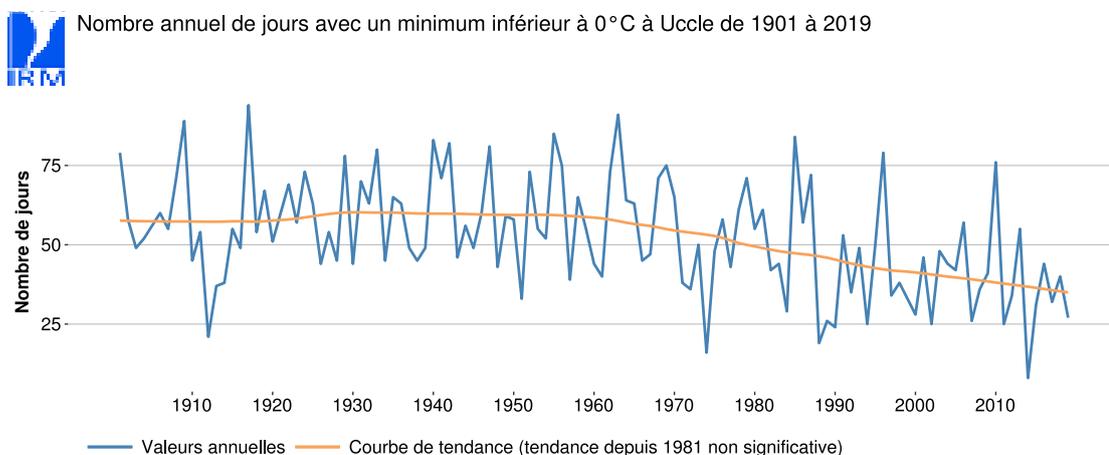


Figure 9. Nombre annuel de jours avec un minimum inférieur à 0°C à Uccle de 1901 à 2019

3 - Tendances climatiques

3.1 Evolutions récentes



Durée totale annuelle des vagues de froid à Uccle de 1901 à 2019

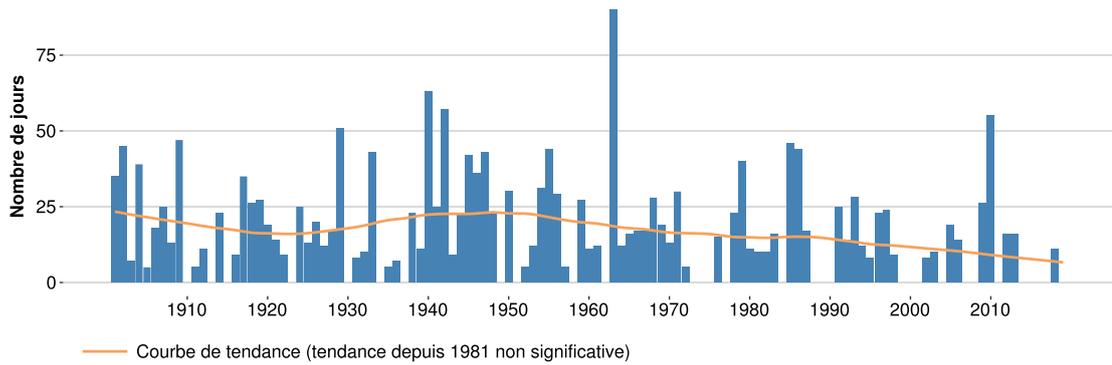


Figure 10. Durée totale annuelle des vagues de froid à Uccle de 1901 à 2019

- Un **saut de cumul des précipitations est détecté vers 1910 (augmentation de 7%)** qui correspond à une **augmentation des cumuls hivernaux et printaniers d'environ 15%**. Il n'y a pas de tendance pour l'été et l'automne.



Quantités de précipitations annuelles à Bruxelles - Uccle de 1833 à 2019

Anomalie des cumuls annuels par rapport à la période de référence 1961-1990

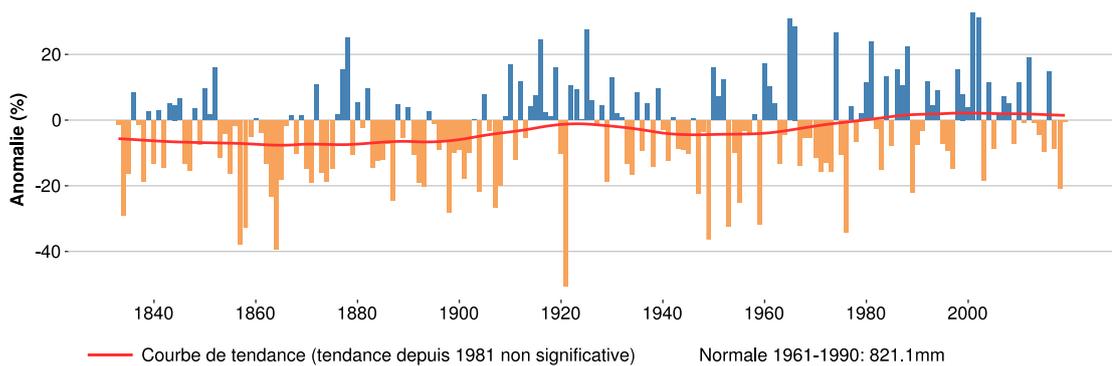


Figure 11. Quantité de précipitations annuelles à Bruxelles – Uccle sur la période 1833 - 2019

- **Les pluies abondantes (cumul quotidien supérieur à 20 mm) ainsi que les extrêmes horaires sont plus fréquentes depuis 1981.**



Nombre de jours de fortes précipitations durant l'été à Uccle de 1892 à 2019

Un jour de fortes précipitations est défini ici comme un jour avec 20mm ou plus.

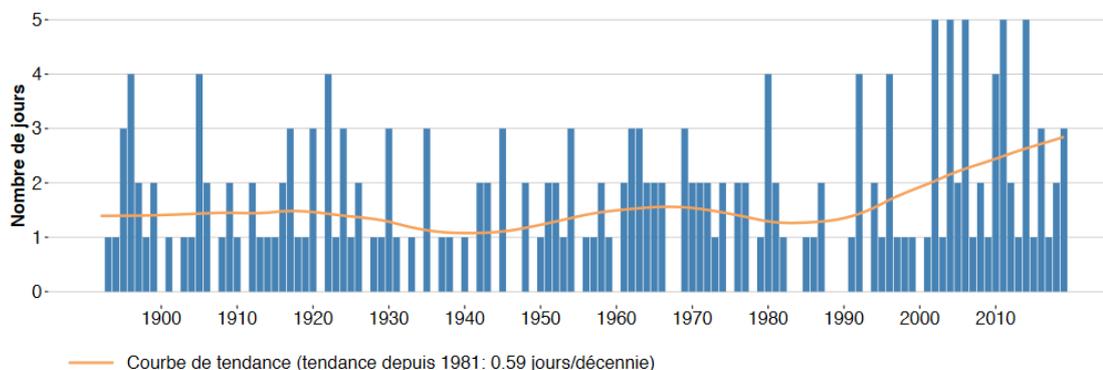


Figure 12. Nombre de jours de fortes précipitations à Uccle sur la période 1892 – 2019

3 - Tendances climatiques

3.1 Evolutions récentes

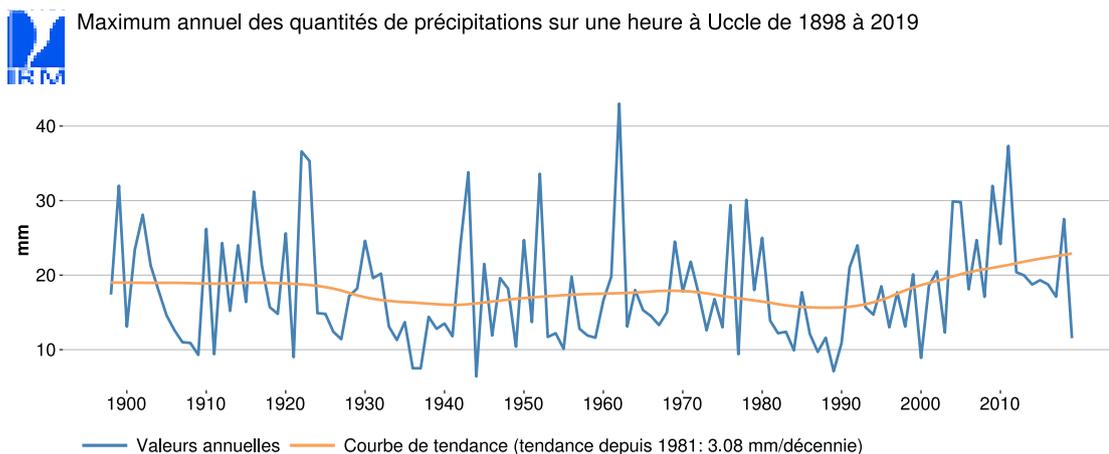


Figure 13. Maximum annuel des quantités de précipitations sur une heure à Uccle sur la période 1898 – 2019

- On observe une **très forte variabilité d'une année sur l'autre en ce qui concerne les précipitations neigeuses**, il y a certes **une tendance à la baisse** depuis le début des relevés mais on peut noter que le début des années 2010 fut très neigeux et l'année 2010 a constitué un record.

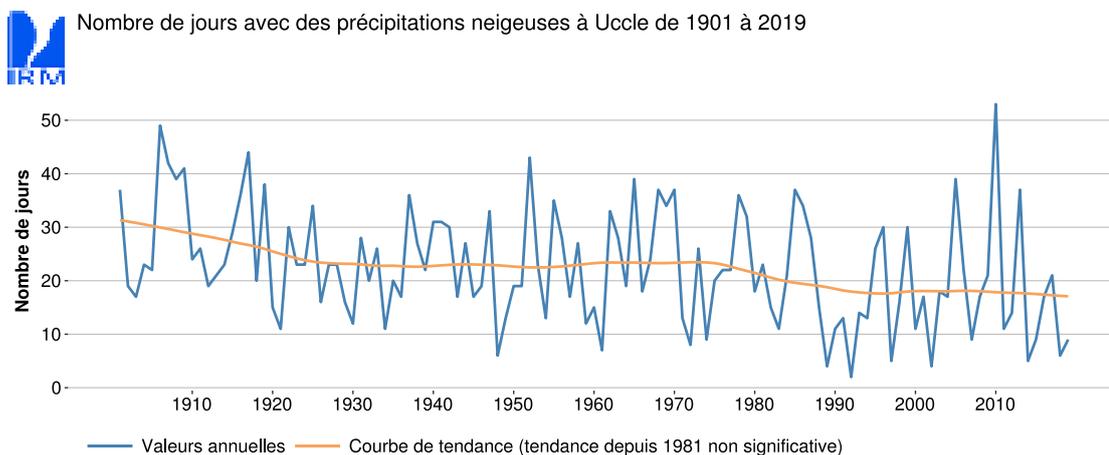


Figure 14. Nombre de jours des précipitations neigeuses à Uccle sur la période 1901 – 2019

- On observe une **très forte variabilité d'une année sur l'autre en ce qui concerne les jours de tempête** (vent dépassant le seuil de 80 km/h) avec une **tendance à la baisse** depuis 1981.

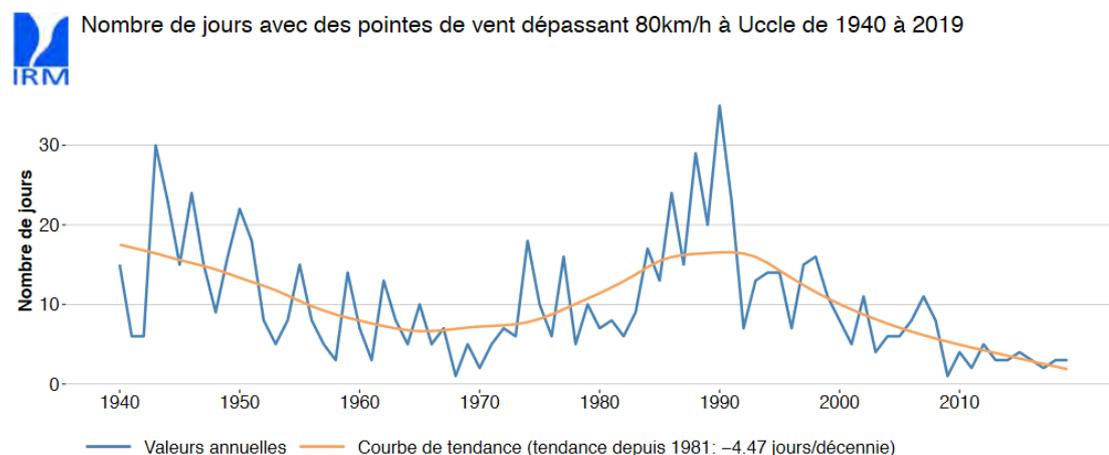


Figure 15. Nombre de jours avec des pointes de vent dépassant 80 km/h à Uccle sur la période 1940 – 2019

3 - Tendances climatiques

3.2 Projections climatiques

3.2 Projections climatiques

La concentration de GES dans l'atmosphère est l'une des données d'entrée des modélisations climatiques. Le projet CORDEX⁸ a réuni plusieurs équipes belges et a exploité plusieurs modèles climatiques. Il en résulte que **l'on dispose pour la Belgique de plusieurs projections variant selon les modèles climatiques et les scénarii d'émissions de GES (RCP).**

Via le projet CORDEX, ce sont jusqu'à six modèles climatiques qui permettent de renseigner sur le futur climat possible en Belgique. Il est pertinent d'avoir plusieurs modèles pour envisager l'incertitude des projections climatiques et donc, in fine, mieux comprendre dans quel sens le climat va évoluer.

Les indicateurs climatiques permettent de **dégager des informations sur les aléas tendanciels** (évolution des températures et régime de précipitations) puis **sur les aléas extrêmes** (fortes chaleurs, inondations, sécheresse, etc.).

3.2.1 Evolution des températures

L'indicateur climatique le plus utilisé pour caractériser l'évolution du climat est la température moyenne, il permet de rendre compte de l'évolution de climat dans son ensemble mais ne permet évidemment pas d'envisager les extrêmes de température (jour de gel ou jour de forte chaleur par exemple).

L'évolution des températures moyennes hivernales est progressive selon le scénario RCP : d'une augmentation de 0,7°C à 1,7°C pour le scénario RCP 2.6 à une augmentation de 2,7°C à 3,8°C pour le scénario RCP 8.5. Pour situer la Commune de Woluwe-Saint-Pierre dans cette évolution, selon les normales climatiques, la température moyenne hivernale⁹ est de 4°C, cela signifie que la température moyenne hivernale pourrait se situer entre 4,7°C et 7,8°C (scénario RCP 2.6 à RCP 8.5).

Pour compléter l'évolution de la température moyenne hivernale, l'évolution du nombre de jours de gel¹⁰ est pertinente. En effet, il ne s'agit plus d'une moyenne mais représente un effet de seuil. L'évolution du nombre de jours de gel pour la fin du siècle est identique (RCP 2.6 et RCP 4.5) ou proche (RCP 6) avec respectivement – 12 jours et – 13 jours de gel en période hivernale. En ce qui concerne le **scénario RCP 8.5, la baisse du nombre de jours de gel est plus marquée avec une réduction de 16 jours.** Cela représente une baisse significative en regard des normales climatiques du territoire de Woluwe-Saint-Pierre (44,6 jours de gel par an en période hivernale¹¹).

L'évolution des températures moyennes estivales est aussi progressive selon le scénario RCP mais l'amplitude est plus forte : de +0,6°C à +2,6°C selon le scénario RCP 2.6 à **+2,7°C à 5,6°C pour le scénario RCP 8.5.** Selon les normales climatiques de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre, la température moyenne estivale¹² est de 18°C, cela signifie que la température estivale pourrait se situer entre 18,6°C et 23,6°C (scénario RCP 2.6 à RCP 8.5).

Deux indicateurs de type seuil comme pour le nombre de jours de gel complète l'évolution de la température moyenne estivale, il s'agit de l'évolution du nombre de jours avec une température

⁸ Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment and beyond , <http://cordex.meteo.be/>

⁹ L'hiver climatique est constitué des mois de décembre, janvier et février, il diffère donc de l'hiver calendaire.

¹⁰ Un jour de gel est un jour où la température minimale est inférieure à 0°C.

¹¹ Statistiques climatiques des communes belges – Woluwe-Saint-Pierre (IRM), valable pour toutes les données climatiques de Woluwe-Saint-Pierre de ce chapitre.

¹² L'été climatique est constitué des mois de juin, juillet et août, il diffère donc de l'été calendaire.

3 - Tendances climatiques

3.2.2 Evolution des précipitations

maximale supérieure à 25°C (on parle de jour d'été) et de l'évolution du nombre de jours avec une température maximale supérieure à 30°C (on parle de jour de chaleur) :

- **Le nombre de jours avec une température supérieure à 25°C** aurait une augmentation similaire pour les scénarii RCP 2.6 et CP 4.5 avec respectivement + 22 jours et + 24 jours, les scénarios RCP 6 et RCP 8.5 aurait des augmentations nettement plus importantes avec respectivement + 45 jours et + 58 jours. Aujourd'hui, selon les normales climatiques, le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 25°C à Woluwe-Saint-Pierre est de 32,8 jours par an.
- **Le nombre de jours avec une température supérieure à 30°C** augmenterait selon les scénarii RCP : +7 jours pour le scénario RCP 2.6, +12 jours pour le scénario RCP 4.5, +19 jours pour le scénario RCP 8.5. Selon les normales climatiques, le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 30°C à Woluwe-Saint-Pierre est actuellement de 6,1 jours par an.

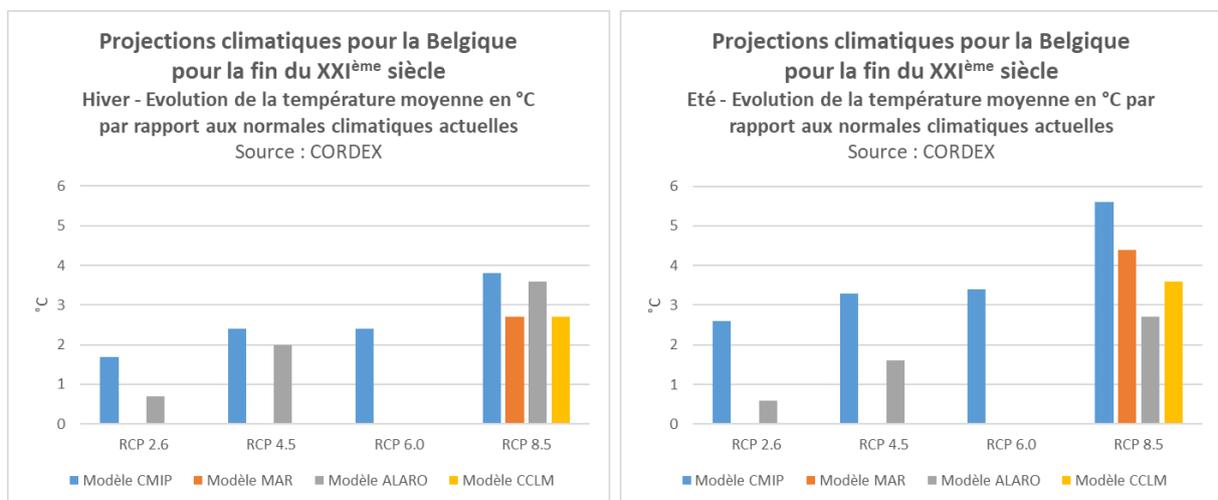


Figure 16. Evolution de la température moyenne en hiver et en été en Belgique à l'horizon 2100 (Cordex)

3.2.2 Evolution des précipitations

L'évolution du régime des précipitations pourraient être très différentes suivant les périodes de l'année. En hiver, le cumul des précipitations serait :

- Légèrement plus important selon le scénario RCP 2.6 avec une augmentation de +2% à +9% ;
- Modérément plus important selon les scénarii RCP 4.5 et RCP 6 avec une augmentation de +11% à +13% ;
- **Significativement plus important selon le scénario RCP 8.5 avec une augmentation de +14% à +25%.**

Pour situer Woluwe-Saint-Pierre dans cette évolution, selon les normales climatiques, le cumul de précipitation hivernale est de 220,6 mm, cela signifie que les précipitations hivernales pourraient augmenter entre 4,4 mm et 54,9 mm (scénario RCP 2.6 à RCP 8.5).

Si les différentes projections climatiques par scénario RCP sont assez convergentes en ce qui concerne les cumuls de précipitations hivernales, l'évolution du nombre de jours avec des précipitations (seuil de 0,1 mm) est nuancée : certains modèles climatiques pour différents scénarii RCP les envisageant sans ou avec une très faible augmentation mais certains modèles envisagent des augmentations (jusqu'à 6% de jours supplémentaires avec précipitation).

3 - Tendances climatiques

3.2.2 Evolution des précipitations

Toutes les projections climatiques selon les différents scénarii RCP envisagent une augmentation de l'occurrence des fortes précipitations en hiver, la tendance étant plus forte du scénario RCP 2.6 au scénario 8.5 :

- +5% à +10% d'occurrence pour le scénario RCP 2.6 ;
- +7% à +19% d'occurrence pour le scénario RCP 4.5 ;
- +10% pour le scénario RCP 6 ;
- **+14% à 41% pour le scénario RCP 8.5.**

En ce qui concerne les **précipitations estivales**, la tendance de l'évolution du régime des précipitations estivales est inverse par rapport aux précipitations hivernales avec une **diminution attendue des volumes** (il y a néanmoins moins de convergences entre les modèles et les scénarii RCP) :

- De -6% à +6% pour le scénario RCP 2.6 ;
- De -12% à +1% pour le scénario RCP 4.5 ;
- -28% pour le scénario RCP 6 ;
- **De-30% à +7% pour le scénario RCP 8.5.**

Les normales climatiques pour Woluwe-Saint-Pierre étant de 223,8 mm, cela correspond à une possible diminution de 67,1 mm à une augmentation de 15,6 mm.

Si on constate un peu de divergence sur le cumul de précipitations en période estivale, le nombre de jour avec des précipitations (seuil de 0,1 mm) est à la baisse pour tous les modèles ainsi que tous les scénarii RCP, l'amplification étant progressive : de -5% à -2% pour le scénario RCP 2.6, de -14% à -7% pour le scénario RCP 4.5, -28% pour le scénario RCP 6 et de -32% à -8% pour le scénario RCP 8.5.

L'ensemble des projections climatiques selon les différents scénarii RCP envisagent **une augmentation de l'occurrence des fortes précipitations en été** mais dans des proportions moins importantes en comparaison de l'hiver :

- +1% à +6% d'occurrence pour le scénario RCP 2.6 ;
- +2% à +9% d'occurrence pour le scénario RCP 4.5 ;
- +6% pour le scénario RCP 6 ;
- **+2% à 17% pour le scénario RCP 8.5.**

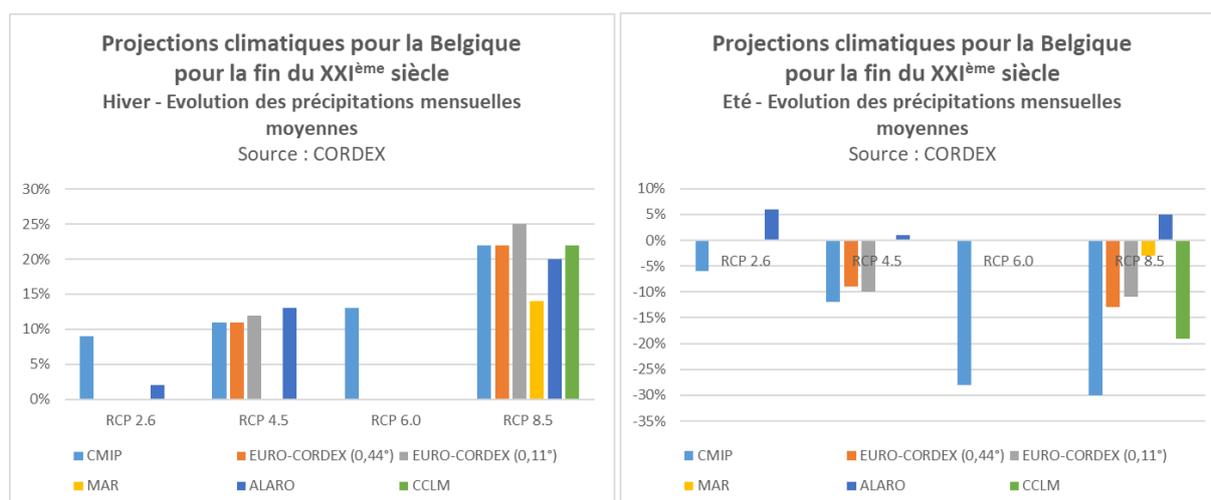


Figure 17. Evolution du cumul de précipitations hivernales et estivales en Belgique à l'horizon 2100 (Cordex)

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3 Les aléas extrêmes

Les aléas extrêmes en « opposition » aux aléas tendanciels¹³ sont les suivants :

- Fortes chaleurs – micro-climat urbain ;
- Inondations ;
- Sécheresse ;
- Tempête ;
- Feux de forêt et d'espaces verts ;
- Mouvement de terrain ;
- Surcote marine (submersion temporaire)¹⁴.

Il s'agit ici de caractériser le climat et de se concentrer sur l'analyse des aléas climatiques directs et indirects, présents et à venir pour Woluwe-Saint-Pierre.

3.3.1 L'aléa fortes chaleurs : un aléa renforcé par le phénomène d'îlot de chaleur urbain

En climatologie, une **vague de chaleur** intervient à partir du moment où la température dépasse 25°C au moins 5 jours de suite dont au moins 3 jours avec 30°C ou plus (IRM, 2020c). Ce phénomène n'est pas rare en région bruxelloise et tend à être plus fréquent depuis le début des années 1990¹⁵ (IRM, 2020c).

Le caractère urbain d'un espace, a fortiori celui de Woluwe-Saint-Pierre, influence et modifie plusieurs phénomènes physiques comme le rayonnement solaire, l'écoulement du vent ou l'humidité qui interagissent avec les aménagements, les matériaux de construction ou encore les activités humaines (HAL, 2012). Selon l'organisation du territoire, ces modifications **peuvent aller jusqu'à engendrer des microclimats, notamment l'îlot de chaleur urbain (ICU)** : il se ressent dès lors qu'il y a une conjonction d'éléments permettant l'accumulation de chaleur et une limitation de l'évapotranspiration, typiquement avec d'importantes surfaces imperméabilisées et une faible végétalisation.

¹³ Voir § cadre conceptuel et méthodologique.

¹⁴ Sans objet pour la Commune de Woluwe-Saint-Pierre.

¹⁵ Cf. § tendances climatiques à l'échelle régionale.

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

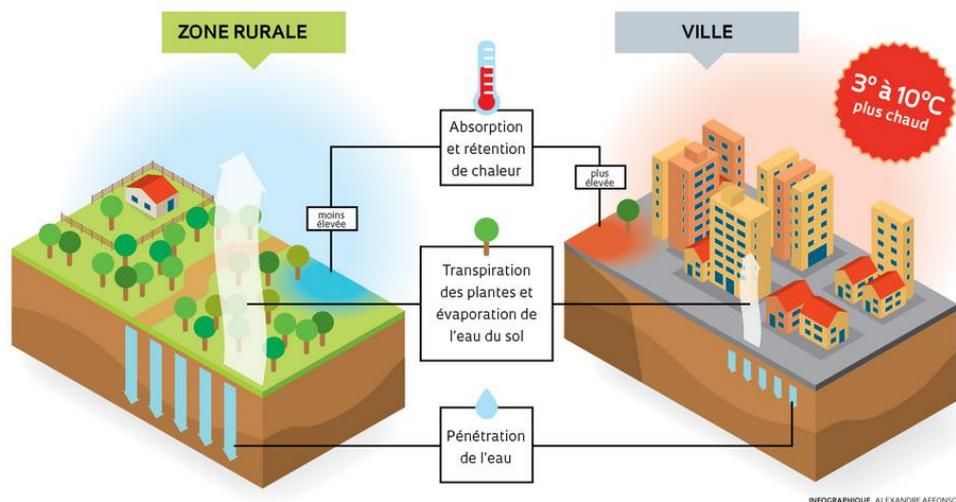


Figure 18. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain (Pesquisa).

Trois études récentes ont été menées sur la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) en ce qui concerne l'ICU :

- Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods: Brussels's future urban heat island under an A1B emission scenario (Hamdi et al., 2013);
- Assessing the current and future urban heat island of Brussels (Lauwaet et al., 2016).
- Cartographie des ilots de fraîcheur dans la Région de Bruxelles-Capitale (Lauwaet et De Ridder, 2018). Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement.

Celles-ci ont permis d'avancer sur la connaissance du phénomène :

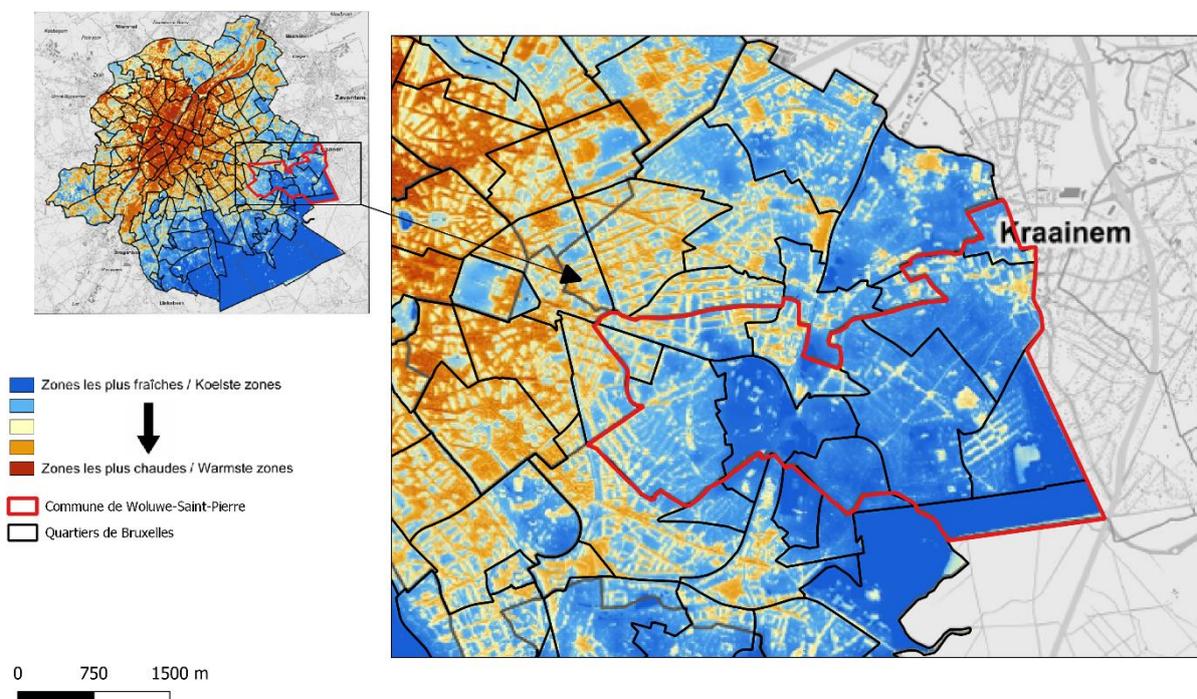


Figure 19. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2018)

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

En regard de la région bruxelloise, Woluwe-Saint-Pierre apparait principalement comme un îlot de fraîcheur. Il convient néanmoins de porter un regard plus détaillé, en effet, certaines zones voire quartiers de Woluwe-Saint-Pierre participe au phénomène d'îlot de chaleur urbain, notamment :

- Le quartier Centre et, dans une moindre mesure, le quartier Saint Michel avec une imperméabilisation forte (respectivement 60% et 45% à 66%, Monitoring des quartiers) et une faible couverture végétale des voiries ;

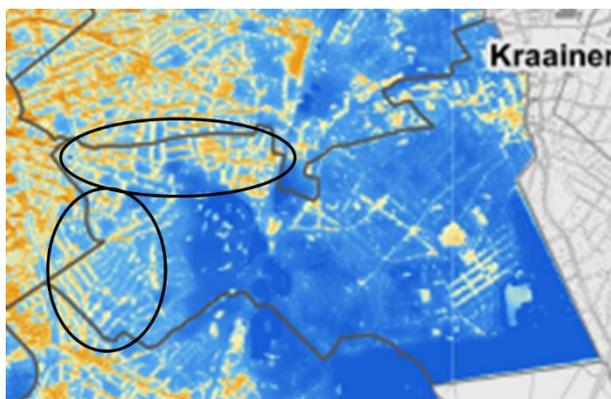


Figure 20. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour le quartier centre et le quartier Saint Michel de Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2018)

- Le quartier Stockel entre la place Dumon et le parking au nord de la zone commercial est une zone particulièrement urbanisée et remarquable sur la carte d'îlot de chaleur urbain ;

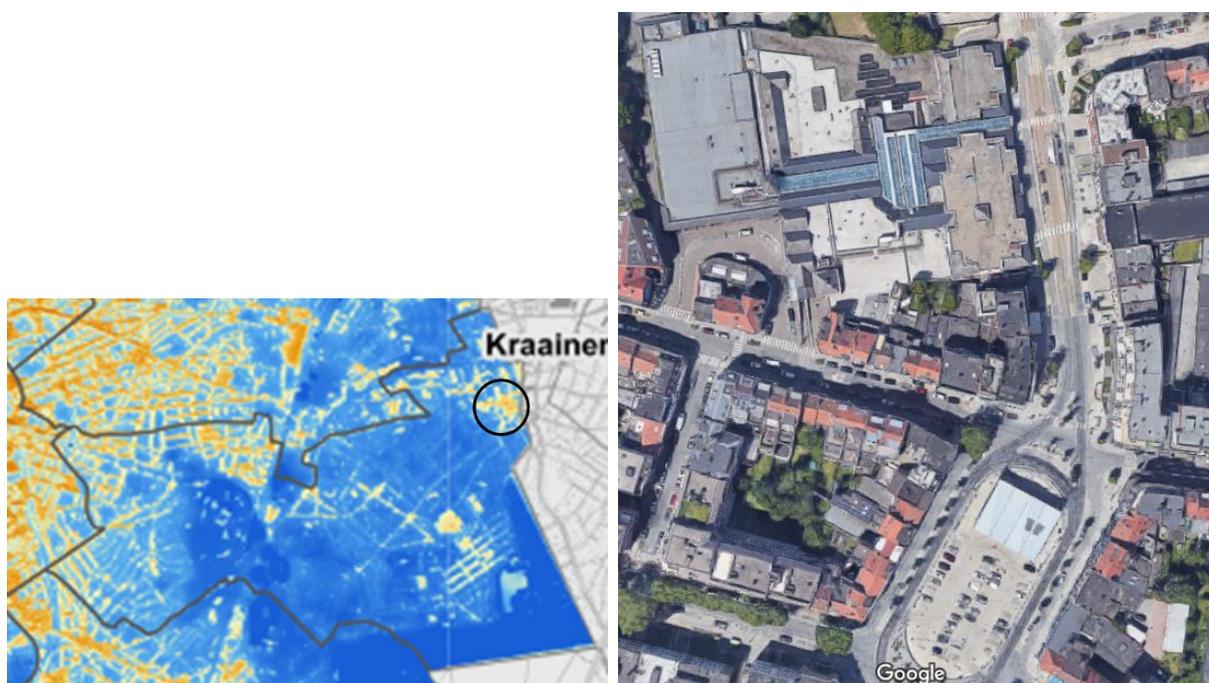


Figure 21. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour Stockel (Bruxelles Environnement, 2018, google map)

- L'îlot très imperméabilisé entre les rues Kelle, David Van Bever et Remi Fraeyman ;

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

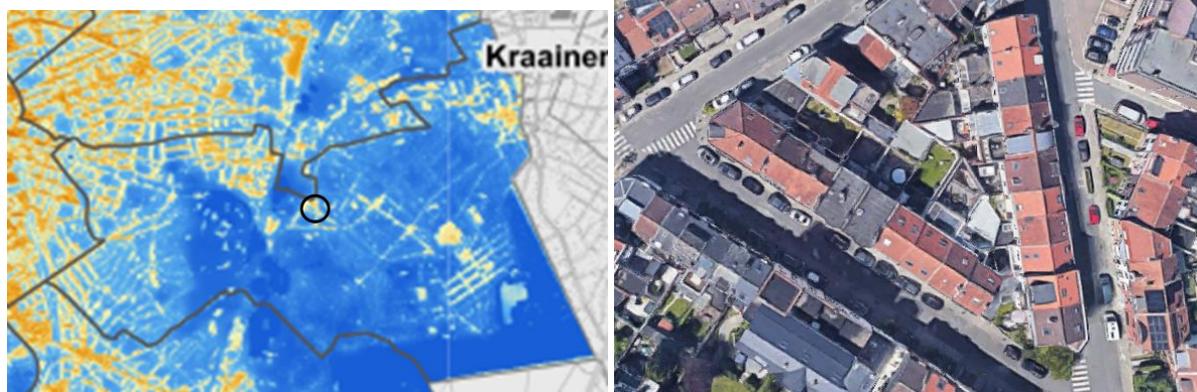


Figure 22. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour un îlot imperméabilisé entre les rue Kell, David Van Bever et Remi Fraeyman (Bruxelles Environnement, 2018, google map)

Certaines zones apparaissent sur la carte et peuvent surprendre comme le Musée du Transport Urbain Bruxellois ou des équipements sportifs. En effet, le musée n'est pas si étendu que cela et les équipements sportifs pourraient laisser penser que ce sont plutôt des lieux frais (terrain synthétique ?).

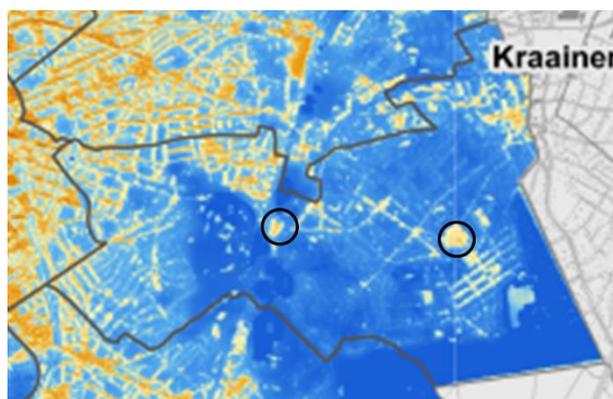


Figure 23. Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain pour le Musée du Transport Urbain Bruxellois et pour des équipements sportifs (Bruxelles Environnement, 2018)

Woluwe-Saint-Pierre dispose d'une réserve foncière importante notamment sur de grands terrains pouvant être divisés. En regard de la **situation globalement favorable du phénomène d'îlot de chaleur urbain, il s'agit d'un facteur qui peut altérer cette situation** si les aménagements ne sont pas envisagés sous le prisme de ce phénomène.

Le taux de couverture végétale des voiries est d'environ 8%¹⁶, cette situation se visualise au travers de la carte ci-dessous. A Woluwe-Saint-Pierre, tous les arbres d'alignement sont taillés¹⁷, le rythme variant selon la taille de l'arbre : au moins tous les deux ans pour les petits par exemple. Cela répond

¹⁶ Espaces Verts

¹⁷ Espaces Verts

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

à des contraintes pratiques : passage des camions poubelles notamment mais aussi pour ne pas porter de contraintes / gênes auprès des bâtiments. Ainsi, dans certains cas, les arbres d'alignement ont pour principales vertus d'apporter des supports de biodiversités en milieu urbain au lieu d'apporter un ombrage significatif (voir photos ci-dessous) :



Figure 24. Rue François Gay et Avenue Alfred Madoux (EcoRes)

Sur la carte d'îlot de chaleur urbain, on devine à de nombreuses reprises les voiries, néanmoins, les parcelles étant très verdurisées, cela tempère largement la situation. On peut voir cette situation comme un potentiel d'amélioration important pour la commune.

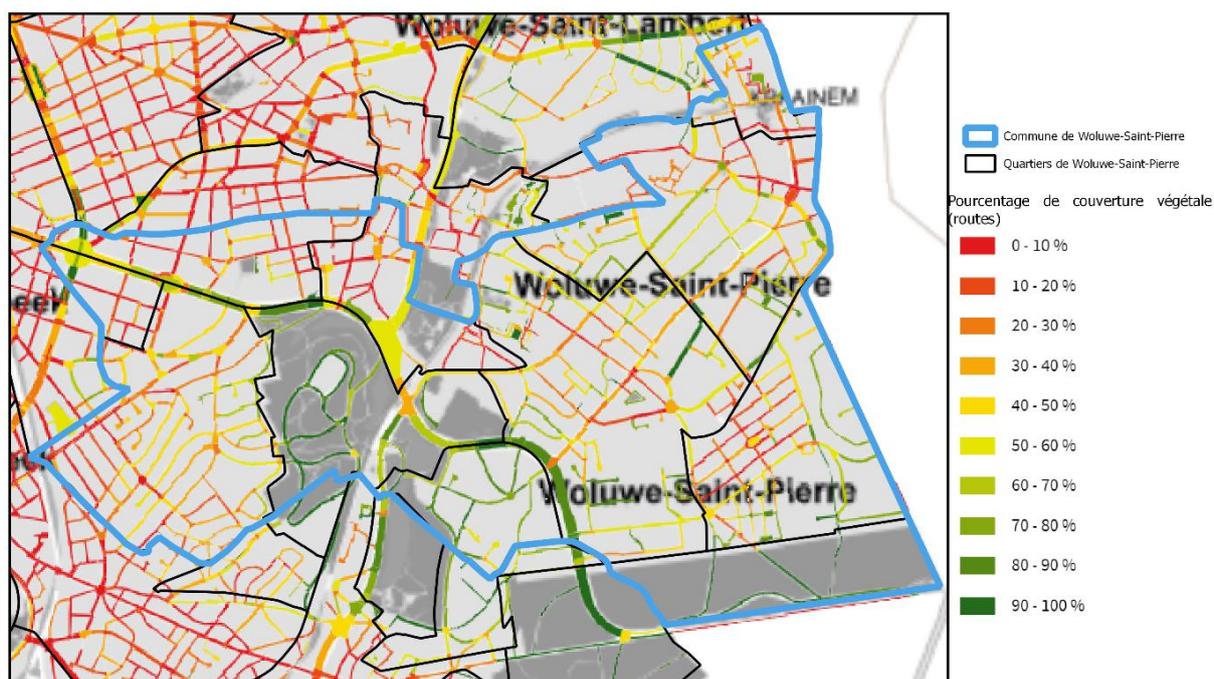


Figure 25. Pourcentage de couverture végétale des routes à Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement)

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

Il est aussi pertinent de tenir compte de la localisation de Woluwe-Saint-Pierre, en effet, la proximité du centre métropolitain fait que **ce territoire peut subir un panache de chaleur** comme cela est présentée pour la région parisienne ci-dessous. La position de Woluwe-Saint-Pierre au sud-est de la région bruxelloise est un atout puisque la rose des vents (IRM) indique que les vents de nord-ouest sont rares mais cela reste tout de même possible.

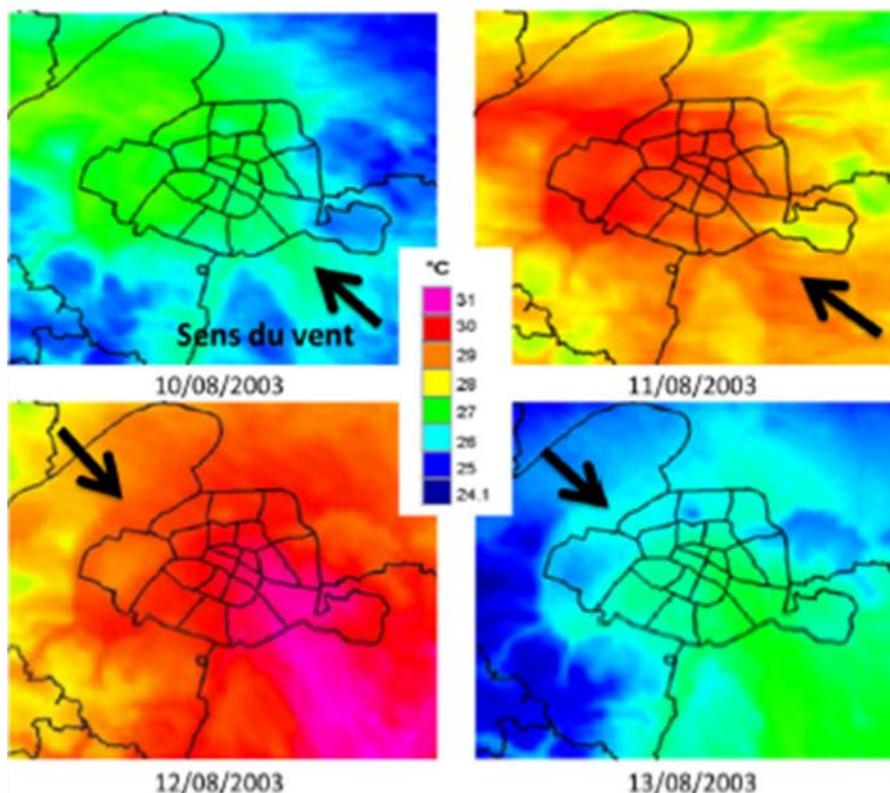


Figure 26. Illustration du panache de chaleur en région parisienne selon la direction du vent lors de la canicule de 2003 (APUR)

Des fortes chaleurs toujours plus fréquentes

Les tendances climatiques récentes se poursuivent avec les projections climatiques pour 2050 et 2100 avec une augmentation de plus en plus importante du nombre de jours avec une température supérieure à 25°C et supérieure à 30°C.

Toute chose égale par ailleurs, accentuées par le phénomène d'ICU sur certaines parties de la commune, **les fortes chaleurs sont amenées à être de plus en plus récurrentes et plus fortes à l'avenir.**

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3.2 L'aléa inondation – un phénomène à l'échelle de la vallée du Woluwe

Le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale – a fortiori celui de Woluwe-Saint-Pierre - est soumis à de **fréquentes inondations** même s'il est rare d'observer plus de 30 cm d'eau en voirie (Bruxelles Environnement, 2019).

Ces inondations peuvent être de plusieurs types : refoulement du réseau d'égouttage, pluvial, remontée de nappe aquifère, crue fluviale. Quatre causes principales pour leur survenance : le régime pluviométrique, l'urbanisation et l'imperméabilisation des sols, le réseau d'égouttage vétuste et/ou inadapté, la disparition des zones naturelles de débordement (cours d'eau, zones humides).

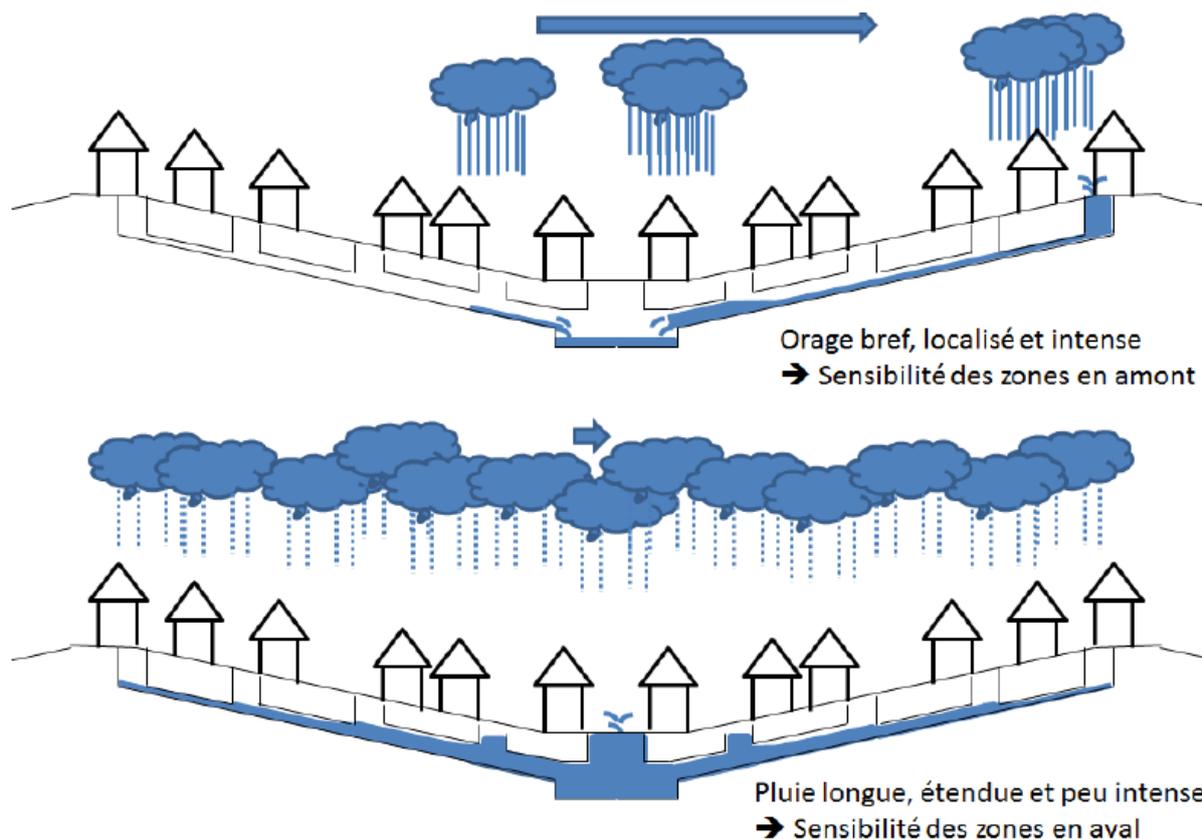


Figure 27. Sensibilité du territoire selon sa position dans le bassin versant (Plan de Gestion de l'eau de la Région de Bruxelles-Capitale, 2016-2021, Bruxelles Environnement)

A l'échelle régionale, une [carte des zones d'aléa inondation](#) est proposée et mise à jour régulièrement (Bruxelles Environnement). Sur base d'études scientifiques et des observations, quatre types de zone sont définies :

- **Aléa élevé** : lieux où les inondations peuvent se produire au moins **une fois tous les 10 ans** ;
- **Aléa moyen** : lieux où les inondations peuvent se produire **tous les 25 à 50 ans** ;
- **Aléa faible** : lieux où les inondations peuvent se produire **qu'une fois tous les 100 ans** ;
- Zone hors d'aléa.

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

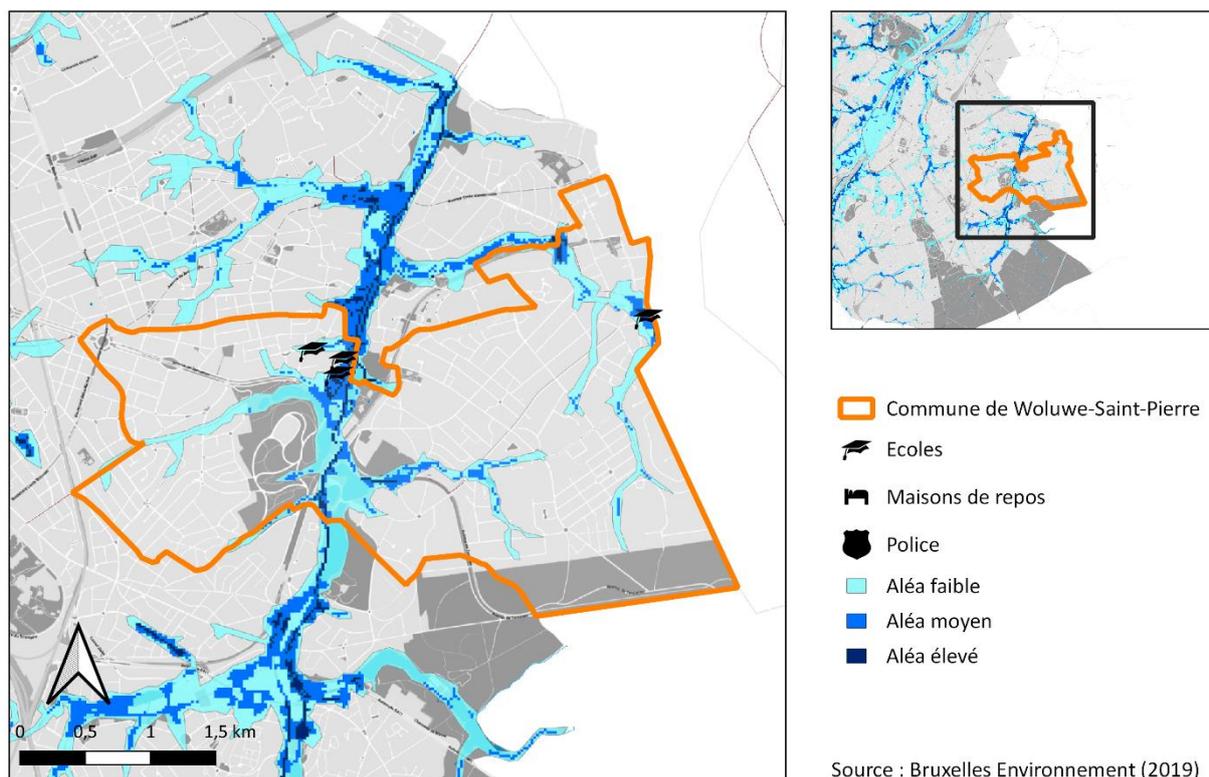


Figure 28. Représentation de l'aléa inondation pour la commune de Woluwe-Saint-Pierre (Application cartographique « Inondation aléa et risque », Bruxelles Environnement)

90% des signalements d'inondation en Région de Bruxelles-Capitale se produisent en zone d'aléa, en effet, ponctuellement, il est toujours possible d'avoir un évènement de ce type par une conjonction de phénomènes. De même, les zones identifiées en aléa élevé sont obligatoirement corrélées à des observations¹⁸.

Concrètement, les inondations survenues ces dernières années sont représentées dans la carte ci-dessous. Si une très grande majorité de ces évènements se situent en zone d'aléa (notamment en aléa élevé), des inondations ont ponctuellement lieu en dehors des zones d'aléas aussi.

¹⁸ Entretien avec Mickaël ANTOINE, Département Eau, Bruxelles Environnement, contact : inondation-overstroming@environnement.brussels

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

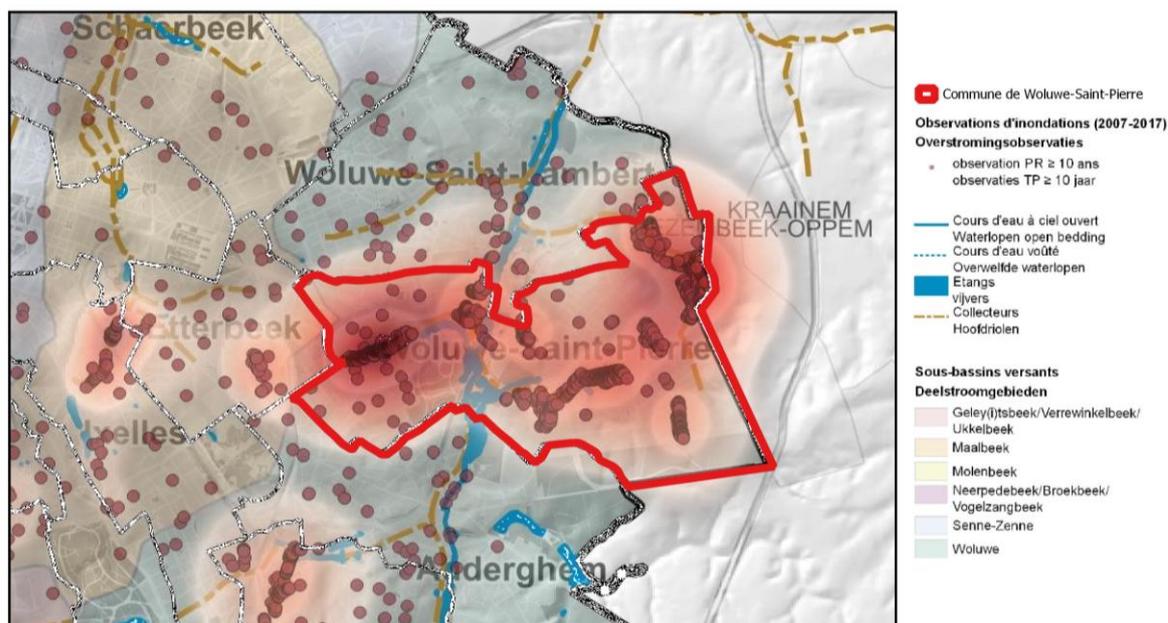


Figure 29. Localisation des déclarations d'inondation (Bruxelles Environnement).

Le bassin de la Woluwe a fait l'objet de nombreux aménagements : urbanisme, modification du cours d'eau, bassin d'orage. Compte tenu de l'organisation territoriale, la survenance d'inondation est multifactorielle, les bassins d'orage sont placés en différents endroits en protège localement, en amont et en aval : effet d'absorption localement de l'eau et de désaturation du réseau d'égouttage.

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes



Figure 30. Bassins d'orage en Région de Bruxelles-Capitale¹⁹ (Vivaqua).

Si la situation s'est améliorée ces vingt dernières années avec encore la mise en place très récemment d'un bassin d'orage d'une capacité de 8.000 m³ avenue Grandchamp, il y a encore des inondations sur le territoire communal. Les récents orages du mois de juin 2021 ont donné lieu à des inondations par exemple aux Dames Blanches²⁰.

¹⁹ Bassin d'orage de Grandchamp ajouté

²⁰ Cette zone présente une situation particulière avec une utilisation temporaire d'un terrain pour une activité agricole, la topographie fait que cela engendre des coulées de boue lors de précipitations intenses.

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes



Figure 31. Avenue des Dames Blanches après un épisode de pluie intense²¹ en juin 2021 (Commune de Woluwe-Saint-Pierre).

Vers une plus grande occurrence des inondations

En période hivernale, les projections climatiques convergent vers une augmentation de l'occurrence des fortes précipitations au cours du siècle (donc de manière plus significative en 2100 qu'en 2050). Cette tendance est aussi envisagée, dans une amplitude plus faible, pour la période estivale.

Toute chose égale par ailleurs, c'est-à-dire sans tenir compte de l'évolution des aménagements urbanistiques (bassin d'orage ou développement de la gestion intégrée des eaux pluviales), **la survenance d'inondation devrait être plus fréquente à l'avenir tout en conservant les mêmes localisations**²². Ainsi, ce sont les temps de retour (aléa faible – 100 ans, aléa moyen 25 à 50 ans, aléa élevé 10 ans) qui devraient se réduire.

²¹ 23 mm en une heure au pluviomètre de Sainte-Gudule (centre de la RBC), le temps de retour pour une telle pluie est de 5 ans, elle est donc rare mais pas exceptionnelle.

²² Entretien avec Mickaël ANTOINE, Département Eau, Bruxelles Environnement, contact : inondation-overstroming@environnement.brussels

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3.3 L'aléa sécheresse de plus en plus sensible ces dernières années

Une sécheresse est avant tout une diminution importante des précipitations, à un moment donné, par rapport à la normale. Cette diminution est de cause naturelle et temporaire (AquaWal).

En Belgique, l'eau est présente, parfois même en excès (cf. § l'aléa inondation). En effet, il y pleut en moyenne au moins tous les 7 jours. Cette durée peut être plus longue, le record étant de 44 jours consécutifs sans précipitations significatives à Uccle en 1893, suivi de 37 jours en 2007 et 29 jours en 2012 (IRM, 2020c). Si les précipitations jouent un rôle déterminant, d'autres paramètres peuvent intervenir : le vent, la température, l'humidité des sols, etc.

Depuis le début des années 80, il y a une observation à la hausse des jours consécutifs secs.

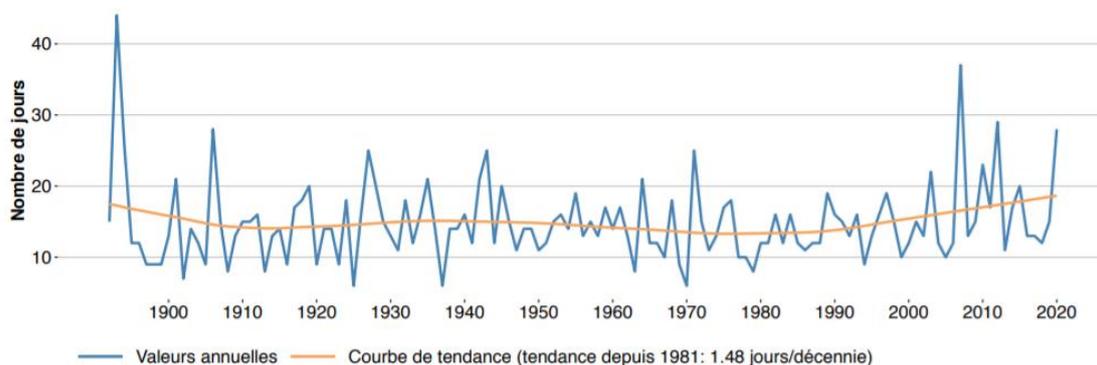


Figure 32. Nombre maximum de jours consécutifs secs à Uccle durant le printemps de 1892 à 2020 (IRM, 2020c)

Le printemps 2020 a fait l'objet d'une courte présentation de la part de l'IRM dans son rapport climatique 2020. En effet, ce printemps a été particulièrement sec.

Sécheresse de longue durée au printemps 2020

Le printemps 2020 a été fort sec et les pluies cumulées sur avril et mai ont été exceptionnellement faibles. L'IRM a suivi de près l'évolution des différents paramètres météorologiques qui ont caractérisé cette sécheresse.

Très sec
À partir de la mi-mars 2020, il n'y a pratiquement plus eu de précipitations à Uccle jusqu'à la fin du printemps. Cette année, la période avril-mai a été la plus sèche à Uccle depuis le début des relevés en 1890, avec un cumul de 24,4 mm de précipitations. Pour l'ensemble du printemps météorologique 2020 (mars-avril-mai), c'est un total de 105,7 mm qui a été mesuré à Uccle. En raison de la première quinzaine humide de mars, le printemps 2020 ne se classe qu'en cinquième position dans la liste des printemps les plus secs depuis 1981, le début de la période de référence du climat actuel.

Dans le reste du pays, les moyennes régionales des quantités de précipitations printanières ont également été inférieures aux valeurs normales et ont varié d'environ 50% de la normale en Hesbaye à environ 70% de la normale dans les Flandres et en Lorraine belge.

Figure 33. Sécheresse de longue durée au printemps 2020 (Rapport climatique 2020, IRM)

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

Des périodes de sécheresse plus fréquentes à l'avenir

Les projections climatiques de référence convergent vers une **diminution des précipitations estivales** associées à des températures plus élevées. Il s'agit de conditions favorisant les épisodes de sécheresse.

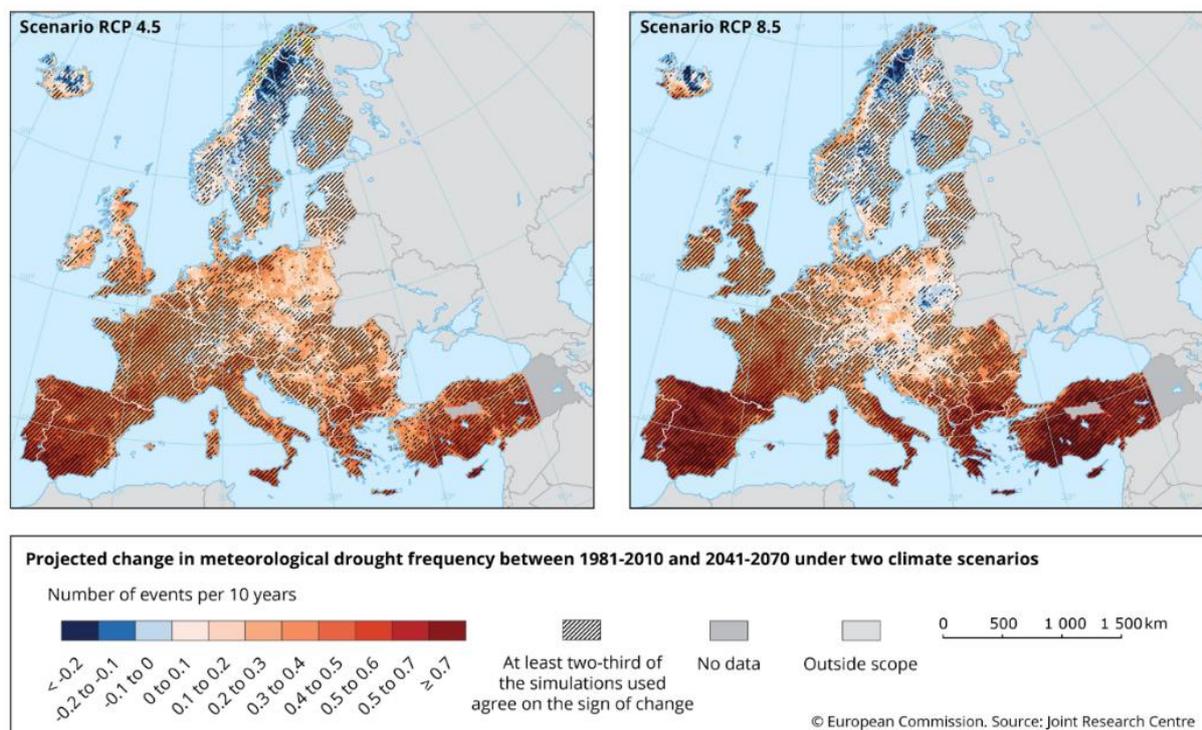


Figure 34. Projections des changements de fréquence des sécheresses en Europe au milieu du siècle selon deux scénarios (RCP 4.5. et RCP 8.5.), comparé à la période 1981-2010 (Spinoni et al., 2018).

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3.4 Des tempêtes moins fréquentes mais pas moins violentes

Un jour de tempête se caractérise par un relevé d'au moins un dépassement de 80 km/h pour la vitesse du vent. Que cela soit à Uccle ou sur d'autres stations météorologiques, on constate une **diminution de l'occurrence des jours dits de tempête**.



Nombre de jours avec des pointes de vent dépassant 80km/h à Uccle de 1940 à 2019

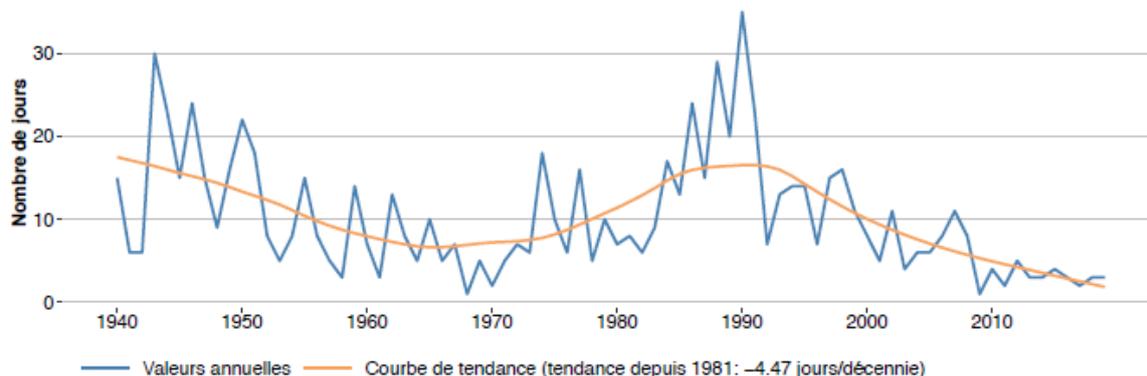


Figure 35 : Nombre de jour avec des points de vent dépassant 80 km/h à Uccle de 1940 à 2019 (IRM)

Cependant, il n'y a pas de tendance établie concernant les vents extrêmes (Evaluation of the socio-economic impact of climate change in Belgium, National Climate Commission, 2020).

Vers une intensification des tempêtes

L'intensité des tempêtes pourrait augmenter de 30% à l'avenir (Brouwers et al., 2015).

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3.5 L'aléa feu de forêt et d'espaces verts peu présent en milieu urbain

L'aléa feu de forêt/espaces verts est aujourd'hui très peu présent en Région de Bruxelles-Capitale (2,6% des interventions d'incendie concernent les espaces verts, SPF Intérieur, 2017).

Néanmoins, cet aléa est déjà survenu en Forêt de Soignes avec notamment 5 interventions du Service d'Incendie et d'Aide Médicale d'Urgence (SIAMU) en 2020²³. Dans un contexte de sécheresse, il s'agissait de départs de feu accidentel malgré l'interdiction de réalisation de feu sur le site.

Zone	Bâtiment	Extérieur	Incendie cheminée	Contrôle	Véhicule	herbe/forêt/ bruyère	Généralités	Industrie	Lieux fermés	Navire	Train	Avion	Alerte centrale alarme incendie	TOTAL
Antwerpen zone 1 Antwerpen-Zwijndrecht	388	228	28	380	111	49	1	28	8	7	2		550	1780
Antwerpen zone 2 Rivierenland	258	177	82	128	88	56	12	28	2	1	1		353	1186
Antwerpen zone 3 Rand	211	170	116	134	103	74	26	22	4		1		241	1102
Antwerpen zone 4 Taxandria	117	106	83	56	35	52	4	15					64	532
Antwerpen zone 5 Kempen	137	105	88	65	58	64	14	20	2				88	641
Brabant Wallon	152	148	125	130	98	169	98	8	7	1			246	1182
Brussel-Bruxelles	489	557	51	650	289	86	85	10	99		2		968	3286

Figure 36. Détail des interventions des pompiers pour les incendies en Belgique, dont en RBC, en 2017 (SPF Intérieur, 2017)

Des conditions plus favorables aux incendies d'espaces verts mais contenu par le caractère urbain de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre.

Des températures plus élevées favorisent la transpiration des plantes et la diminution de l'eau contenue dans les sols. Quelle que soit la méthodologie employée de calcul de la perte en eau des sols, les résultats tendent à simuler un déplacement potentiel des valeurs d'évapotranspiration vers des valeurs plus élevées ce qui est conforme à l'augmentation des températures à la fois en hiver et en été.

Les sols et la végétation s'asséchant, **le risque de départ de feu est plus fort**. La quantité de combustible disponible une fois l'incendie déclarée augmente également (Météo France). Ces conditions vont être plus fréquentes à l'avenir dans les parcs et jardins de Woluwe-Saint-Pierre

²³ Entretien avec Stéphane Vanwijnsberghe, Chef de Sous-division Forêt et Nature, Bruxelles Environnement.

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

renforçant cet aléa. Néanmoins, **le caractère fini / clos des espaces verts de la commune limite le risque de propagation et facilite la prise en charge des incendies²⁴** mais cette caractéristique ne s'applique pas à la Forêt de Soignes (cette forêt est donc potentiellement une zone à risque croissant d'incendie).

²⁴ Entretien avec Laurent LEDEGHEM, Lieutenant – Service Opérationnel, SIAMU de la Région de Bruxelles-Capitale (2016 dans le cadre du diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Ville de Bruxelles).

3 - Tendances climatiques

3.3 Les aléas extrêmes

3.3.6 L'aléa mouvement de terrain non lié au climat en région de Bruxelles-Capitale

En Belgique, il existe deux principaux types de mouvement de terrain : ceux provenant des argiles gonflantes²⁵ et ceux provenant de la fonte des karst²⁶. Le territoire de Woluwe-Saint-Pierre n'est pas concerné par ces derniers²⁷.

Néanmoins, une analyse des mouvements du sol de la Région de Bruxelles-Capitale est réalisée par télédétection tous les mois depuis 20 ans. On observe un faible tassement dans la vallée de la Woluwe et une remontée dans le bassin de la Senne²⁸.

Il faut toutefois signaler que certains sols bruxellois manquent de stabilité notamment lorsque celui-ci est composé de remblais (jusqu'à 20 mètres).

Les mouvements du sol de Woluwe-Saint-Pierre n'étant pas liés à des paramètres climatiques, aucun changement n'est attendu avec la prise en compte du changement climatique.

²⁵ Dans le climat de la Belgique, les sols argileux sont la plupart du temps saturés en eau. Lors d'un déficit de pluie – pouvant être associé à des températures élevées – les sols s'assèchent et l'argile se contracte. Lors de nouvelles précipitations, l'argile reprend alors sa forme initiale. Ces mouvements de terrain peuvent alors engendrer des dégâts significatifs sur le cadre bâti.

²⁶ Les karsts se dissolvent dans l'eau, un sol karstique peut donc potentiellement perdre ses qualités structurelles au fil du temps.

²⁷ Entretien avec Pierre Gérard, Professeur, Université Libre de Bruxelles et Pascal Goderniaux, Chargé de cours, Université de Mons (2016 dans le cadre du diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Ville de Bruxelles).

²⁸ Contrairement aux argiles gonflantes qui provoquent des mouvements de grandes amplitudes sur des durées de temps courtes, ces mouvements sont de faibles amplitudes et sur de longues périodes de temps.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

4 Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

4.1.1 Un territoire moyennement dense

Woluwe-Saint-Pierre compte 42.119 habitants avec 4.711 hab/km² au 1^{er} janvier 2020 (IBSA, 2020). S'il s'agit de la 3^{ème} commune bruxelloise la moins dense, il faut recontextualiser en regard de la moyenne belge (374 hab/km², statbel).

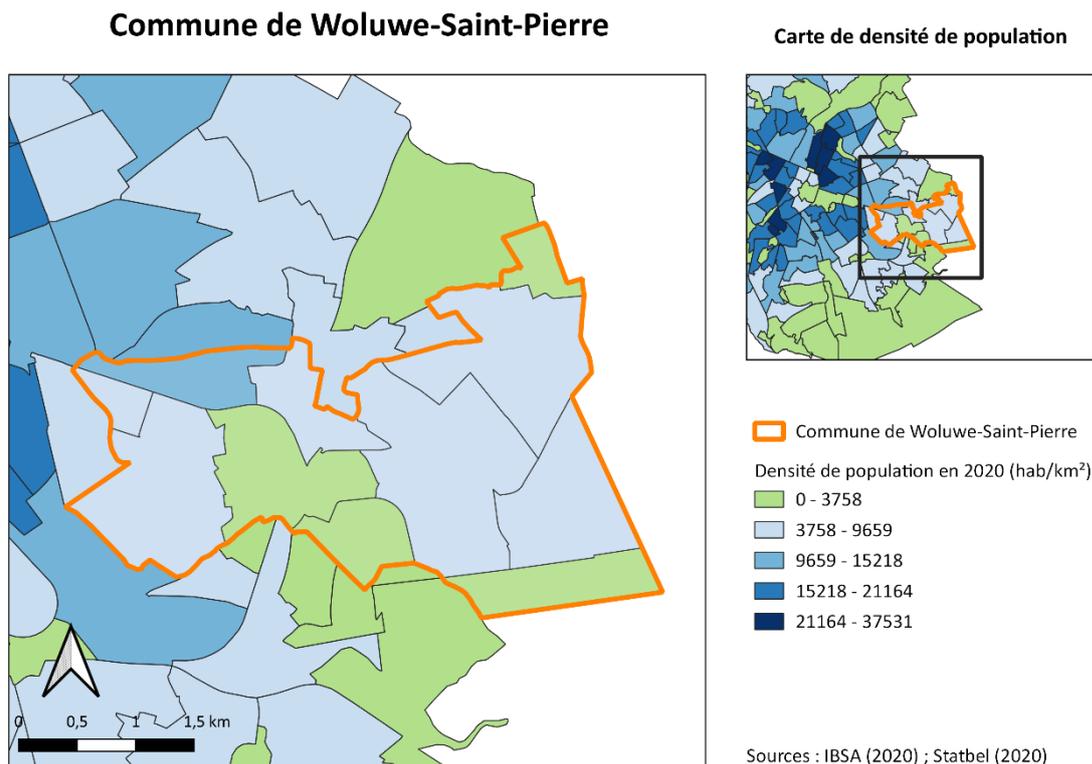


Figure 37. Densité de population à Woluwe-Saint-Pierre (IBSA, 2020).

Le territoire de Woluwe-Saint-Pierre est donc moins urbanisé que la moyenne bruxelloise. Cette urbanisation est d'autant plus faible que l'on s'éloigne du centre de la région. L'urbanisation est observable au travers de l'imperméabilisation des quartiers de Woluwe-Saint-Pierre.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

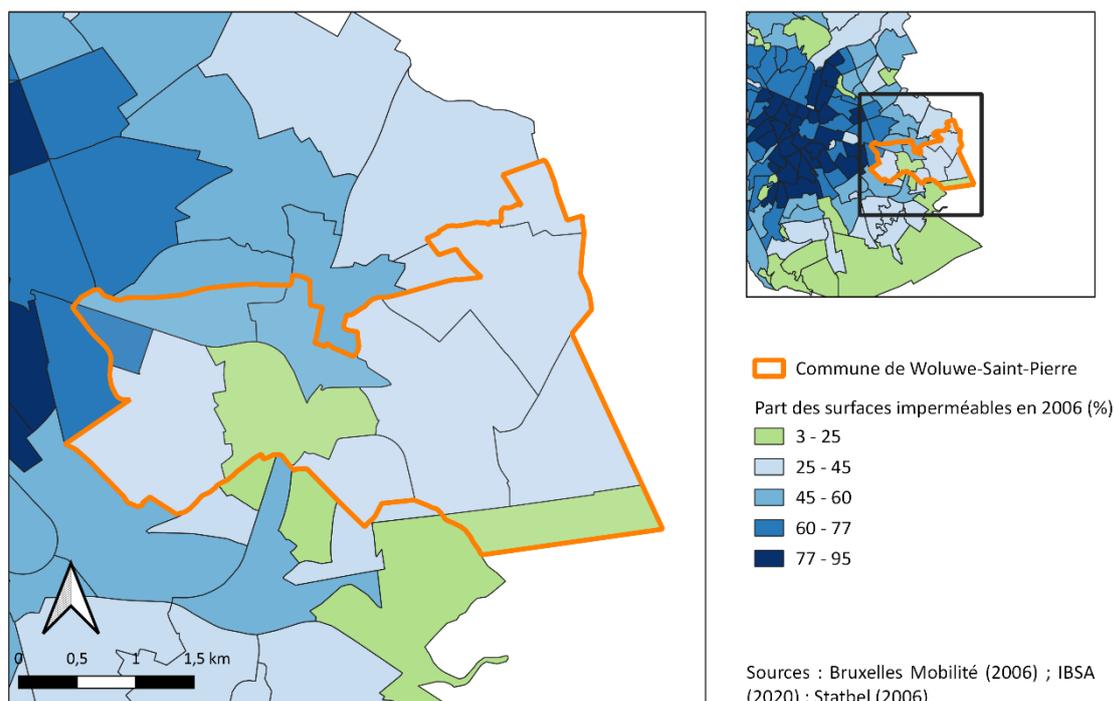


Figure 38. Part des surfaces imperméables (%) sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre (IBSA, 2006).

4.1.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale » (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant deux aléas majeurs sur ce territoire pouvant impacter Woluwe-Saint-Pierre en matière d'urbanisme, habitat et logement :

- Les inondations ;
- Les fortes chaleurs.

Un aménagement amplifiant les fortes chaleurs

En période estivale, **Woluwe-Saint-Pierre peut subir des fortes chaleurs, cet aléa étant renforcé par le phénomène d'îlot de chaleur urbain dans certaines zones (restreinte à l'échelle de la commune).** Plusieurs conséquences sont induites²⁹ :

- Le **confort thermique des espaces publics et privés est dégradé**, ceci pouvant aller jusqu'à un **risque de santé publique** ;
- La **qualité de l'air extérieur est sensiblement dégradée** (conditions favorables à la formation d'ozone et à la stagnation des particules fines) ;
- **Hausse de la demande énergétique** pour les besoins de rafraîchissement ;

²⁹ Seule la première conséquence induite des fortes chaleurs est développée dans ce §, les autres le seront dans les § santé, § politique de l'énergie et § politique de l'eau

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

- Hausse de la demande en eau potable.

Les **personnes les plus fragiles** (jeunes enfants, personnes âgées / handicapées / malades / isolées) qui ne disposent pas de toutes les facultés nécessaires pour avoir les bons comportements (hydratation, protéger son logement, ne pas s'exposer au soleil, réduire l'activité, etc.) **sont particulièrement concernées**.

Depuis le premier épisode caniculaire de 2003, **l'ensemble de structure belge d'accueil des personnes âgées ont mis en place des dispositifs spécifiques pour les périodes de fortes chaleurs** (tournée de rafraîchissement, mise à disposition d'un lieu frais dans l'enceinte des établissements), il n'y a pas encore d'approche en ce qui concerne la conception de ces bâtiments. Ainsi la maison de repos du Clos des Chasseurs est sujet à la surchauffe (hormis les espaces rafraichis).

En ce qui concerne les crèches et les écoles, il y a un constat de surchauffe dans plusieurs établissements, cela se retrouve dans l'enquête à laquelle ont participé onze écoles et crèches :

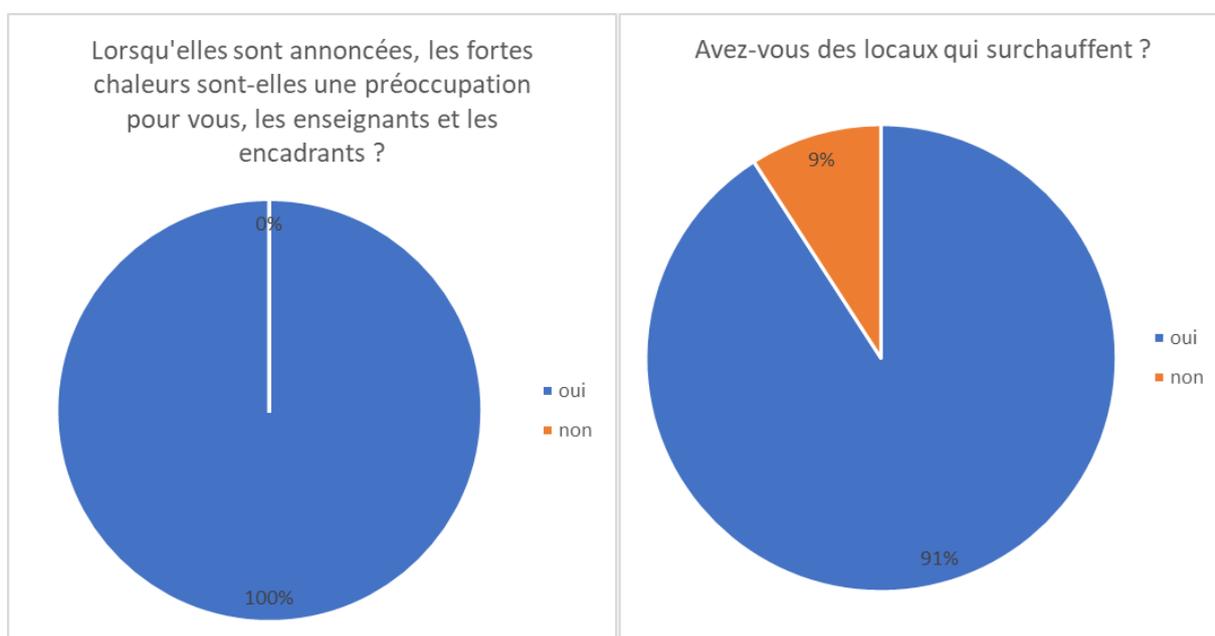


Figure 39. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021).

Il est ainsi saisissant de constater que **l'intégralité des répondants indique que les fortes chaleurs sont une préoccupation** alors même que les écoles ne sont pas occupées lors des mois les plus chauds de l'année (juillet et août). Cela témoigne, avec les 91% des répondants indiquant que des locaux surchauffent, du besoin d'apporter des réponses pour améliorer le confort thermique en période estivale.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

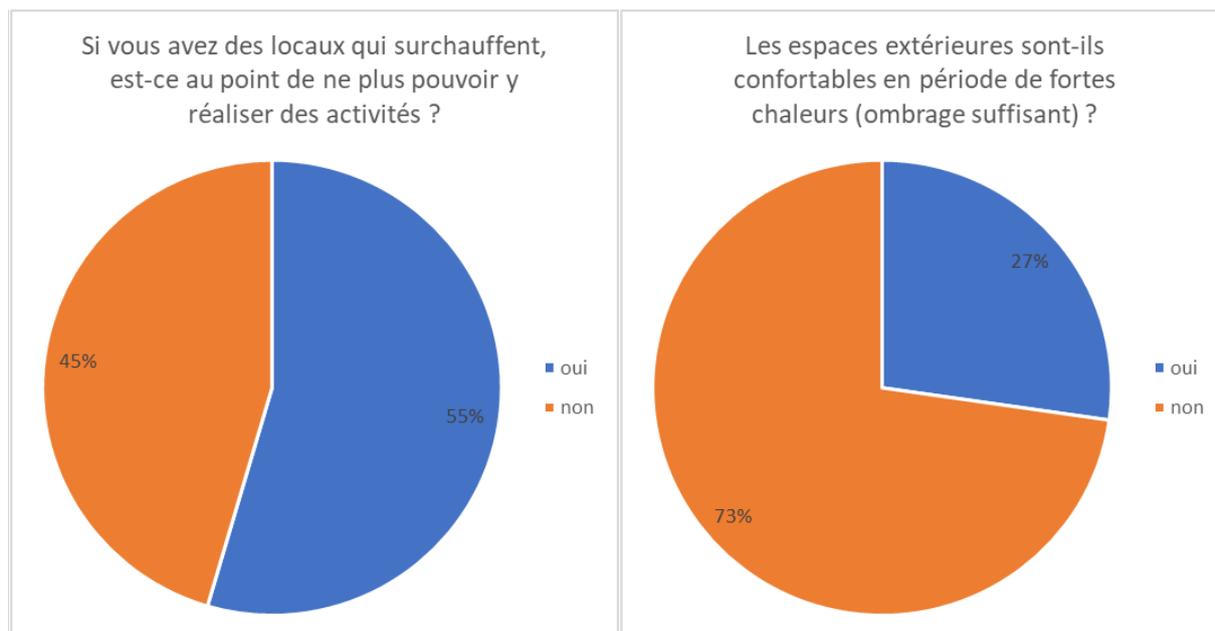


Figure 40. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021).

L'enquête révèle que les surchauffes dans les écoles et les crèches peuvent aller jusqu'à ne plus pouvoir utiliser certains locaux (des fermetures de crèches ont déjà eu lieu pour cette raison).

Une observation des écoles et des crèches permet de se rendre compte qu'elles ne disposent pas de protections solaires³⁰ avec des ouvertures parfois de très grande taille (voir illustration ci-dessous). Cela témoigne de la volonté de pouvoir profiter de la lumière naturelle mais cela devient un handicap à mesure que les fortes chaleurs sont plus fréquentes.

De plus, en majorité les espaces extérieurs des écoles et des crèches ne permettent de s'abriter de la chaleur.

³⁰ Ce constat est valable pour une écrasante majorité des bâtiments du territoire de Woluwe-Saint-Pierre.

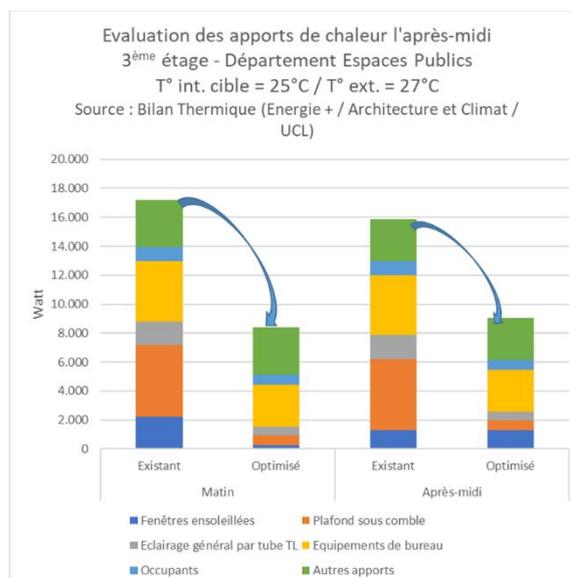
4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement



Figure 41. Façade et cour de l'Ecole Communale Joli-Bois (EcoRes, google maps).

L'Hôtel Communal est identifié comme un bâtiment surchauffant rapidement. Une évaluation des apports de chaleur du 3^{ème} étage a été effectuée. Cela permet de mettre en avant que les principaux contributeurs en apport de chaleur sont la toiture (bureaux sous combles), les équipements (ordinateurs, éclairage, imprimantes), l'occupation³¹ et les fenêtres (lorsqu'elles sont ensoleillées). Pour une configuration donnée (voir illustration), cela correspond à une puissance d'environ 16 kW, **comme si 16 radiateurs étaient allumés**. Isolation des combles, protections solaires sur les ouvrants orientés est, éclairage LED, occupation réduite (télétravail) mais aussi gestion de l'aération nocturne et diurne par les ouvrants sont autant d'opportunités pour améliorer le confort thermique estivale de cet espace de travail.



³¹ Un adulte dégage 80 à 100 W de chaleur, un enfant 50 à 70 W.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

Figure 42. Bureaux du 3^{ème} étage et évaluation des apports de chaleur (EcoRes, Bilan Thermique).

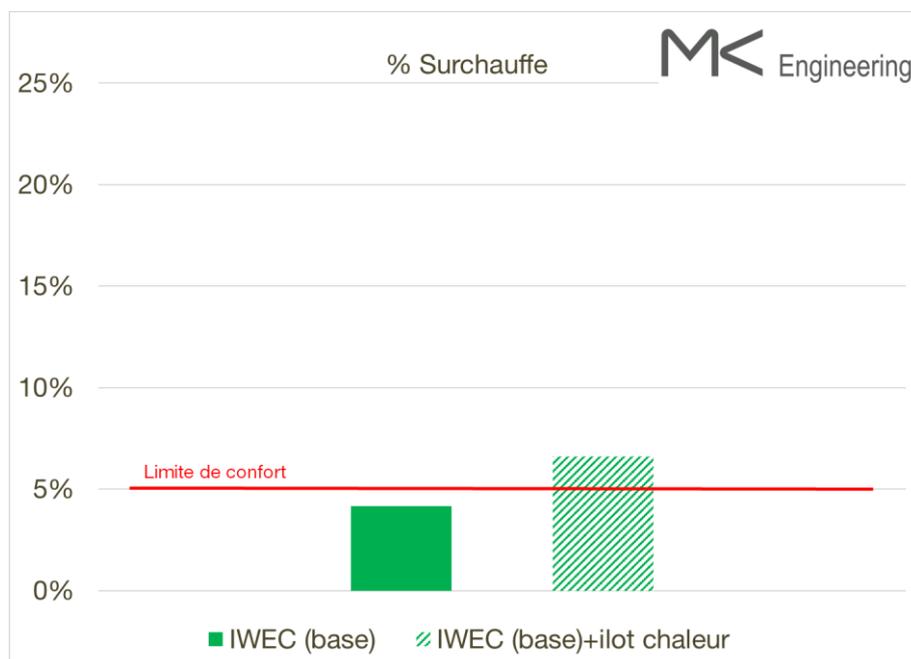
Comme indiqué précédemment, la plupart des bâtiments du territoire de Woluwe-Saint-Pierre ne sont pas équipés de protections solaires (volet, store). Cependant tous ne vont pas avoir la même capacité à surchauffer, les facteurs suivants interviennent :

- La période de construction **les bâtiments les plus sensibles aux fortes chaleurs sont les bâtiments d'habitation de la période 1945 – 1980**, mal isolés ainsi que les bâtiments de bureaux en verre (ils sont souvent climatisés mais le système peut être sous dimensionné)
- La présence de casquette / balcon peut permettre un ombrage efficace des appartements en immeuble (observée sur certains grands ensembles notamment rue au Bois) ;
- Les masques engendrés par la verdurisation des parcelles en maisons individuelles protègent efficacement les bâtiments de la surchauffe ;
- Les maisons quatre façades (nombreuses dans certains quartiers) ont une meilleure capacité à être ventilé que les maisons deux et a fortiori une façade ;
- L'intensité du phénomène d'îlot de chaleur urbain réduit les effets de la ventilation nocturne, cela concerne plus particulièrement les immeubles d'habitation.

En ce qui concerne **les bâtiments passifs, ecobuild a mis en évidence une dérive entre les simulations de ces bâtiments en période estivale et la réalité**³² :

- Une occupation différente entre la conception et la vie en œuvre ;
- Des conditions climatiques qui ne correspondent plus à la réalité ;
- Une non prise en considération du phénomène d'îlot de chaleur urbain.

Il en résulte un risque de surchauffe significatif pour ce type de bâtiment.



³² <https://www.ecobuild.brussels/fr/professionnel/news/ca-surchauffe-dans-les-ecoles>

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

Figure 43. Nombre d'heures de surchauffe dans le bâtiment scolaire simulé en prenant en compte l'effet d'îlot de chaleur (ecobuild.brussels/ca-surchauffe-dans-les-ecoles/)

Afin d'illustrer cette situation, il est possible de se référer à l'épisode de fortes chaleurs du mois de juillet 2019 (voir illustration ci-dessous). Afin d'avoir un bon rafraîchissement des bâtiments, il est nécessaire d'avoir une température de moins de 20°C. **Du 23 au 25 juillet 2019**, il a justement fait moins de 20°C pendant quelques heures seulement le 23. A cela il convient d'ajouter 2 ou 3°C entre le lieu de mesure de la température et certaines zones les plus chaudes de Woluwe-Saint-Pierre, on comprend alors qu'un **rafraîchissement efficace pendant ces trois journées a dû être très limité voire impossible**.

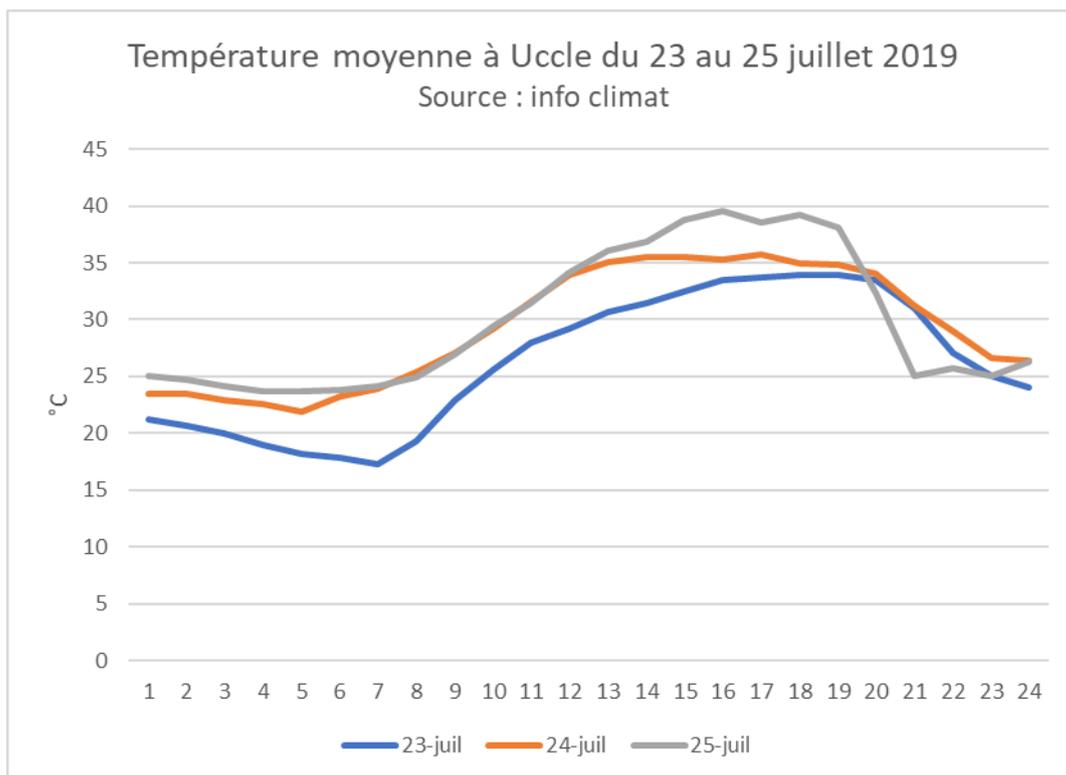


Figure 44. Evolution de la température quotidienne pour la station d'Uccle du 23 au 25 juillet 2019 (infoclimat)

Des fortes chaleurs qui deviennent la norme et pas seulement pour le centre-ville

L'augmentation de la fréquence des fortes chaleurs ne se limite pas aux zones les plus denses de Woluwe-Saint-Pierre. En effet, si dans la situation actuelle, ce sont les occupants centre-ville qui souffrent le plus de ce phénomène, **à terme tout le territoire sera bien concerné**.

Le scénario RCP 8.5 indique une augmentation de 34 jours par an de température maximale supérieure à 30°C à la fin du siècle, cela signifie presque 40 jours par été. En complément, les jours supérieurs à 25°C passeront de 31,6 jours par an à près de 90 jours. On peut en déduire que les périodes de fortes chaleurs seront intercalées dans des périodes globalement chaudes qui ne seront pas optimales pour réduire la surchauffe accumulée dans les bâtiments.

Sans modification de l'organisation des espaces denses (ICU), des bâtiments (surchauffe) ou encore des habitudes de vie (rythme), **Woluwe-Saint-Pierre sera confrontée à des effets indésirables de plus en plus marquée**.

Concrètement à la fin du siècle, **les bâtiments passifs pourront surchauffer jusqu'à 20% de l'année !**

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

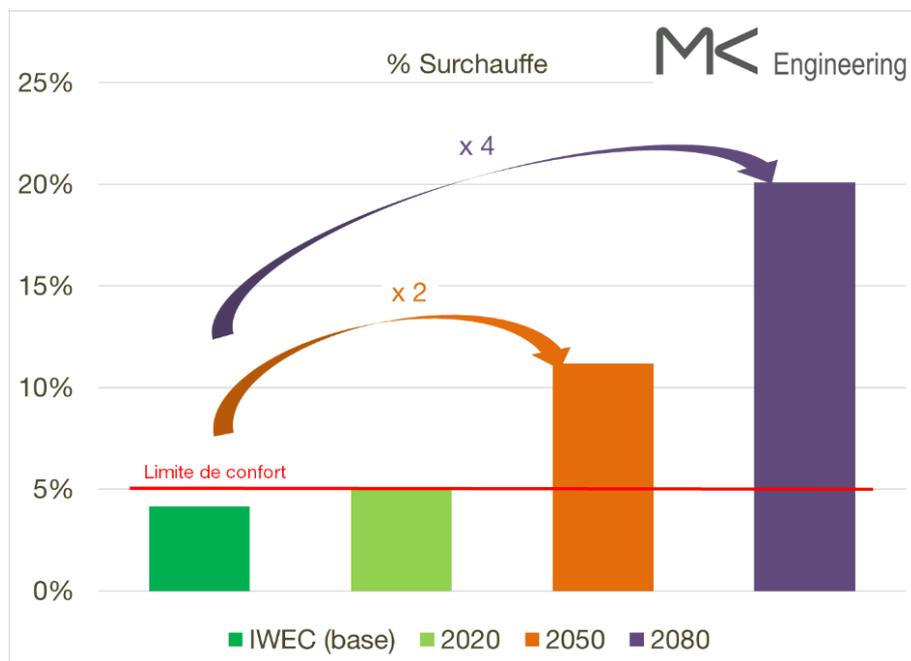


Figure 45. Nombre d'heures de surchauffe dans le bâtiment scolaire simulé en prenant en compte le réchauffement climatique (ecobuild.brussels/ca-surchauffe-dans-les-ecoles/)

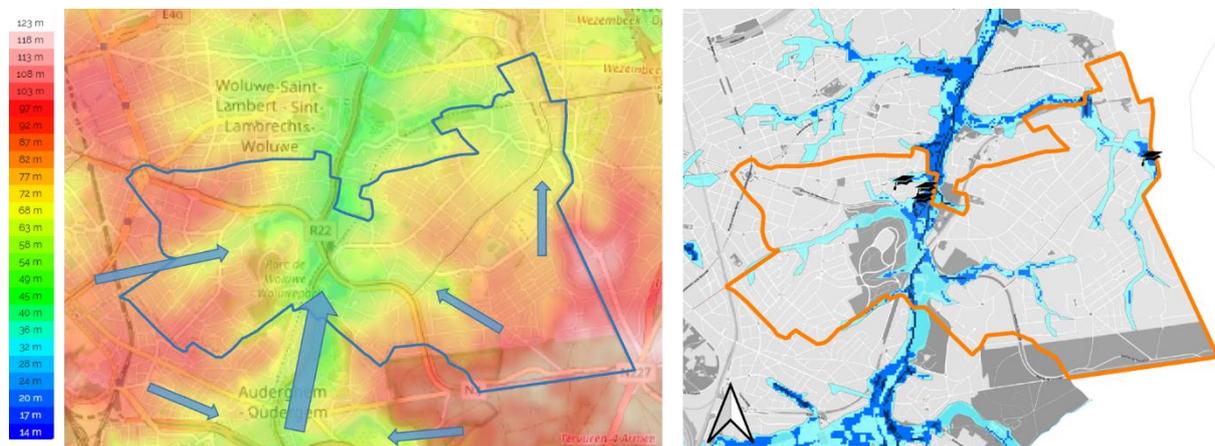
4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

L'eau parfois en excès

Le territoire de Woluwe-Saint-Pierre est concerné par l'aléa inondation. La dynamique est la suivante : lors de précipitations intenses, l'urbanisation du territoire limite la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol, les eaux pluviales sont tamponnées dans le réseau d'égouts. Ensuite, les eaux pénètrent les parkings et les sous-sols/caves puis arrivent en voirie.

Le phénomène d'inondation à Woluwe-Pierre se manifeste jusqu'à de l'eau en voirie.



Quelle que soit l'intensité du phénomène, les montées et les baisses d'eau sont rapides. Si elles peuvent provoquer des dégâts significatifs, l'eau ne stagne pas sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre.

Plusieurs bâtiments communaux font état d'inondations comme le révèle l'enquête auprès des écoles et des crèches communales :

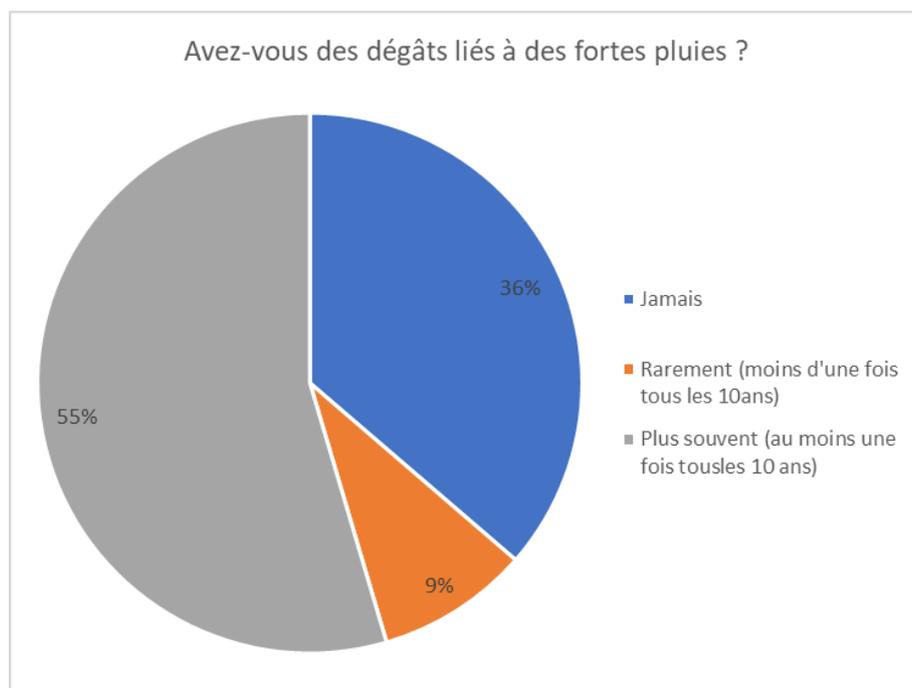


Figure 47. Enquête auprès des crèches et des écoles de Woluwe-Saint-Pierre (par EcoRes, 2021).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.1 Urbanisme, habitat et logement

Il est aussi fréquent que des caves soient inondées, cependant il est important de noter que ce type d'incident ne devrait pas se produire, en effet, les exutoires reliant les sous-sols et les caves aux égouts doivent réglementairement être équipés de clapet anti-retour³³. A ce titre, Vivaqua a mis en place un service de conseiller en inondation à destination des particuliers afin de les orienter dans les choix de protection de leurs biens.

La réduction de l'aléa inondation sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre se fait essentiellement par la mise en place de bassin d'orage dans la vallée de la Woluwe (sur le territoire communal ainsi que sur les autres communes de ce bassin, voir § aléa inondation). La gestion intégrée des eaux pluviales³⁴ est encore peu mise en place sur le territoire³⁵ (étude en cours pour définir les potentiels et projet exemplaire pour de futures écoles avec récupération des eaux pluviales, infiltration à la parcelle et noues didactiques³⁶).

Les contours des zones d'aléa inondation devraient rester stables mais la fréquence des événements pourrait évoluer avec le changement climatique³⁷. Sans modification de la gestion des eaux sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre, les conséquences des inondations seront identiques à celles d'aujourd'hui avec la possibilité de voir les inondations se reproduire plus fréquemment.

³³ Entretien avec Alain De Lombaert, Directeur de la Production et des Grands Ouvrages, Vivaqua (2016 dans le cadre du diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Ville de Bruxelles).

³⁴ https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres-200317-giep-1-1-intr-fr.pdf

³⁵ Gestion Urbaine

³⁶ Energie – bâtiments

³⁷ Entretien avec Mickaël ANTOINE, Département Eau, Bruxelles Environnement, contact : inondation-overstroming@environnement.brussels

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.2 Mobilité

4.2 Mobilité

4.2.1 Caractéristiques principales

Les caractéristiques de la mobilité sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre sont présentées dans le volet atténuation du Plan Climat.

4.2.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale » (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant quatre aléas majeurs sur le territoire de la RBC pouvant impacter Woluwe-Saint-Pierre en matière de mobilité :

- Les précipitations ;
- Les inondations ;
- Les fortes chaleurs ;
- Le gel et la neige ;

Même si tous ces aléas devraient être regardés à l'échelle de la Région de Bruxelles-Capitale voire au niveau national, nous nous limiterons au seul périmètre de la commune.

Des aléas fréquents aux effets plutôt ponctuels et parfois évitables (déviation)

Selon le mode de transport, les aléas climatiques n'ont pas les mêmes effets :

Mode	Gel	Neige	Précipitations	Inondation	T > 30°
Voiture	Dégâts chaussées	Embouteillages		Déviation	
Bus	Dégâts chaussées	Embouteillages		Déviation	Confort dégradé <u>Intégrité matériel</u>
Tramway		Aiguillage		Arrêt temporaire	Confort dégradé <u>Intégrité matériel</u>
Vélo	Réduction de la pratique	Forte réduction de la pratique	Réduction de la pratique	Déviation	Exposition pollution et chaleur

Figure 48. Effets des aléas climatiques sur les différents modes de mobilité (EcoRes)

- Voiture et bus

Lors des périodes de gel-dégel, la circulation participe à la dégradation des chaussées. Conjointement à cette situation hivernale, la neige engendre une réduction importante de la fluidité de la circulation d'autant plus lorsque l'évènement n'a pas pu être bien anticipé (précipitations neigeuses importantes et/ou de nuit réduisant les capacités de préparation des chaussées).

Les inondations peuvent rendre certaines voiries momentanément non accessibles, cela engendre des déviations sur les trajets. **Plusieurs voies de circulation en aléa élevé d'inondation du territoire de Woluwe-Saint-Pierre concernent une ligne de bus (bus 36).**

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.2 Mobilité

En particulier pour les bus, **les fortes chaleurs sont sources d'inconfort voire de défaillance matériel**³⁸.

- Tramway

La circulation des tramways peut être perturbée lors des épisodes de neige (aiguillage). Les inondations de chaussées peuvent être problématique car il n'est pas possible, à l'image des bus, de contourner les zones concernées. Ainsi, **trois lignes de tramway sont concernées** par un passage en aléa élevé (il s'agit des lignes 8, 39 et 44).

En ce qui concerne les fortes chaleurs, outre le confort des usagers, des dégâts peuvent apparaître tant sur le matériel roulant que sur les infrastructures³⁹.

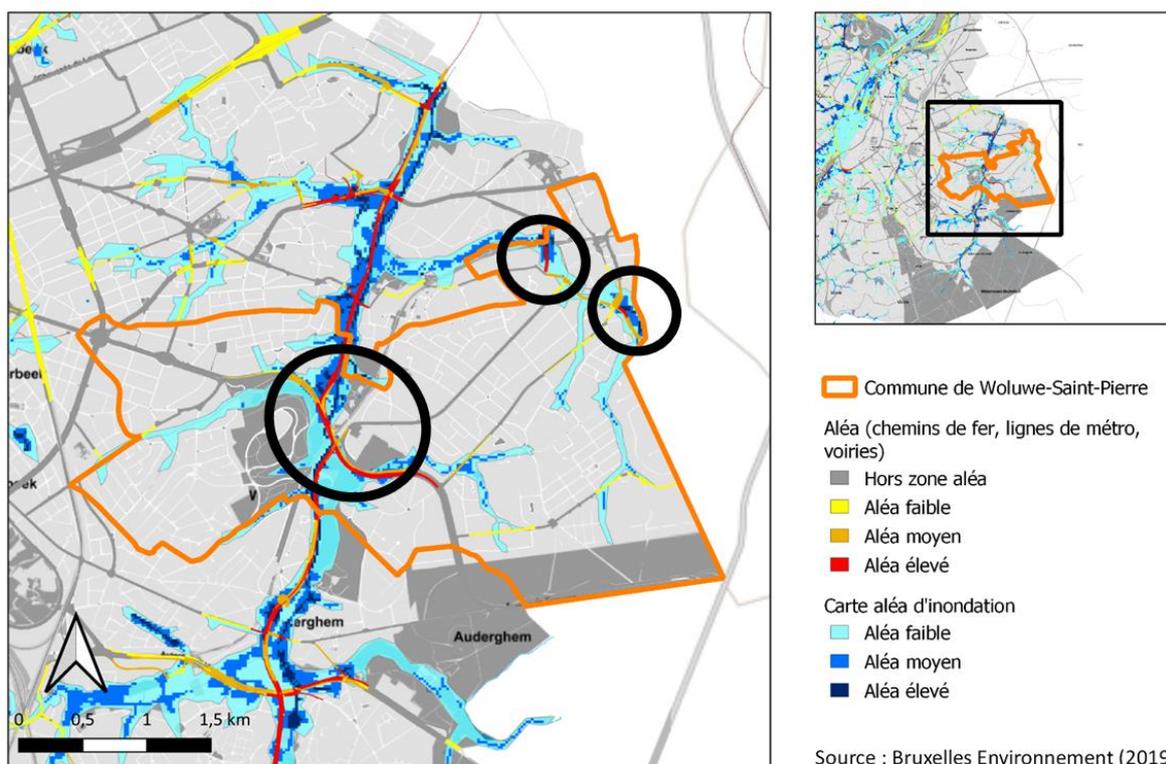


Figure 49. Risque d'inondation pour les différents moyens de transport (voiries régionales, voies ferrées, lignes de trams et métros) à Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement, 2019)

Il est intéressant de noter que la STIB prend en compte, dans la mesure du possible⁴⁰, depuis plusieurs années les aléas climatiques au travers de la rénovation des lignes de tramways (verdurisation des voies, gestion intégrée des eaux pluviales), ceci est notamment visible sur l'Avenue de Tervuren (voir ci-dessous) mais pas sur la Place Dumon (différentes raisons peuvent expliquer cela : durée de chantier

³⁸ https://www.rtbef.be/info/regions/bruxelles/detail_canicule-le-point-sur-les-perturbations-rencontrees-par-la-stib?id=10279764

³⁹ https://www.rtbef.be/info/regions/bruxelles/detail_canicule-le-point-sur-les-perturbations-rencontrees-par-la-stib?id=10279764

⁴⁰ Entretien avec Sarah Jeddaoui, STIB

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.2 Mobilité

non compatible, passage piéton sur l'ensemble de la place incompatible avec des bandes enherbées)
:



Figure 50. Avenue de Tervuren, aménagement de la STIB pour le tramway (EcoRes).

- Vélo

La pratique du vélo est aujourd'hui plus corrélée à la pluie qu'au froid, cette dernière étant plus dérangeante en période hivernale⁴¹.

⁴¹ Entretien avec Florine Cugnet, Gracq

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.2 Mobilité

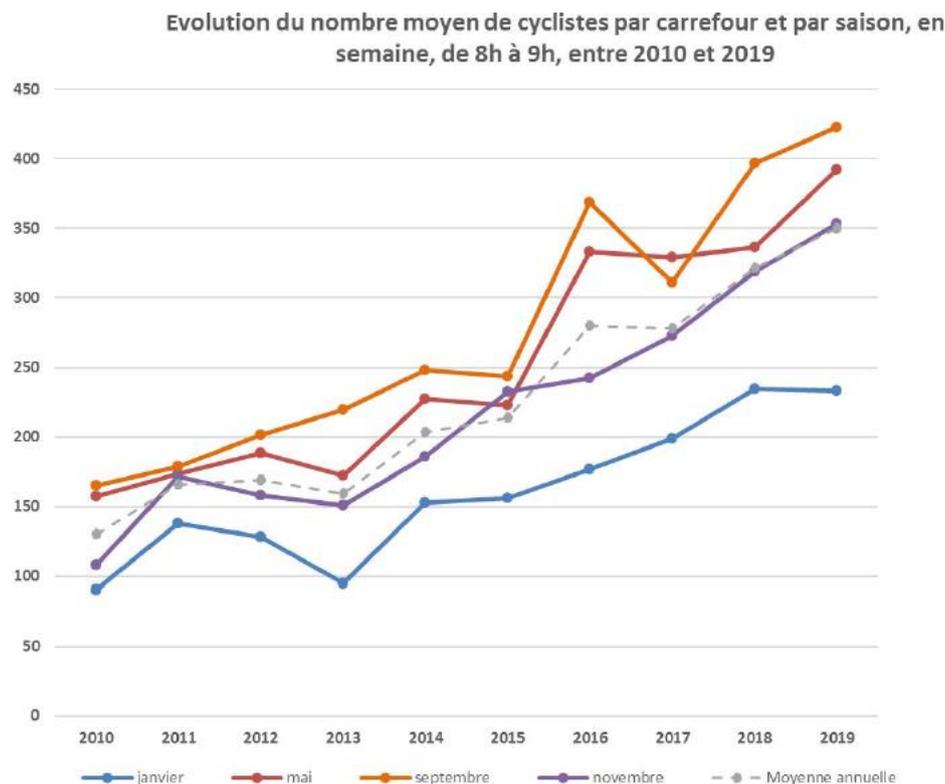


Figure 51. Evolution du nombre moyen de cyclistes par carrefour et par saison en semaine de 8h à 9h entre 2010 et 2019 (Observatoire du vélo en Région de Bruxelles-Capitale, Pro Vélo)

Les **périodes de fortes chaleurs** ne font pas apparaître pour le moment une réduction de la pratique, **le vélo et encore plus le vélo à assistance électrique se présentant comme un mode de transport confortable dans ses conditions**. Les pics de chaleur très intenses comme celui de juillet 2019 (40°C) encore rare n'ont pas permis d'établir une évolution des comportements de mobilité. De plus, des zones spécifiques comme le cheminement entre la rue Konkel et l'avenue des Sittelles permettent d'envisager une mobilité douce dans de meilleures conditions lors des fortes chaleurs (végétation proche et couleur du revêtement).



Figure 52. Cheminement entre la rue Konkel et l'avenue des Sittelles, revêtement bitume (EcoRes).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.2 Mobilité

Vers une mobilité plus régulièrement perturbée

Le développement d'hiver plus doux induira une réduction des effets des aléas neige et gel, néanmoins le bénéfice sera en partie réduit en raison de l'augmentation de la fréquence des inondations dans les zones déjà identifiées (voir § aléas) et donc des perturbations associées.

Le développement des épisodes de fortes chaleurs induira de plus grandes perturbations pour les transports en commun et peut être aussi une baisse des pratiques de mobilité douce (dans un contexte de réduction de déplacement en période de pic de chaleur ?).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.3 Politique de l'eau

4.3 Politique de l'eau

4.3.1 Une ressource principalement externalisée

La gestion de l'eau potable n'est pas spécifique à Woluwe-Saint-Pierre⁴². En effet, VIVAQUA assure ce service pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale, plusieurs autres communes belges et plusieurs entreprises privées. L'approvisionnement de la RBC en eau potable est réalisé par VIVAQUA (2020a). L'eau utilisée pour la production d'eau potable provient de 26 grands sites répartis dans 5 provinces et 6 nappes aquifères.



Figure 53. Activités de production, stockage et transport d'eau potable de VIVAQUA (VIVAQUA, 2020b).

Sur la période 2000-2016, l'approvisionnement moyen annuel de la RBC en eau potable représente un total de 68,3 millions de m³ dont 2 millions de m³ d'origine bruxelloise (2,9%) (Bruxelles Environnement, 2018a). En 2016, la consommation totale d'eau de distribution de la RBC s'est élevée à 59,9 millions de m³ et s'est répartie principalement entre les ménages (69%) et le secteur tertiaire (28%) (Bruxelles Environnement, 2018a).

A 97% l'eau potable est d'origine wallonne, dont 59% provenant de ressources souterraines et 41% des eaux de surface (Meuse) (Bruxelles Environnement, 2018a ; VIVAQUA, 2020a). Le niveau des ressources souterraines est suivi, l'exploitation ne se faisant que sur la recharge (chaque nappe exploitée à un seuil minimum à ne pas dépasser).

⁴² Entretien avec Alain De Lombaert, Directeur de la Production et des Grands Ouvrages, Vivaqua (2016 dans le cadre du diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Ville de Bruxelles).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.3 Politique de l'eau

4.3.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale » (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant trois aléas majeurs sur ce territoire pouvant impacter la Commune de Woluwe-Saint-Pierre en matière de politique de l'eau :

- Les régimes de précipitation ;
- Les fortes chaleurs ;
- La sécheresse.

Un approvisionnement en eau potable historiquement résilient mais qui donne des signaux d'alerte depuis quelques années

Il est courant de dire que l'approvisionnement en eau potable de la Région de Bruxelles-Capitale est résilient. Il s'appuie sur des ressources souterraines et de surfaces abondantes.

Depuis 2017, des signaux ont été perçus sur la disponibilité de la ressource en eau potable. En effet, à plusieurs reprises, les recharges hivernales d'eaux souterraines ont été lacunaires et/ou des périodes longues sans précipitation ont eu lieu et/ou des été chauds et sec ont survécu. Dans ces conditions, les réserves d'eau souterraines ont diminué et les eaux de surface ont pu être moins disponibles. Le principal signal fut notamment un débit de la Meuse inférieur à 19 m³/s (seuil d'alerte en lien avec le maintien de la navigabilité sur ce fleuve) qui n'avait jamais été atteint auparavant (ce seuil demande une limitation des prélèvements pour potabilisation). De plus, la baisse de certaines réserves souterraines a imposé une limitation de certains prélèvements.

Vivaqua s'organise en limitant les prélèvements d'eaux souterraines afin de préserver la ressource et en augmentant les prélèvements sur la Meuse (hors période de faible débit étiage). Cela permet de disposer d'une marge de manœuvre pour les périodes où les eaux de surface sont le moins disponibles.

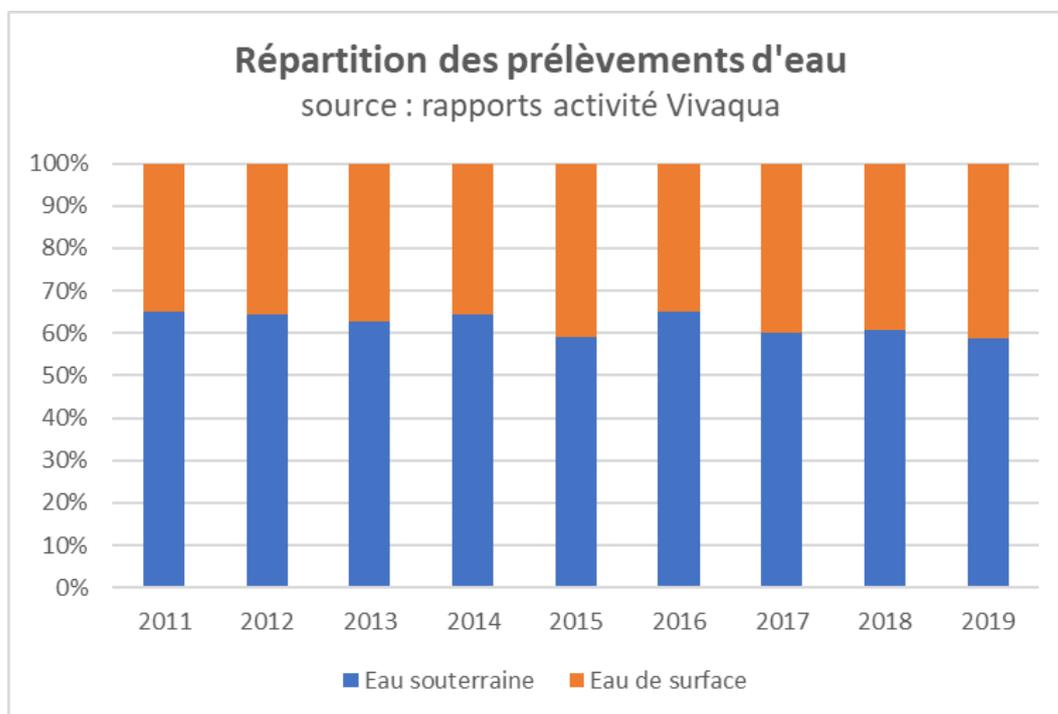


Figure 54. Répartition des prélèvements d'eau (VIVAQUA)

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.3 Politique de l'eau

Outre la modification de la répartition des prélèvements, l'exploration de nouveaux captages souterrains et la réexploitations d'anciens captages autrefois jugés insuffisamment productifs sont en cours. A ce titre, **si les captages d'eau sont très faibles aujourd'hui en Région de Bruxelles Capitale (3% sur le volume global de prélèvement), ils pourraient être amenés à se développer dans un avenir proche** (potentiel de 5 à 10.000 m³/jour dans le socle bruxellois)⁴³.

Une première estimation permet d'évaluer à **un peu plus de 7 millions de m³ le volume d'eau pluviale qui tombe chaque année sur Woluwe-Saint-Pierre**. Un peu moins de 4,5 millions de m³ s'infiltrent (surfaces perméables) et plus de 2,5 millions empruntent le réseau d'égouttage (il n'y a pas de réseau séparatif en région bruxelloise). **Les consommations d'eau potable peuvent être estimées autour de 2 millions de m³ par an**. 47% de cette consommation soit un peu moins de 1 million de m³ étant les toilettes, le nettoyage ou la lessive, théoriquement, **les eaux pluviales pourraient représenter une belle opportunité pour réduire la pression sur la ressource en eau potable**.

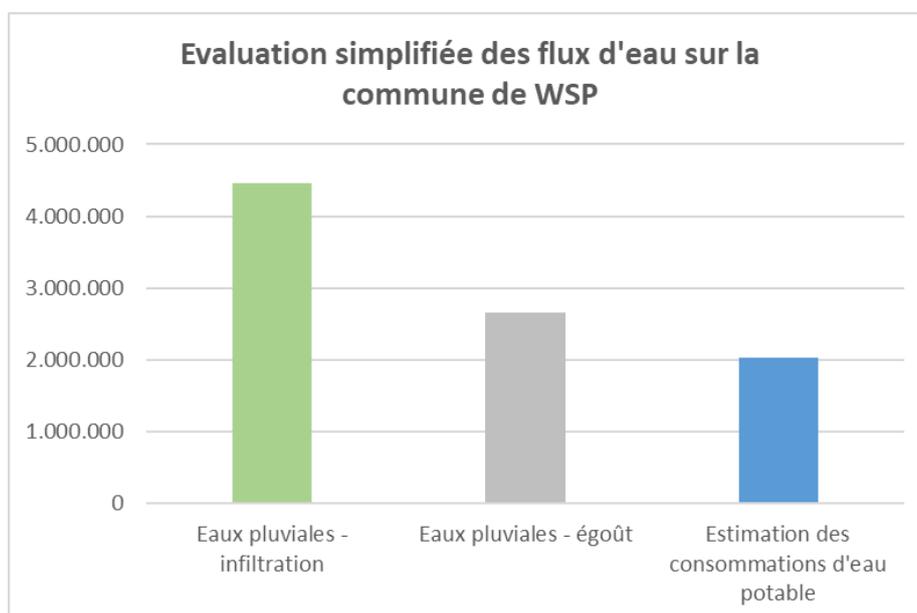


Figure 55. Estimation des flux d'eaux pluviales et des consommations d'eau potable sur Woluwe-Saint-Pierre (EcoRes)

Les besoins d'arrosage pour la commune de Woluwe-Saint-Pierre sont d'environ 2.500 m³ par an (2.000 m³ pour les parterres fleuris et 500 m³ pour les nouvelles plantations)⁴⁴. S'il est évident que la mise en place d'une captation et d'une utilisation des eaux pluviales pour l'arrosage peut couvrir ces besoins, une telle mise en œuvre peut se révéler ardue (consommations de pointe sur quatre mois, stockage). Cela montre néanmoins que le potentiel est présent alors même que ce fut une pratique courante par le passé ⁴⁵. D'autres pratiques potentielles d'utilisation des eaux pluviales, plus ambitieuses comme pour le nettoyage des sols ou pour les toilettes⁴⁶ à grande échelle pourraient largement être couvertes.

⁴³ Entretien avec Tanguy Robert, Vivaqua

⁴⁴ Espaces Verts

⁴⁵ Espaces Verts

⁴⁶ Les toilettes sèches sont une autre alternative permettant de ne plus utiliser de l'eau potable et donc de préserver la ressource.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.3 Politique de l'eau

Vers un stress hydrique plus sensible

Les projections climatiques tendent vers des dynamiques contraires :

- Des précipitations plus abondantes l'hiver peuvent permettre un **meilleur rechargement en eau des aquifères** ;
- Des températures plus élevées en été provoqueront **plus d'évapotranspiration et une diminution de la disponibilité des eaux de surface** (cf. prélèvement sur la Meuse) ;
- Une diminution des cumuls de précipitations estivales induira **une diminution de la disponibilité des eaux de surface**.

Les signaux de tension sur la ressource en eau depuis 2017 ont induit des évolutions importantes dans la gestion de la ressource de la part de Vivaqua qui vont se poursuivre, un plan « Water Quality Plan » est en cours de définition pour poursuivre l'augmentation de la résilience de l'approvisionnement en eau potable. Ces dispositifs rendent aujourd'hui Vivaqua relativement confiant dans sa capacité à approvisionner la Région de Bruxelles-Capitale en eau potable sur le long terme cependant il sera aussi **nécessaire de contenir les usages de l'eau en coordination avec les consommateurs** afin de maintenir ce niveau de confiance.

4.4 Santé

4.4.1 Caractéristiques principales

Les déterminants de la santé sont nombreux et ne sont que partiellement liés à l'environnement dans lequel une personne vit. La modèle de Dahlgren et Whitehead (1991) en arc en ciel présente les déterminants de la santé en quatre niveaux interagissant entre eux :

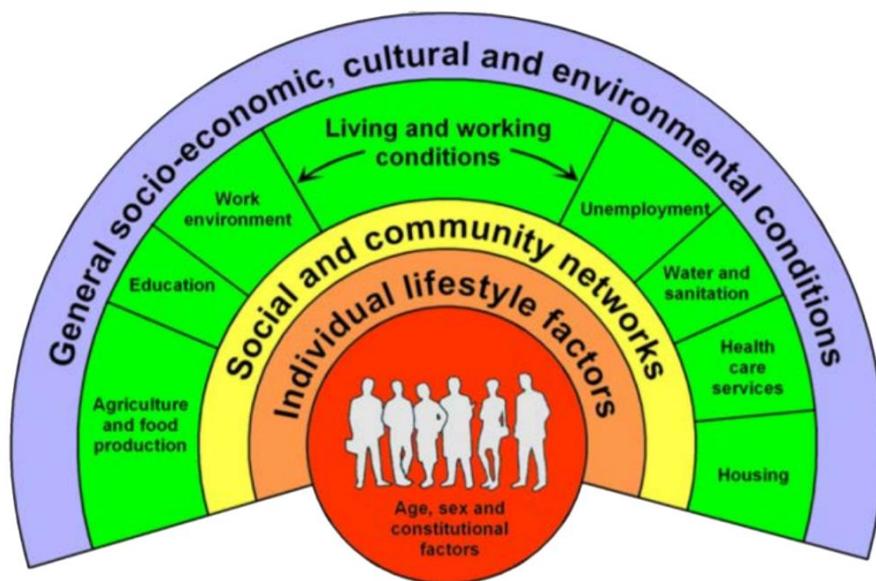


Figure 56. Présentation des déterminants de la santé selon le modèle de Dahlgren et Whitehead (1991).

La population de Woluwe-Saint-Pierre est, en comparaison de la Région de Bruxelles-Capitale, plus âgée avec un coefficient de vieillissement⁴⁷ légèrement inférieur à 100.

Aucune zone de Woluwe-Saint-Pierre n'est dite en pénurie de médecin, c'est un gage de prise en charge lors de période de fortes chaleurs.

⁴⁷ Population de plus de 60 ans / population de moins de 20 ans x 100.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

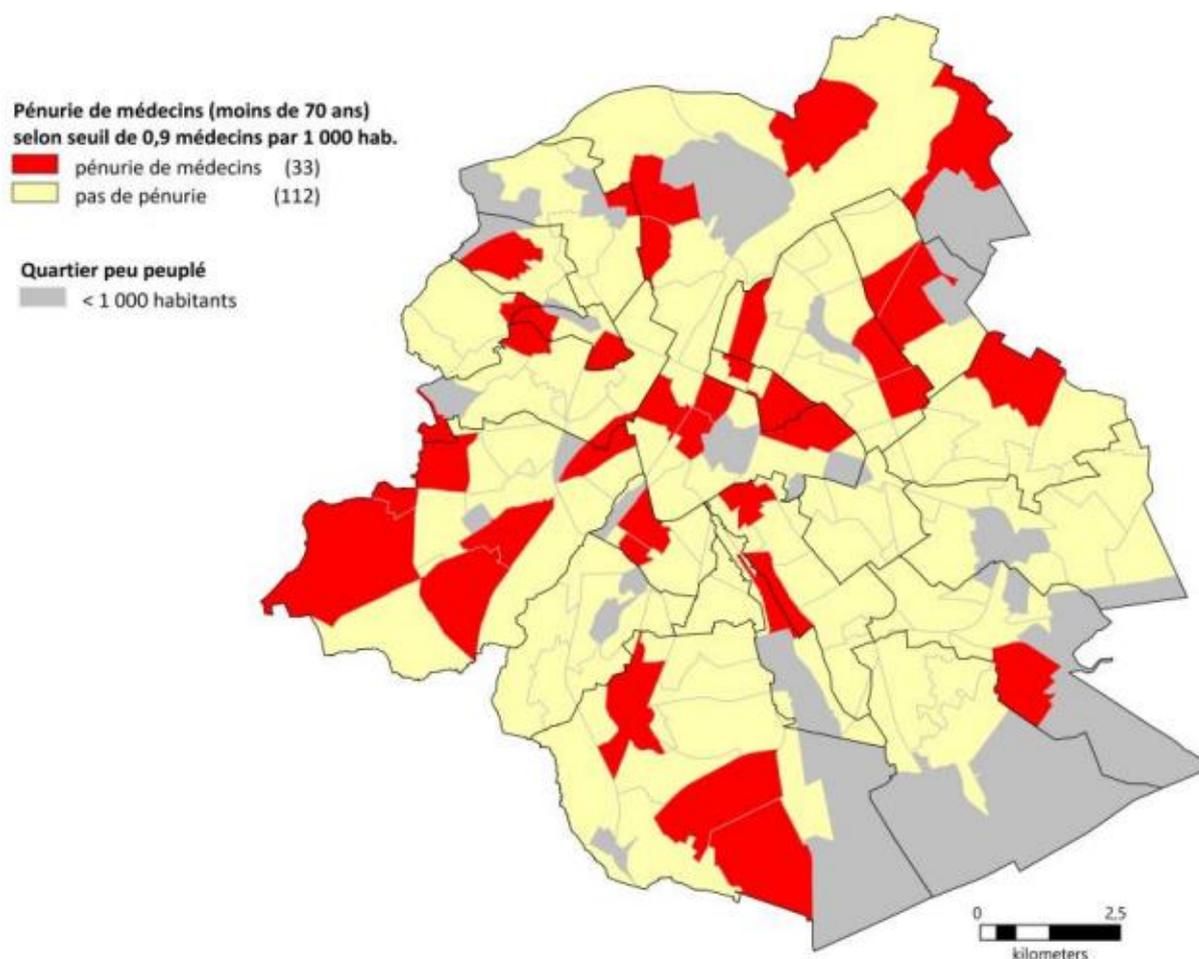


Figure 57. Pénurie de médecins en Région de Bruxelles-Capitales (Missine et Luyten, 2018).

4.4.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale » (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant trois aléas majeurs sur ce territoire pouvant impacter Woluwe-Saint-Pierre en matière de santé :

- Les fortes chaleurs ;
- Les vagues de froid ;
- La température moyenne.

Des fortes chaleurs à prendre en charge

Les fortes chaleurs touchent l'ensemble de la population. Elles peuvent être difficiles à supporter d'autant plus au début du phénomène puisque les organismes ne sont pas encore habitués et lorsqu'une forte humidité et/ou une absence de vent et/ou que la pollution atmosphérique coïncident.

Les populations fragiles – personnes âgées de plus de 65 ans, enfants de moins de 5 ans, malades, en précarité, etc. – sont les plus vulnérables du fait d'un manque d'autonomie pour se rafraichir et se déplacer dans des endroits plus frais.

L'IRM a mis en place un dispositif « Avertissement forte chaleur », ce dernier permet d'anticiper, d'anticiper et de connaître le phénomène. Il donne aussi les premières indications pour se protéger.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

	Description	Critères
	Pas d'avertissement applicable	N/A
	Avec de telles températures, les règles suivantes minimales devraient être appliquées aux personnes âgées et affaiblies : les faire boire davantage et ne pas les laisser en plein soleil. Soyez vigilants.	Lors d'une vague de chaleur , ou lors d'au moins 1 jour avec Tmax >= 32°C .
	Dans de telles circonstances de températures élevées, les règles suivantes minimales sont d'application : boire régulièrement , se vêtir légèrement, passer ses journées dans des endroits frais , se conformer aux règles habituelles de santé, fractionner les portions alimentaires, éviter la chaleur extérieure en fermant portes et fenêtres . Soyez prêts et suivez les conseils donnés par les autorités compétentes.	Durant d'une vague de chaleur , lorsque 3 jours consécutifs atteignent une température maximale moyenne Tmax >= 32°C , ou lors d'au moins 1 jour avec Tmax >= 35°C .
	Dans ces situations extrêmes, les mesures suivantes minimales sont d'application : boire beaucoup, veiller à maintenir un bon « régime salé », se reposer le plus possible, séjourner dans un local rafraîchi, en cas de déshydratation, utiliser des lingettes humides, éviter le rayonnement solaire direct .	Durant une vague de chaleur lorsque 3 jours consécutifs atteignent une température maximale moyenne Tmax >= 35°C , ou lors d'au moins 1 jour avec Tmax >= 40°C .

Figure 58. Recommandation de l'IRM en fonction du code couleur des fortes chaleurs (IRM, 2020b).

Selon les projections climatiques, l'augmentation attendue des températures moyennes peut améliorer le confort thermique des bruxellois mais l'augmentation des fortes chaleurs ainsi que de leur intensité aura l'effet inverse : **un stress thermique qui dégrade le confort et qui peut avoir pour conséquence l'augmentation de la mortalité en période estivale notamment pour les personnes les plus fragiles**.

Si on relève une véritable prise en charge des fortes chaleurs par les maisons de repos, **l'augmentation attendue des populations âgées de plus de 65 ans interroge sur leurs prises en charge lors de ces phénomènes**. Le CPAS de Woluwe-Saint-Pierre a un Plan forte chaleur permettant une prise en charge élargi d'un public identifié⁴⁸, de plus une salle fraîche est disponible au centre culturel pour tous les citoyens. Le support du Wolomag est utilisé pour communiquer les règles de précaution sanitaire depuis deux ans, le projet de flyer « fortes chaleurs » permettra une communication plus large encore :

⁴⁸ Plus un registre où les habitants peuvent s'inscrire (30 actuellement) pour être contacté et suivi lors des périodes de fortes chaleurs.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

Numéros utiles - nuttige nummers

112 Appel d'urgence international
Internationaal noodnummer

0903 99 000 Pharmacies de garde
Apotheken van wacht

02 513 02 02 SOS MEDECINS
SOS ARTSEN

02 764 57 87 Consultation de médecine générale d'urgence
Spoed consult voor algemeen geneeskunde

0800 35 190 Numéro spécial canicule de la commune
Bijzonder hittegetalnummer van de gemeente

Actions de la commune

- dès 30°C, un lieu frais sera mis à disposition de tous, dans le patio du Centre culturel W:Hall

- numéro vert gratuit, **0800.35.190**, pour toutes informations, conseils concernant la canicule et aides non médicales.

Acties van de gemeente

- vanaf 30°C wordt er voor iedereen een koele plek beschikbaar gesteld, in de patio van het W: Hall Cultureel Centrum

- gratis nummer, **0800.35.190**, voor alle informatie, advies over hittegolf en niet-

Protéger les personnes vulnérables et prenez des nouvelles de vos proches.



Bescherm kwetsbare mensen en hoor van uw dierbaren.



*Ne restez pas seul, faites-vous connaître
Blijf niet alleen, maak jezelf bekend*

0800 35 190

Figure 59. Projet de flyers « Fortes chaleurs » (Commun de Woluwe-Saint-Pierre)

Une diminution des effets sanitaires liés au froid

Les personnes les plus fragiles de la société face aux vagues de froid sont notamment les jeunes enfants et les personnes âgées, particulièrement exposés aux risques de santé en cas d'exposition au froid, mais également les personnes les plus faibles sur le plan social telles que, par exemple, les sans-abris.

Par ailleurs, les vagues de froid sont parfois accompagnées de pics de pollution aux particules fines et NOx. En outre, ces mêmes vagues de froid, couplées aux épidémies de grippe fragilisent encore plus les personnes à risques (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012).

La Commune de Woluwe-Saint-Pierre met à disposition des plus fragiles un chauffage à l'église de Stockel ainsi que deux jours par semaine une pièce chauffée pour les sans-abris et les personnes nécessitantes.

On observe une diminution des vagues de froid⁴⁹ sur le territoire bruxellois. Cette tendance se confirme avec une diminution du nombre de jour de gel. Les projections climatiques convergent dans ce sens et permettent d'anticiper **une diminution des effets sanitaires liés au froid**.

⁴⁹ Une vague de froid est définie ici une période d'au moins 5 jours consécutifs avec une température minimale négative et durant laquelle la température maximale est négative pour au moins 3 jours.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

La qualité de l'air en question

Les **particules fines** peuvent être solides ou liquides, elles proviennent de diverses sources anthropiques (majoritaires) comme les **transports, l'industrie, l'agriculture et le chauffage**, ou naturelles (sable ou cendres). Leur temps de présence dans l'air dépend de leurs caractéristiques propres et des conditions météorologiques (dispersion par le vent, précipité au sol par la pluie).

En Région de Bruxelles-Capitale, les particules fines qui participent à la dégradation de la qualité de l'air sont principalement importées (70%). Les émissions locales estimées à 464 tonnes de PM10 proviennent du chauffage dans les secteurs résidentiel et tertiaire à hauteur de 59 %, le transport contribue lui à 38%.

La représentation des concentrations du black carbon permet de se focaliser uniquement sur les particules fines provenant de la combustion (voir ci-dessous).

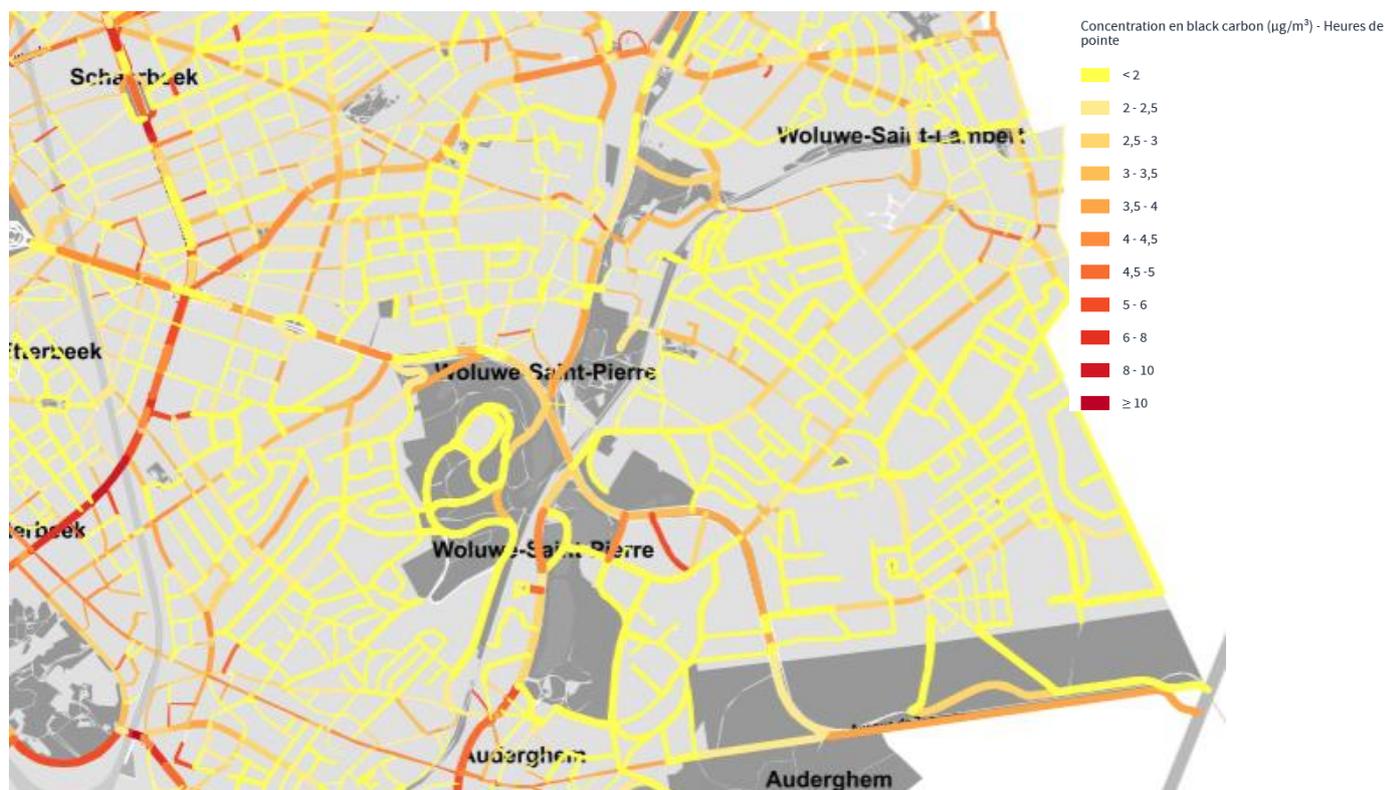


Figure 60. Concentration de black carbon dans les principales rues de la Région bruxelloise lors des heures de pointes matinale et vespérale, période de référence 2014 - 2016 (Bruxelles Environnement)

Les **oxydes d'azote** regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), il s'agit de composés **issus de la combustion** (d'autant plus à mesure que la température de combustion est élevée). Les sources principales de NO_x sont la **production d'énergie, le transport routier, l'industrie et le chauffage**. Ils sont **irritants pour les voies pulmonaires** et favorisent la formation d'ozone.

En Région de Bruxelles-Capitale, les oxydes d'azote proviennent du transport routier (48%) puis des procédés industriels et de l'utilisation des produits.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

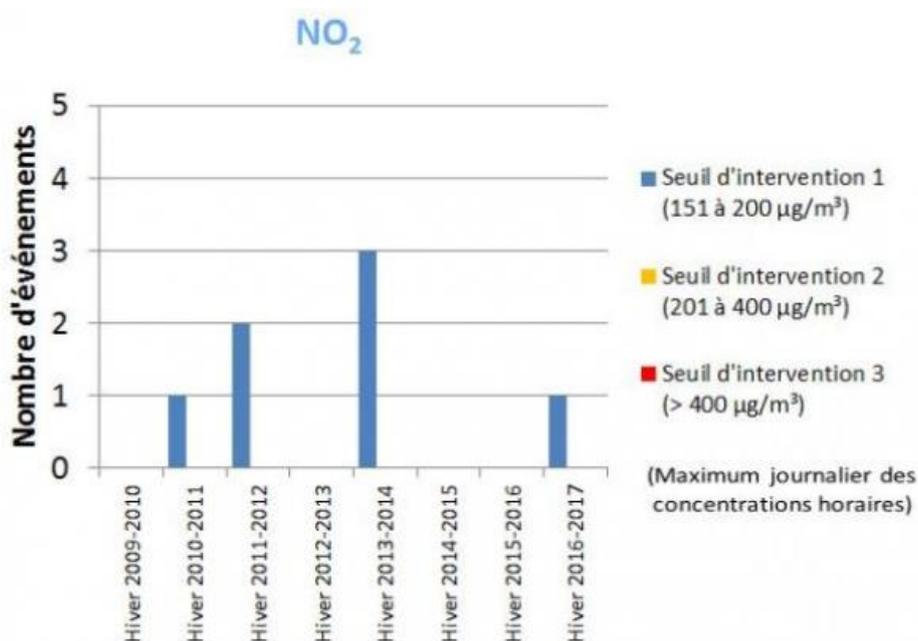


Figure 61. Occurrence des pics de pollution hivernaux bruxellois entre novembre 2009 et mars 2017 (Bruxelles Environnement, 2018b)

Les projections climatiques ne permettent pas d'avoir une vue exhaustive tous les tenants et aboutissant des mécanismes climatiques qui interagissent dans la qualité de l'air. Il est possible de noter que l'augmentation des précipitations hivernales (associées à une masse d'air perturbé) pourraient⁵⁰ permettre une plus grande précipitation au sol des polluants ainsi qu'une plus grande dispersion. **L'augmentation des températures estivales – notamment lors des fortes chaleurs – aura pour conséquence une augmentation des polluants dans l'air.**

L'émergence de nouvelles maladies

Les maladies vectorielles sont portées par un vecteur (insectes, moustiques, etc.). Elles sont de trois types : parasitaires (ex : paludisme), bactériennes (ex : maladie de Lyme) et virales (ex : dengue, chikunkuya).

Les moustiques de type Aedes sont déjà ou ont une très forte probabilité d'installation sur le territoire belge et a fortiori à Woluwe-Saint-Pierre. Il s'agit de l'Aedes Albopictus (plus connu sous le nom de moustique tigre) et de l'Aedes Japonicus. A noté que ce sont des moustiques qui apprécient tout particulièrement les milieux urbains.

Originaire d'Asie et détecté en Albanie au début des années 80, l'Aedes Albopictus est installé de plus en plus vers le nord de l'Europe. Il voyage principalement en lien avec les activités humaines et s'établit si les conditions rencontrées sont favorables pour lui (hiver pas trop rigoureux, supporte le gel).

⁵⁰ Les projections climatiques ne convergent pas vers un signal à la hausse ou à la baisse du nombre de jour de pluie, le seul volume de précipitation doit être pris avec précaution dans son impact sur la qualité de l'air.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.4 Santé

L'élévation des températures en lien avec le changement climatique sera donc un facteur facilitant son implantation.

Les moustiques Aedes sont vecteurs de la dengue, du Zika, de la fièvre jaune ou encore du chikungunya. Si la fièvre jaune est le seul virus pour lequel il existe aujourd'hui un vaccin, les autres virus demandent essentiellement une bonne prise en charge des cas les plus graves.

Avant d'être un vecteur, **il faut que les virus soient présents localement ce qui n'est pas le cas actuellement** (en dehors des cas d'importations). Lorsqu'un Aedes pique une personne porteuse du virus, il y a un temps d'incubation qui rend ce virus transmissible qu'après une certaine période (14 à 21 jours pour le chikungunya). La « vie » d'un moustique étant particulièrement aléatoire et courte (environ 1 mois), le risque de propagation est actuellement très faible (présence moustique X présence virus). **Les études de cas en Italie et dans le sud de la France se veulent rassurantes à court terme**⁵¹ (surveillance importante, faible propagation) compte tenu d'un milieu plus favorable (température)⁵². **L'incertitude est forte quant à savoir si (et quand) ces maladies se développeront** eu Europe et donc aussi à Woluwe-Saint-Pierre.

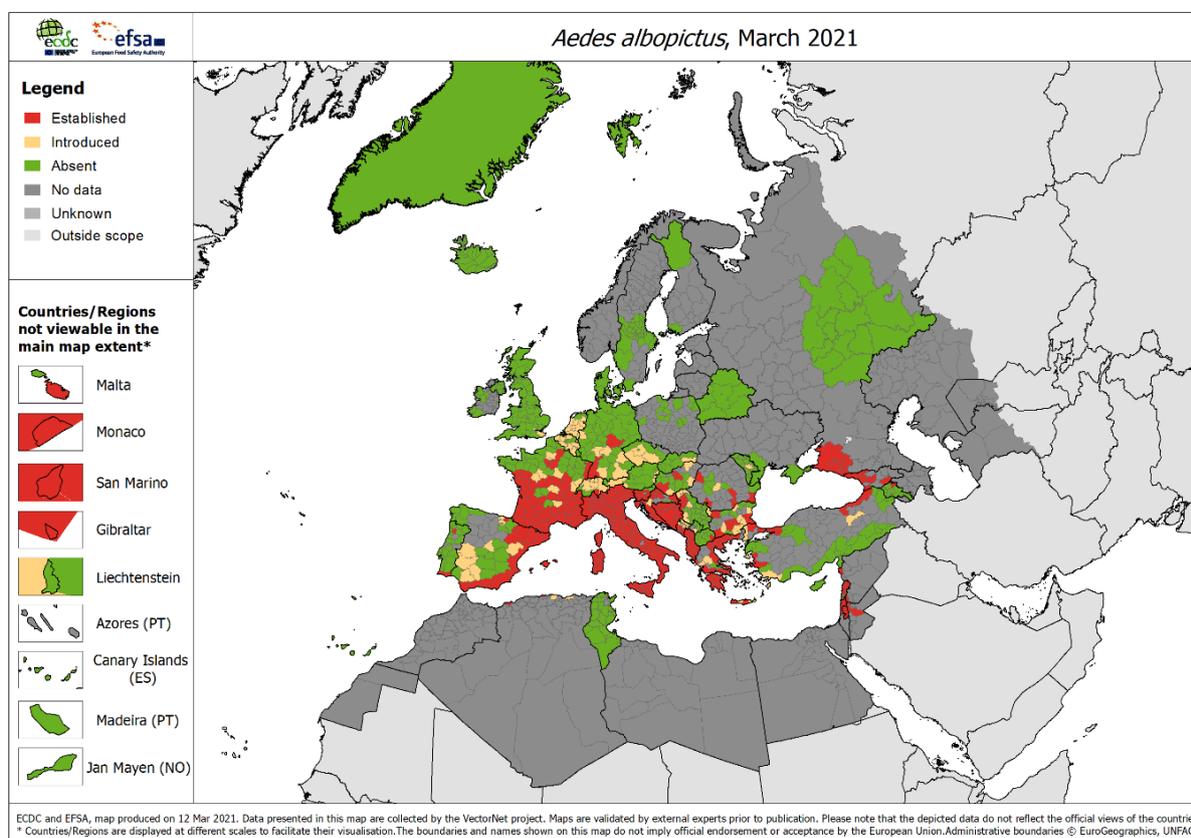


Figure 62. Implantation connue de l'Aedes Albopictus (Source : European Centre for Disease Prevention and Control)

De fait, les températures très basses étant moins fréquentes et le seront encore moins à l'avenir (-16 jours de gel à la fin du XXI^{ème} siècle pour le scénario RCP 8.5), **l'installation des moustiques de type Aedes est inéluctable.**

⁵¹ 15 à 20 prochaines années

⁵² Entretien pour tout ce qui concerne les Aedes avec Sebastian Lequime, Professeur Assistant, Virus Ecology and Evolution, University of Groningen

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.5 Politique de l'énergie

4.5 Politique de l'énergie

4.5.1 Caractéristiques principales

Les caractéristiques de la politique de l'énergie sur le territoire de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre sont présentées dans le volet atténuation du Plan Climat.

4.5.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale » (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant deux aléas majeurs sur ce territoire pouvant impacter Woluwe-Saint-Pierre en matière de politique de l'énergie :

- La température / les fortes chaleurs / les vagues de froid ;
- Les inondations⁵³.

Une forte évolution du profil de consommation

La consommation énergétique de Woluwe-Saint-Pierre est **liée à la température**. En effet, la consommation d'énergie liée au chauffage peut fortement différer d'une année à l'autre en raison des variations du climat. Le lissage des variations climatiques met en évidence l'évolution de la consommation finale liée aux autres facteurs (nombre de logement occupés, PEB, équipements, ...) (Bruxelles Environnement, 2020).

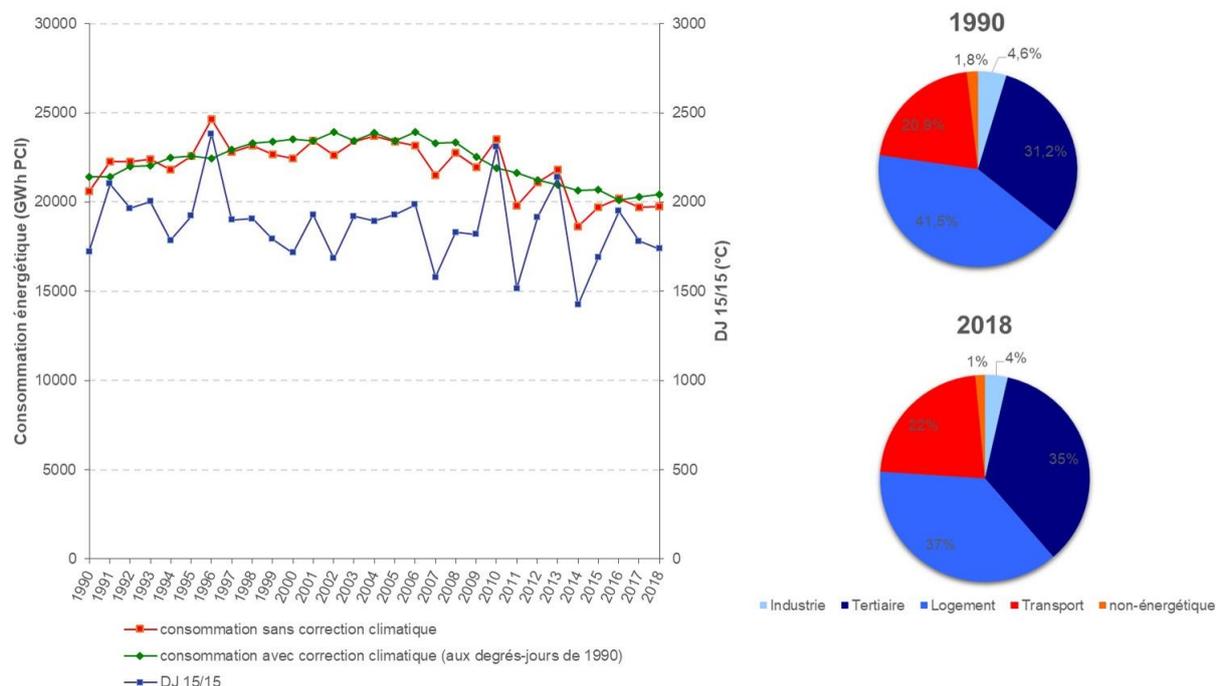


Figure 63. Évolution de la consommation finale totale dans la Région de Bruxelles-Capitale depuis 1990, avec et sans correction climatique (Bruxelles Environnement, 2020).

⁵³ L'aléa inondation a été envisagé lors de l'entretien avec Jean-Philippe Deckers, Project Development & Portfolio Management, ELIA (2016 dans le cadre du diagnostic de vulnérabilité au changement climatique de la Ville de Bruxelles).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.5 Politique de l'énergie

Tendanciellement, l'augmentation de la température a permis **une diminution des besoins en énergie** sur Woluwe-Saint-Pierre.

Les projections climatiques convergent vers une diminution des degrés jours⁵⁴, les consommations d'énergie pour le chauffage vont ainsi tendre à baisser. **Celle-ci est estimée à 17% pour l'Europe (EU 27) en 2050 et 35% en 2100 pour une augmentation de 2°C** (Mina et Criqui, 2009).

Néanmoins, ces diminutions de consommations d'énergie seront **contrebalancées par des besoins de refroidissement plus importants** (notamment dans le secteur tertiaire). On peut aussi envisager qu'une partie de la population de Woluwe-Saint-Pierre de par des moyens financiers suffisants installera ce type de dispositif.

Une production d'électricité sensible aux conditions climatiques

La **performance** des différents modes de production de l'électricité est **liée aux conditions climatiques** et ont une incidence sur les **coûts d'exploitation** :

- Le rendement de production des centrales à cycles thermiques dépend de la température de la source d'eau froide et de sa disponibilité ;
- La production hydroélectrique est tributaire de la disponibilité de l'eau ;
- La production photovoltaïque est liée à l'ensoleillement et son rendement diminue avec la température ;
- La production éolienne est dépendante des régimes de vent.

Faible augmentation des coûts de distribution de l'électricité

La distribution d'électricité engendre des pertes : pertes sur les lignes de transport mais aussi au niveau des convertisseurs haute / moyenne / basse tension. Frontier Economics et Element Energy (2013) estiment par exemple que pour l'ensemble du réseau du Royaume Uni, les pertes de transport et de distribution n'augmenteront pas de plus de 1% par 1°C d'augmentation de la température.

Il n'est pas observé aujourd'hui de pic de consommation en électricité en période de forte chaleur (source : Elia), les capacités de distribution ayant même de la marge l'été en comparaison de la situation hivernale. En amont, **la distribution d'électricité en Région de Bruxelles-Capitale est résiliente** à plusieurs échelles :

- Localement : les postes de distribution haute – moyenne tension et moyenne – basse tension sont implantés dans des lieux non soumis à l'aléa inondation.
Parfois, il y a une évolution de zone d'aléa inondation, deux choix sont possibles : le déplacement du poste de distribution hors zone d'aléa inondation ou la mise en place de mesures spécifiques de protection.
Aujourd'hui les fortes chaleurs n'ont pas d'incidence sur la distribution d'électricité.

⁵⁴ Le degré jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli (18°C dans le cas des DJU).

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.5 Politique de l'énergie

- Nationalement : chaque jour, le distributeur s'assure que la distribution sera assurée même en cas de défaillance d'une ligne ou d'un transformateur (dimensionnement « N-1 »), des simulations sont mêmes réalisées pour deux défaillances.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

4.6 Biodiversité – espaces verts

4.6.1 Une biodiversité inégalement répartie

La biodiversité est riche en Région de Bruxelles-Capitale, avec notamment (Bruxelles Environnement, 2015a) :

- Pour la faune :
 - o 44 espèces de mammifères indigènes ;
 - o 92 espèces d'oiseaux nicheurs ;
 - o 12 espèces d'amphibiens et reptiles indigènes ;
 - o 19 espèces de chauves-souris sur 23 présentes en Belgique.
- Pour la flore : 841 espèces de plantes différentes (soit 50% de la flore belge), les $\frac{3}{4}$ étant indigènes.

Près de 50% de la surface de la Région de Bruxelles-Capitale est non bâtie. Cette abondance d'espaces verts et la grande variété de milieux ou habitats pour la faune et la flore (jardins, parcs, prairies, forêts, friche...) jouent un rôle primordial dans la préservation de la biodiversité bruxelloise (Bruxelles Environnement, 2015a).

La Commune de Woluwe-Saint-Pierre est très verdurisée, d'une part, avec plusieurs grands parcs et une partie de la Forêt de Soignes, et d'autre part, car les parcelles construites laissent majoritairement une place importante à la biodiversité.

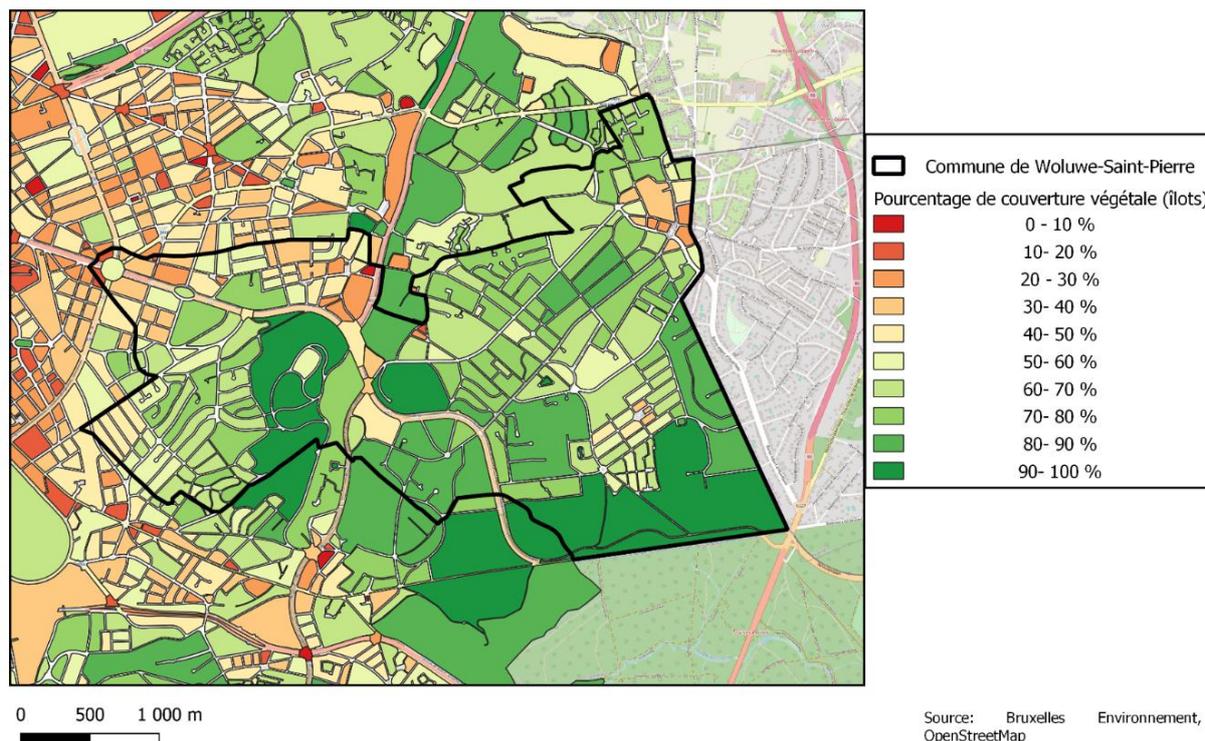


Figure 64. Pourcentage de couverture végétale des îlots de la commune de Woluwe-Saint-Pierre (Bruxelles Environnement)

Outre leur fonction de support à la biodiversité, **les espaces verts en ville ont une fonction éco systémique** (TEEB, 2010), ils :

- Constituent des surfaces d'infiltration des eaux ;

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

- Contribuent à la protection des nappes phréatiques et à l'amélioration de la qualité des eaux ;
- Contribuent à l'amélioration de la qualité de l'air à travers la captation des polluants atmosphériques et la production d'oxygène ;
- Assurent une régulation du cycle du carbone et une atténuation des changements climatiques ;
- Forment une protection contre l'érosion des sols ;
- Contribuent à la réduction du bruit urbain ;
- Contribuent à la régulation du microclimat de la ville (ombrage, rafraîchissement de l'air, réduction de la vitesse des vents, augmentation de l'humidité atmosphérique).

4.6.2 Impacts des aléas climatiques sur le secteur

L'étude « Adaptation au changement climatique en Région de Bruxelles Capitale (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012) a mis en avant plusieurs aléas majeurs sur ce territoire pouvant impacter Woluwe-Saint-Pierre en matière de biodiversité – espaces verts :

- La température ;
- Le nombre de jour de gel ;
- Les vitesses maximales de vent ;
- Les précipitations ;
- Les sécheresses.

Des observations interpellantes sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

Les arbres en milieu urbain sont l'objet de multiples contraintes qui limitent leur développement :

- pollution atmosphérique ;
- pollution lumineuse ;
- place limitée pour le développement du système racinaire ;
- manque d'eau de par l'imperméabilisation des sols et par des fosses de taille limitée ;
- courant d'air ;
- températures élevées ;
- sols compactés ;
- connectivités restreintes au milieux naturels ;
- etc.

Aujourd'hui, **on observe peu de dépérissement d'arbres dans l'espace public par contre ils sont davantage visibles sur les propriétés privées** notamment les bouleaux ou les érables très touchés par

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

la maladie de l'encre ou les maronniers par le *camera ohridella*⁵⁵. D'une manière générale, aucune essence n'est exempte de parasites ou de maladies⁵⁶.



Figure 65. Feuille de maronnier touché par le *camera ohridella* (EcoRes)

Pour le renouvellement des arbres, la Commune de Woluwe-Saint-Pierre ne rencontre pas directement de difficultés car une obligation de reprise est incluse auprès de l'entreprise qui a cette tâche, cela se traduit par des arrosages plus fréquents passés de 7 à 22 ces dernières années⁵⁷, véritable preuve de l'évolution du climat et en lien avec le stress hydrique.

Le Parc de la Woluwe possède un patrimoine arboré ancien ce qui est un facteur de fragilité avec de nombreuses fermeture (auparavant dès 60 km/h de vent, désormais 70 km/h). Un besoin de régénération s'est donc imposé⁵⁸.

Des incendies se sont déjà déclarés en Forêt de Soignes avec notamment 5 interventions du SIAMU en 2020⁵⁹. Dans un contexte de sécheresse, il s'agissait de départs de feu accidentel malgré l'interdiction de réalisation de feu sur le site.

Le changement climatique : une contrainte additionnelle pour la biodiversité et le maintien des services écosystémiques associés

La Forêt de Soignes majoritairement constituée de hêtre est déjà vulnérable dans le climat actuel et le sera encore plus à l'avenir. Les cartes ci-dessous ont été élaborées en 2010, une étude plus récente confirme que le changement climatique affecte le développement du hêtre⁶⁰. Il s'agit d'un changement important à venir pour la physionomie de cette forêt dite cathédrale.

⁵⁵ Espaces Verts

⁵⁶ Espaces Verts

⁵⁷ A noter que le climat n'est pas le seul paramètre ayant une influence sur la reprise, la nature du sol joue également

⁵⁸ Entretien avec Stéphane Vanwijnsberghe, Chef de Sous-division Forêt et Nature, Bruxelles Environnement.

⁵⁹ Entretien avec Stéphane Vanwijnsberghe, Chef de Sous-division Forêt et Nature, Bruxelles Environnement.

⁶⁰ Entretien avec Stéphane Vanwijnsberghe, Chef de Sous-division Forêt et Nature, Bruxelles Environnement.

4 - Les conséquences du changement climatique sur le territoire de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

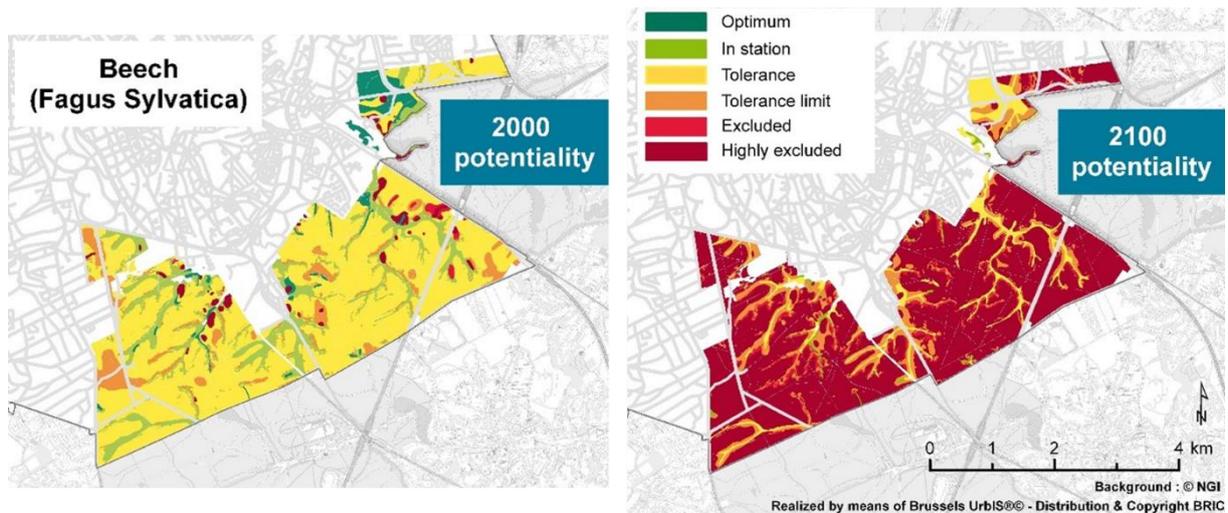


Figure 66. Adéquation potentielle du hêtre aux conditions stationnelles de 2000 et de 2100 (Plan de gestion de la Forêt de Soignes bruxelloise)

Développement de plantes exotiques

Cet enjeu n'est pas lié directement au climat mais fait pression sur les espèces indigènes voire même sur la santé publique (Berce du Caucase) et pourrait être renforcé par une modification du climat.

Les espèces exotiques sont celles qui n'étaient pas initialement présentes sur le territoire et qui trouvent un terrain favorable pour leur développement. Il peut s'agir d'animaux détenus en captivité ou d'élevage libérés et ayant trouvé un espace favorable à leur développement. Il peut aussi s'agir d'espèces libérées accidentellement (via le transport de marchandises par exemple) ou délibérément introduites par l'homme (fréquemment des plantes ornementales) (Factor-X, EcoRes et TEC, 2012).

5 - Evaluation des vulnérabilités au changement climatique du territoire de la commune de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

5 Evaluation des vulnérabilités au changement climatique du territoire de la commune de Woluwe-Saint-Pierre

Chaque vulnérabilité clef de la Commune de Woluwe-Saint-Pierre a fait l'objet d'une évaluation (selon les principes de la méthode Impact'Climat, ADEME). Il s'agit de croiser les aléas climatiques avec la sensibilité du territoire pour chaque vulnérabilité. Une évaluation de 0 à 4 est proposée systématiquement :

- 0 : absence d'aléa ou de sensibilité sur le territoire ;
- 4 : aléa très significatif (en intensité et/ou en fréquence) ou sensibilité très importante du territoire.

Le croisement permet une évaluation entre 0 (score minimum) et 16 (score maximum). A noter que les vulnérabilités mises en avant pour Woluwe-Saint-Pierre ont toutes une pertinence aujourd'hui, à moyen ou long terme, le score de 3 étant un premier seuil qui doit interpeller.

Cela reste une évaluation qualitative mais elle permet de **situer les vulnérabilités les plus prégnantes du territoire aujourd'hui et pour la fin du siècle.**

5 - Evaluation des vulnérabilités au changement climatique du territoire de la commune de Woluwe-Saint-Pierre

4.6 Biodiversité – espaces verts

note : 2050, climat 'acquis' 2100 'scénario pessimiste'		Aléa			Sensibilité			Vulnérabilité			
		2020	2050	2100	2020	2050	2100	2020	2050	2100	
Urbanisme	Dégradation du confort thermique urbain	Fortes chaleurs	1,25	2	3	2	2	2,5	2,5	4	7,5
	Surchauffe des bâtiments	Fortes chaleurs	1,25	2	3	3	3	3	3,75	6	9
	Dégradation consécutives aux inondations	Inondations - Pluies intenses	2,5	2,75	3,5	2,75	2,75	2,75	6,875	7,5625	9,625
Mobilité	Entraves à la mobilité	Précipitations Inondations Fortes chaleurs Gel et neige	2	2,5	3	1,25	1,5	2	2,5	3,75	6
Politique de l'eau	Stress hydrique	Précipitations Fortes chaleurs Sécheresse	1	2	3	1	1,75	2,5	1	3,5	7,5
Santé	Mortalité hivernale	Vague de froid	2,5	2	1,5	2	2	2	5	4	3
	Mortalité estivale	Fortes chaleurs	1,75	2,5	3,5	2	2,5	4	3,5	6,25	14
	Dégradation estivale de la qualité de l'air	Précipitations Fortes chaleurs	1,75	2,5	3,5	2,5	2,25	2	4,375	5,625	7
	Maladies à vecteur (hors tiques / Lyme)	Température moyenne	0	2	2	0	2	3	0	4	6
Politique de l'énergie	Résilience du système énergétique	Température moyenne Fortes chaleurs Vagues de froid Inondations	1	2	3,5	1	1,75	?	1	3,5	
Biodiversité	Affaiblissement de la biodiversité / arbre de ville et des services écosystémiques associées	Température moyenne Jour de gel Vent violent Précipitations Sécheresse	2	3	4	2,25	2,25	2,25	4,5	6,75	9
	Point de basculement des peuplements lors de sécheresses intenses et d'incendie	Sécheresse Fortes chaleurs	2	3	4	2	2	2	4	6	8

Figure 67. Evaluation des vulnérabilités au changement climatique de la commune de Woluwe-Saint-Pierre

6 Acronymes et abréviations

CORDEX	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment and beyond
EEE	Espèces exotiques envahissantes
FP	Framework Programme (programme cadre)
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIEP	Gestion intégrée des Eaux Pluviales
ICU	Ilot de Chaleur Urbain
IRM	Institut Royal Météorologique
kWh	kilo Watt heure
NOx	Oxydes d'azote
PCDN	Plan Communal de Développement de la Nature
PIB	Produit Intérieur Brut
PM	Particules fines
POLLEC	Politique locale Energie Climat
PPM	Partie Par Million
RBC	Région de Bruxelles-Capitale
RCP	Representative Concentration Pathways
SDC	Schéma de Développement Communal
SIAMU	Service d'Incendie et d'Aide Médicale d'Urgence
SIGB	Sites de grand intérêt biologique

7 Bibliographie

- Baguis, P., Roulin, E., Ntgeka, V., Willems, P. 2010 « Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium ». *Theoretical and Applied Climatology* 99(3): 273-286. 10.1007/s00704-009-0146-5.
- Bruxelles Environnement. 2008a. « Geodata : Degré de verdurisation ». <https://geodata.environnement.brussels/client/view/bc3c750a-defa-46e1-8f76-89f19cea11b2>.
- . 2008b. « Geodata : Thermographie ». <https://geodata.environnement.brussels/client/view/ec6d35bd-e59c-48a6-aec1-aae29b092091>.
- . 2012. « Plantes invasives de la Région de Bruxelles-Capitale ». https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/IF_BerceCaucase_FR.PDF.
- . 2015a. « La biodiversité à Bruxelles ». https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Biodiversite%202010%20FR.
- . 2015b. « Parc Tenbosch ». 2015. <https://environnement.brussels/fiche/parc-tenbosch-0>.
- . 2017. « Plan de gestion de l'eau de la Région de Bruxelles-Capitale 2016-2021 ». https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/RAP_Eau_PGE2016-2021_FR.pdf.
- . 2018a. « Approvisionnement et consommation d'eau de distribution ». <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/rapports-sur-letat-de-lenvironnement/synthese-2015-2016/eau-et-5>.
- . 2018b. « Qualité de l'air : pics de pollution hivernaux ». <https://environnement.brussels/lenvironnement-etat-des-lieux/rapports-sur-letat-de-lenvironnement/synthese-2015-2016/air/qualite--3>.
- . 2019. « Geodata : Inondation aléa et risque ». <https://geodata.leefmilieu.brussels/client/view/1a3cae6b-dd04-4b28-a3e2-c432dc83e24f>.
- . 2020. « Bilan énergétique 2018 de la Région de Bruxelles-Capitale ». https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/resume_rbc_FR_2018-v.2.0-ds-2.1.pdf.
- Bureau fédéral du Plan (BFP), et Direction générale Statistique - Statistics Belgium (Stabel). 2017. « Perspectives démographiques 2016-2060 - Population et ménages ». Bruxelles : Bureau fédéral du Plan et Direction générale Statistique - Statistics Belgium. https://www.plan.be/uploaded/documents/201703070756530.FOR_POP1660_11440_F.pdf.
- BX1. 2018. « Fortes chaleurs : certaines fontaines de Bruxelles permettent de se désaltérer ». <https://bx1.be/news/fortes-chaleurs-certaines-fontaines-de-bruxelles-permettent-de-se-desalterer/>.
- Christian Aid. 2007. « Human tide: the real migration crisis ». Londres : Christian Aid. <https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2017-08/human-tide-the-real-migration-crisis-may-2007.pdf>.
- Commissariat général au développement durable (CGDD). 2011. « Guide d'accompagnement des territoires pour l'analyse de leur vulnérabilité socio-économique au changement climatique ». 37. Études & documents. Commissariat général au développement durable : Service de l'observation et des statistiques. https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/E_D_37_Guide_vulnerabilite_climat.pdf.

7 - Bibliographie

4.6 Biodiversité – espaces verts

- de Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., Artés Vivancos, T., San-Miguel-Ayanz, J. 2017. « Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty ». Luxembourg : Publications Office of the European Union, 10.2760/13180, JRC108974.
- Energie-Technologie-Environnement – Adaptation et Robustesse (ETEM-AR). 2012. « Le projet : Problématique ». <https://etem-ar.ordecys.com/base.php?code=23>.
- Escourrou, G. 1991. « Le climat et la ville ». *Norois* 162, 358-359. https://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1994_num_162_1_6566_t1_0358_0000_2.
- Eskeland, G.S., Mideksa, T.K. 2010. « Electricity demand in a changing climate ». *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 15, 877-897. <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9246-x>.
- Etablissement Public pour l'Aménagement de la Meuse (EPAMA). 2009. « AMICE : Le changement climatique ». http://www.amice-project.eu/fr/context.php?page=climate_change/.
- European Environment Agency (EEA). 2020. « Meteorological and Hydrological Droughts in Europe ». Indicator Assessment. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/river-flow-drought-3/assessment>.
- Factor-X, EcoRes, et 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 ». Bruxelles : Bruxelles Environnement. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Airclimat%20Etude%20ChgtClimatiqueRBC.
- Forêt.Nature. 2020. « Fichier écologique des essences ». <https://www.fichierologique.be/#/>.
- Frontier Economics, et Element Energy. 2013. « Pathways to high penetration of heat pumps ». Londres : Frontier Economics Ltd. <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2013/12/Frontier-Economics-Element-Energy-Pathways-to-high-penetration-of-heat-pumps.pdf>.
- Hamdi, R, H Van de Vyver, R De Troch, et P Termonia. 2013. « Assessment of three dynamical urban climate downscaling methods: Brussels's future urban heat island under an A1B emission scenario ». *International Journal of Climatology* 34, 978–999. <https://doi.org/10.1002/joc.3734>.
- Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA). 2001. « Carte Statistiques - Part des logements construits avant 1961 2001 (%) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-bati-et-equipements-bruxelles/caracteristique-du-bati-region-bruxelloise/part-des-logements-construits-avant-1961/1/2001/>.
- . 2006. « Carte Statistiques - Part des surfaces imperméables 2006 (%) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-environnement-bruxelles/espaces-verts-region-bruxelloise/part-des-surfaces-impermeables/1/2006/>.
- . 2012. « Carte Statistiques – Part de la population à proximité d'un espace vert accessible au public 2012 (%) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-environnement-bruxelles/espaces-verts-region-bruxelloise/part-de-la-population-proximite-dun-espace-vert/1/2012/>.
- . 2017. « Carte Statistiques – Nombre de médecins généralistes pour 1000 habitants (‰) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-sante-bruxelles/offre-de-soins-de-sante/nombre-de-medecins-generalistes-pour-1000-habitants/1/2017/>.

7 - Bibliographie

4.6 Biodiversité – espaces verts

- . 2018. « Carte Statistiques – Densité de bureaux (m²/km²) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-bati-et-equipements-bruxelles/mixite-urbaine-region-bruxelloise/densite-de-bureaux/1/2018/>.
- . 2019. « Carte Statistiques – Densité de population 2019 (hab/km²) ». <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-population-bruxelles/evolution-population/densite-de-population/1/2019/>.
- Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (IBSA), et Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale. 2016. « Zoom sur Woluwe-Saint-Pierre ». Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse.
- Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable (ICEDD). 2014. « L'identification et l'évaluation des coûts de l'inaction face au changement climatique en Wallonie ». Namur : Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable. http://www.awac.be/images/Pierre/mediatheque/etudes/20140520_rapport_couts%20inaction_partiel.pdf.
- Institut Royal Météorologique (IRM). 2015a. « Statistiques climatiques des communes belges ». https://www.meteo.be/resources/climatology/climateCity/pdf/climate_INS21019_fr.pdf.
- . 2015b. « Vigilance climatique 2015 ». Bruxelles : IRM. https://www.meteo.be/resources/20150508vigilance-oogklimaat/vigilance_climatique_IRM_2015_WEB_FR_BAT.pdf.
- . 2020a. « Atlas climatique ». Bruxelles : IRM. <https://www.meteo.be/fr/climat/atlas-climatique/cartes-climatiques/temperature-de-lair/moyenne/annuel>.
- . 2020b. « IRM - Légende Chaleur ». Bruxelles : IRM. <https://www.meteo.be/fr/meteo/avertissements/legende-chaueur>.
- . 2020c. « Rapport climatique 2020 ». Bruxelles : IRM. <https://www.meteo.be/uploads/media/5f7c66570cae5/fodb17-0001-raclimat2020-a4-fr-v6-web.pdf?token=/uploads/media/5f7c66570cae5/fodb17-0001-raclimat2020-a4-fr-v6-web.pdf>.
- Institut scientifique de Santé publique (ISP). 2008. « Les données de l'IBGE : Interface Santé et Environnement. 14. Asthme ». Bruxelles : Institut scientifique de Santé publique. https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/san%2014.
- . 2016. « Zoonoses et maladies à transmission vectorielle : Synthèse annuelle 2015 ». Bruxelles : Institut scientifique de Santé publique. https://nrchm.wiv-isp.be/fr/centres_ref_lab0/Plasmodium/Rapports/Zoonoses%20et%20maladies%20C3%A0%20transmission%20vectorielle%202015.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. « Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse ». https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf
- . 2014. « Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability ». Cambridge : Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O., Bouwer, L. Braun, A., et al. 2014. « EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research ». *Reg Environ Change* 14, 563-578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>.

7 - Bibliographie

4.6 Biodiversité – espaces verts

- Lauwaet, Dirk, et De Ridder, Koen. 2018. « Cartografie van de koelte-eilanden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Cartographie des îlots de fraîcheur dans la Région de Bruxelles-Capitale ». Mol : VITO.
https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Cartografie_Koelte_Eilanden_BHG.
- Lauwaet, Dirk, Koen De Ridder, S. Saeed, Erwan Brisson, F. Chatterjee, Nicole Lipzig, Bino Maiheu, et Hans Hooyberghs. 2016. « Assessing the current and future urban heat island of Brussels ». *Urban Climate* 15, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.11.008>.
- Linnerud, K., Mideksa, T., Eskeland, G. 2011. « The impact of climate change on nuclear power supply ». *The Energy Journal* 32, 1. 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No1-6.
- Marbaix, P., van Ypersele, J-P. 2004. « Impacts des changements climatiques en Belgique ». Greenpeace : Bruxelles. <https://www.elic.ucl.ac.be/users/marbaix/impacts/docs/ImpactsGPvF-MR-FR.pdf>.
- Mima, S., Criqui, P. 2009. « Assessment of the impacts under future climate change on the energy systems with the POLES model ». Venise : International energy workshop. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00452948/>.
- Missinne, S., Luyten, S. 2018. « Les médecins généralistes en région bruxelloise : qui sont-ils, où pratiquent-ils et où se situent les potentielles pénuries ? » Bruxelles : Observatoire de la Santé et du Social. https://www.ccc-ggc.brussels/sites/default/files/documents/graphics/dossiers/dossier_2018-02_medecins_generalistes_bruxelles.pdf.
- Peel, M C, B L Finlayson, et T A McMahon. 2007. « Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification ». *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13.
https://pdfs.semanticscholar.org/474b/dcf84c3f3af3eafc94404edf3e217af061dc.pdf?_ga=2.53969709.444815058.1604331768-929782055.1604331768.
- Réseau de Surveillance Aérobiologique Belge. 2020. « Bruxelles : Graminées ». <https://airallergy.sciensano.be/fr/content/bruxelles>.
- Sciensano. 2020. « Bruxelles | AirAllergy.be ». <https://airallergy.sciensano.be/fr/content/bruxelles>.
- Service public fédéral Intérieur (SPF Intérieur). 2017. « Statistiques 2017 des zones de secours belges ». Service public fédéral Intérieur.
https://www.civileveiligheid.be/sites/default/files/explorer/statistiques_interventions_si_2017_fr-fw_def.pdf.
- Société Bruxelloise de Gestion de l'Eau (SBGE). 2018. *Bassin d'orage Flagey*.
<https://participez.environnement.brussels/initiatives/bassin-dorage-flagey>.
- Spinoni, J., Vogt, J., Barbosa, P., Dosio, A., McCormick, N., Bigano, A., Füssel, H-M. 2018. « Changes of heating and cooling degree-days in Europe from 1981 to 2100 ». *International Journal of Climatology* 38, 191-280. <https://doi.org/10.1002/joc.5362>.
- Steenveld, G. J., S. Koopmans, B. G. Heusinkveld, L. W. A. van Hove, et A. a. M. Holtslag. 2011. « Quantifying Urban Heat Island Effects and Human Comfort for Cities of Variable Size and Urban Morphology in the Netherlands ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 116 (D20).
<https://doi.org/10.1029/2011JD015988>.
- TEEB. 2010. « The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations ». Londres : Earthscan. <http://www.teebweb.org/wp->

7 - Bibliographie

4.6 Biodiversité – espaces verts

content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Ecological%20and%20Economic%20Foundations/TEEB%20Ecological%20and%20Economic%20Foundations%20report/TEEB%20Foundations.pdf.

Tsoka, Stella. 2011. « Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons : application au cas des écoquartiers ». Other, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment [CSTB], Nantes. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00762674>.

van Vliet, M., Yearsley, J., Ludwig, F., Vögele, S., Lettenmaier, D., Kabat, P. 2012. « Vulnerability of US and European electricity supply to climate change ». *Nature Clim Change* 2, 676–681. <https://doi.org/10.1038/nclimate1546>.

VIVAQUA. 2012. « Tailfer, la technologie au service de l'eau... » Bruxelles : VIVAQUA. https://www.vivaqua.be/sites/default/files/tailfer_la_technologie_au_service_de_leau.pdf.

———. 2020a. « La production d'eau potable ». <https://www.vivaqua.be/fr/profil/la-production-deau-potable>.

———. 2020b. « Provenance de l'eau du robinet ». <https://customers.vivaqua.be/le-cycle-de-leau-a-bruxelles/provenance-de-leau-du-robinet/>.

Whitehead, M, et G Dahlgren. 1991. « What Can Be Done about Inequalities in Health? » *The Lancet* 338, 2: 1059-63. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91911-D](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91911-D).

Wikipédia. 2020. « Classification de Köppen ». https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Classification_de_K%C3%B6ppen&oldid=168284243.