

Ressources en eau et climat

La Wallonie en manque de pluie ? (1/2)

Restrictions de consommation d'eau dans certaines communes, sécheresse, la Wallonie manquera-t-elle d'eau ?

Cette Lettre est la première partie de deux parutions sur le thème des ressources en eau. Elle se concentre sur les aspects climatiques, et plus particulièrement sur les précipitations, dont les variations influencent la disponibilité d'eaux souterraines et de surface. Les changements climatiques pourraient cependant aussi influencer la demande, notamment si le besoin d'irrigation des cultures prend de l'ampleur.

Nous illustrons l'évolution des précipitations à l'aide des mesures réalisées à Bruxelles depuis le 19^e siècle (à l'Observatoire Royal puis à l'IRM) et en plusieurs points de Wallonie depuis les années 50. Les caractéristiques principales de cette évolution sont analysées à la lumière des rapports du GIEC et en expliquant les principes physiques impliqués. Nous faisons la part de ce qui est avéré et de ce qui est incertain, et présentons les projections du GIEC pour le futur ainsi que des résultats des recherches menées en Belgique. La prochaine Lettre abordera les conséquences de ces évolutions climatiques pour les ressources en eau ainsi que les mesures d'adaptation potentielles.

En fin de Lettre, l'agenda reprend des événements ouverts aux experts et d'autres ouverts à un public plus large.

Nous vous souhaitons une agréable lecture de cette Lettre, qui inspirera peut-être des analyses similaires dans d'autres régions.

Jean-Pascal van Ypersele, Bruna Gaino et Philippe Marbaix.

Sommaire

Évolution du climat en Wallonie : Vive la pluie ?.....	2
Contexte global.....	2
Observations en Belgique : davantage de précipitations en hiver... ..	3
IRM : Rapport climatique 2020.....	3
Climat mondial, observations et partage international de données	4
Davantage de pluies en hiver, probablement moins en été : pourquoi ?...5	
En Wallonie, un contraste été/hiver accru et des variations naturelles importantes	6
Évolution projetée pour le 21 ^e siècle	7
Quelle conclusion pour les ressources en eau ?	8
Agenda	9
Stripes show	11



Wallonie
environnement



Awac

> Évolution du climat en Wallonie : Vive la pluie ?

Philippe Marbaix,
plateforme wallonne pour le GIEC [*]

Les pluies modérées sont importantes en hiver pour alimenter les eaux souterraines. Dans nos régions, elles permettent notamment de cultiver sans irriguer ; comment vont-elles évoluer ?

La Belgique, un pays où il pleut tout le temps. Cela n'a jamais été tout à fait vrai... mais un peu quand même : en moyenne, environ 70 litres d'eau tombent chaque mois, sur chaque mètre carré de territoire, été comme hiver, avec un peu plus de précipitations sur les reliefs qu'au nord du pays. Quand on regarde plus en détail, ces quantités varient cependant assez fort d'un mois à l'autre au cours d'une même année et d'une année à l'autre.

Quelle est l'ampleur des fluctuations d'origine naturelle, et quelle est la part des effets du réchauffement global ? Ce sont des questions importantes pour comprendre et projeter l'évolution future. Les phénomènes météorologiques et climatiques résultent de la superposition de variations naturelles et des changements climatiques anthropiques, donc leurs impacts sont aussi liés à ces deux facteurs. Pour traiter des impacts et du potentiel d'adaptation, il faut donc avoir une vue correcte des fluctuations naturelles à diverses échelles de temps jusqu'à plusieurs décennies, en plus d'une connaissance de la contribution des changements climatiques.

Contexte global

Rappelons d'abord que l'accroissement des températures moyennes est maintenant très bien connu. Comme le résume le GIEC, « on estime que les activités humaines ont causé environ 1,0 °C de réchauffement planétaire » depuis le début des activités industrielles à grande échelle [1]. Le réchauffement provient des émissions de gaz à effet de serre (GES), et dans une moindre mesure d'autres facteurs, dont le changement d'occupation des sols.

Et les précipitations ? En moyenne, les précipitations (pluie, neige, grêle) ont augmenté au cours du 20^e siècle sur les terres situées aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord (entre les régions polaires et tropicales) [2]. Comme le montre la figure 1, les précipitations ont augmenté dans nos régions, mais ont diminué ailleurs dans le monde, notamment dans les pays méditerranéens et une partie de l'Afrique. En parallèle, la fréquence et l'intensité des événements de fortes précipitations ont probablement augmenté dans une majorité de régions du monde, notamment en Europe et en Amérique du Nord [1].

En bref

- En Belgique, on observe une augmentation des précipitations en hiver par rapport au 19^e siècle
- Aux autres saisons, dont l'été, il est tombé moins de pluie au cours des dernières décennies, mais cela peut provenir de fluctuations naturelles
- Tenir compte des fluctuations naturelles sur plusieurs décennies peut être important pour les impacts et l'adaptation
- En hiver, on s'attend à ce que les précipitations continuent d'augmenter au cours du siècle à cause du réchauffement global
- En été, il y a un risque, mal quantifié, que les précipitations totales diminuent
- Les événements de fortes pluies vont très probablement continuer à devenir plus intenses
- Les températures vont continuer à augmenter, ce qui tend à accroître les besoins d'eau
- Les risques seront limités si les émissions mondiales de gaz à effet de serre sont rapidement réduites

[*] L'encadré « Davantage de pluies en hiver (...) » a bénéficié des remarques et suggestions de Xavier Fettweis et Sébastien Doutreloup (Université de Liège). Le texte est sous la responsabilité de la Plateforme. Merci aux collègues qui ont relu les épreuves et à Solenn Koç, qui vient de quitter la Plateforme, pour les discussions qui ont alimenté cette Lettre.

[1] GIEC, 2018 : Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Résumé à l'intention des décideurs : ipcc.ch/sr15

[2] Le degré de certitude est moyen entre 1901 et 1951, et très élevé après 1951, reflétant l'augmentation du nombre de mesures de qualité suffisante.

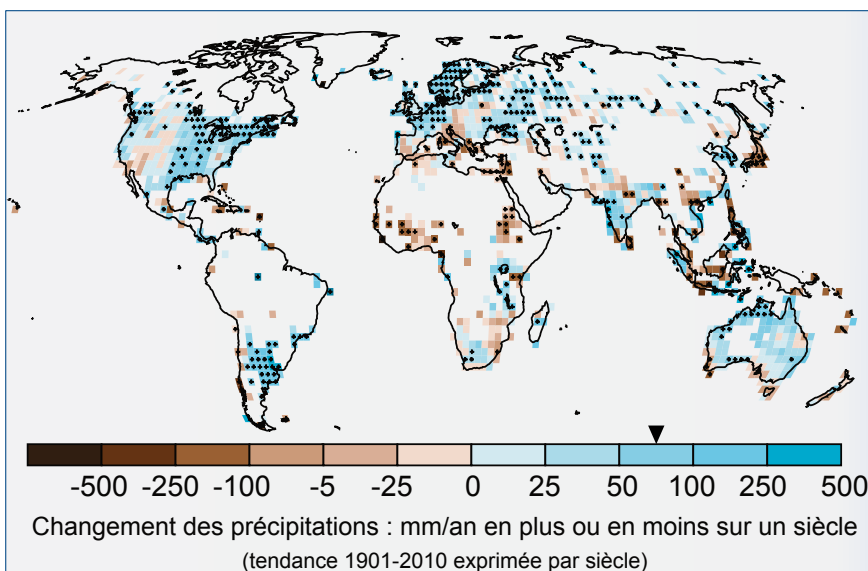


Figure 1 : Évolution des précipitations.

Tendance pour la période 1901-2010, en mm d'eau en plus ou en moins chaque année, par siècle (1 mm = 1 litre /m²).

Les symboles « + » indiquent qu'en cet endroit, il est peu probable que le changement observé soit dû au hasard.

Sur l'échelle de couleurs en bas de la figure, nous avons indiqué la gamme d'augmentation pour nos régions à l'aide d'un triangle noir.

Source : GIEC, 5^e rapport d'évaluation, Groupe de travail I, Résumé Technique (p.44), Axe thématique 1 (AT1 figure 2; en anglais AR5 WGI TFE.1 : Water cycle change): frama.link/S4EhKyxX

Observations en Belgique : davantage de précipitations en hiver...

L'Observatoire Royal de Belgique puis l'Institut Royal Météorologique ont mesuré les précipitations à Bruxelles chaque jour à partir de 1833 [3]. Ces données historiques sont essentielles pour comprendre l'évolution en cours, notamment en ce qui concerne les variations naturelles d'une année à l'autre et d'une décennie à l'autre. La figure 2 en donne un aperçu. Au premier abord, on constate que les précipitations varient fortement d'une année à l'autre (barres bleues). En prenant des moyennes sur 30 ans et en divisant chaque année en deux périodes de 6 mois pertinentes du point de vue hydrologique, on voit que les précipitations augmentent dans la période contenant l'hiver, et restent approximativement stables le reste de l'année. En se concentrant sur les 3 mois d'hiver (décembre à février), l'IRM indique que l'augmentation entre les 30 premières années disponibles et les 30 dernières années est de 31% [3][4]. Cette évolution est cohérente avec l'évaluation du GIEC au niveau mondial (ci-dessus) et correspond qualitativement à ce qui est attendu dans un monde plus chaud (voir encadré « Plus de pluies en hiver (...) »).

Dans la section suivante, consacrée aux observations en Wallonie, nous abordons les aspects saisonniers plus en détail et revenons sur la question des extrêmes.

- [3] Rozemien De Troch (Coordinatrice) 2020: Rapport climatique 2020. De l'information aux services climatiques. Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM): frama.link/PvF6JGFx
- [4] Nous ne faisons pas l'hypothèse que l'entièreté de l'augmentation en hiver constatée ici est due au réchauffement climatique : une partie peut être une variation naturelle.
- [5] Données collectées par l'Observatoire Royal de Belgique puis l'IRM. Les données proviennent de la base de données globale GHCN (voir encadré « Climat mondial, observations et partage international de données » en page suivante). Pour les dernières années, les valeurs ont été complétées à l'aide des Bilans climatologiques mensuels publiés par l'IRM (meteo.be/fr/climat/bilans-climatologiques/2020). Pour Bruxelles/Uccle, le GHCN ne garantit pas que les mesures anciennes sont bien comparables aux observations récentes, mais nos comparaisons entre différentes sources suggère que l'évolution générale est bien représentée. Pour l'année 2020 (en orange), la valeur est une moyenne pour les 9 premiers mois. Les courbes rouges et vertes représentent des moyennes sur 30 ans avec une pondération (qui rend la courbe plus 'lisse'). Pour plus d'information, voir l'encadré ci-dessous et [3].
- [6] Données GHCN via le « Climate Explorer », comme ci-dessus [5].

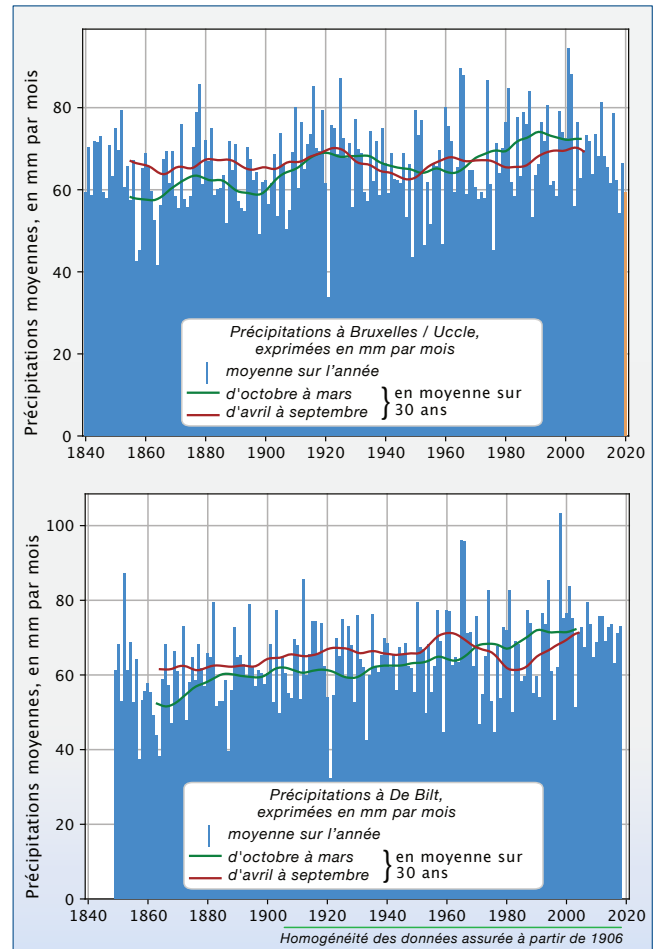


Figure 2 : Évolution des précipitations (pluie, neige...) depuis le 19^e siècle. En haut, valeurs mesurées en Région bruxelloise, à Saint-Josse puis à Uccle, à partir de 1890 [5]. En bas, à titre comparatif, valeurs pour De Bilt (centre des Pays-Bas) [6].

IRM : Rapport climatique 2020

L'Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM) a tout récemment publié une synthèse de ses observations et recherches au sujet du climat, titrée « *Rapport climatique 2020 : de l'information aux services climatiques* ». Ce document met à jour les résultats publiés en 2015 sous le titre « *Vigilance climatique* ». Il fait notamment le point sur les observations relatives aux paramètres météorologiques (température, précipitations, vent, ensoleillement) et identifie les tendances liées aux changements climatiques. D'autres observations sont également rapportées en ce qui concerne l'ozone, la vapeur d'eau, et le bilan radiatif de la Terre étudié à l'aide de satellites.

Le rapport résume ensuite la contribution de l'IRM aux recherches en matière de climat, notamment à l'échelle de la Belgique et en ce qui concerne les effets de l'urbanisation. Il aborde enfin la fourniture de « services climatiques » fondés sur l'observation, la modélisation, le stockage et la mise à disposition de résultats, et le contact avec les utilisateurs de ces données. C'est une contribution importante à la connaissance du climat belge, y compris au niveau régional, et de son évolution.

Les observations analysées dans ce rapport complètent l'aperçu présenté dans notre Lettre. Plusieurs indicateurs relatifs aux sécheresses sont considérés. Les auteurs constatent, comme nous le faisons plus loin, que les printemps sont souvent devenus plus « secs » à partir de 1980. Cependant, en regardant l'évolution des précipitations depuis le début des mesures de l'IRM, au 19^e siècle, on peut se demander si l'évolution récente fait partie d'une fluctuation naturelle ou est une tendance qui va se poursuivre. Le rapport indique que davantage d'études sont nécessaires, notamment pour disposer d'indicateurs pertinents pour l'agriculture et pour l'évolution des eaux souterraines.



Pour plus d'information : meteo.be/fr/infos/actualite/lirm-presente-son-nouveau-rapport-sur-le-climat.
Référence : voir [3]



Climat mondial, observations et partage international de données

L'étude du climat requiert divers moyens d'observation, depuis les instruments installés sur des satellites jusqu'aux sondes océaniques du programme Argo [a]. Pour les variables météorologiques continentales, dont la température en surface et les précipitations, les observations sont généralement réalisées par les services météorologiques nationaux en tenant compte de standards établis par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Il est essentiel pour la connaissance de l'évolution du climat que ces données soient collectées au niveau international. Plusieurs centres de recherche maintiennent des jeux de données mondiaux. Trouver une information spécifique à propos d'une région du globe peut cependant rester difficile, car toute l'information n'est pas publique à toutes les échelles de temps (valeurs mensuelles, journalières, quantité maximale sur une heure, période de temps disponible, etc.).

Lors de la préparation de cette Lettre, nous avons utilisé le « Climate explorer » [b], un outil mis à disposition par l'Institut royal météorologique hollandais (KNMI). Cette interface facilite l'accès et l'analyse statistique simple de données climatiques. Elle permet notamment de consulter la base de données d'observations Global Historical Climatology Network (GHCN, États-Unis [c]). On y trouve des données de plusieurs milliers de stations météorologiques au niveau mondial [d]. Parmi les centres qui collectent des données au niveau mondial, on peut citer la Climate Research Unit (CRU, Angleterre) [e], le Goddard Institute for Space Studies (GISS, États-Unis [f]) et le Global Precipitation Climatology Centre (GPCC, Allemagne) [g].

[a] Ces sondes mesurent typiquement la température et la salinité jusqu'à 2000m, mais s'étendent progressivement à d'autres mesures et à plus grande profondeur ; les données sont en accès libre. Pour plus d'information : frama.link/aHs7Eq04

L'union Européenne finance l'observation via son programme « Copernicus » : copernicus.eu

[b] Climate Explorer : climexp.knmi.nl. Dans le cadre de Copernicus, l'UE met un ensemble de données partagées à disposition sur cde.climat.copernicus.eu

[c] Le GHCN est géré par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, États-Unis). Site web : frama.link/xfePY-qr

[d] Le traitement de ces données est notamment décrit dans Lawrimore, J.H. et al. 2011 : *J. Geophys. Res.*, doi.org/10/c4ffwc

[e] Partie de l'Université d'East Anglia. Site web : cru.uea.ac.uk/data/

[f] Dépendant de la NASA, data.giss.nasa.gov/gistemp/

[g] Son fonctionnement est assuré par les services météorologiques Allemands en collaboration avec l'OMM. Site web : www.dwd.de/EN/our-services/gpcc/gpcc.html

(Les notes ci-dessous se rapportent à la page suivante)

[7] L'origine de ce phénomène se trouve dans la pression de vapeur saturante, c'est-à-dire la pression de vapeur d'eau qui assure un équilibre entre les phases vapeur et liquide. La pression de vapeur saturante augmente de façon à peu près exponentielle avec la température (relation de [Clausius-Clapeyron](#)), avec pour conséquence finale que pour un réchauffement donné, c'est une fraction des pluies extrêmes qui s'ajoute (+ x % et non une quantité indépendante des pluies avant réchauffement, telle que + x mm/heure).

[8] Le refroidissement est dû au mélange avec de l'air plus froid ou à un mouvement ascendant.

[9] Le fait qu'un air plus chaud peut contenir plus de vapeur d'eau explique 7% d'augmentation des fortes pluies. D'autres facteurs renforcent cette augmentation : en bref, il s'agit vraisemblablement d'un effet de la chaleur libérée par la condensation de l'eau (dite chaleur latente) dans les nuages. Cela réchauffe l'air, et contribue à le faire monter par convection, ce qui implique que de l'air situé plus bas se déplace horizontalement pour « remplacer » l'air qui monte (dans le jargon, on parle de convergence). Ces mouvements de l'air amènent de l'humidité située à plus grande distance, renforçant ainsi le processus. (suite page suivante)

Davantage de pluies en hiver, probablement moins en été : pourquoi ?

Un principe physique

Un mécanisme physique de base contribue à augmenter les précipitations : plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur d'eau. Quand l'air contient le maximum possible de vapeur d'eau, on dit qu'il est « saturé » : tout excédent de vapeur d'eau se condense sous forme liquide. L'air chaud peut contenir plus de vapeur d'eau (avant saturation) que l'air froid [7]. Nous en faisons le constat expérimental notamment lorsque, en hiver, nous expirons dans de l'air froid : lorsque l'air expiré est refroidi, une partie de l'eau passe de la forme vapeur vers la forme liquide – cela forme des gouttelettes en suspension qui rendent l'air expiré visible (voir photo). Dans l'atmosphère, c'est la même chose : des gouttelettes d'eau apparaissent lorsque l'air refroidit, formant un nuage [8]. De plus, dans l'atmosphère, la plus grande part de l'eau se trouve sous forme de vapeur. En conclusion, le réchauffement a pour conséquence que davantage d'eau peut être transportée par les vents, et que la quantité d'eau maximale disponible lors des fortes pluies est plus grande.

Plus d'extrêmes

La quantité de vapeur d'eau maximale joue un rôle important pour les fortes pluies : la quantité de pluie maximale est liée à l'eau disponible et transportée par l'air sous forme de vapeur. Aussi bien les observations que les résultats de modèles montrent une augmentation des fortes pluies, dans des proportions qui correspondent aux principes physiques. L'augmentation est de l'ordre d'au moins 7% des pluies en plus par degré Celsius de réchauffement, et elle est souvent supérieure à cela [9].

Une augmentation moyenne plus modeste

À l'échelle planétaire et en moyenne, la quantité de précipitations augmente cependant moins que celle contenue dans les événements les plus intenses. Les raisons sont plus complexes : pour qu'il y ait des précipitations, il faut que l'eau s'évapore, dans un premier temps, et se condense, ultérieurement. Alors que la température influence le stock d'eau dans l'atmosphère, on parle ici de flux, c'est-à-dire de la quantité d'eau qui passe d'un endroit à un autre, plus ou moins distant selon le cas, pour former des pluies. L'évaporation demande de l'énergie en surface (pensez à la bouilloire dont la 'vapeur' sort tant qu'on fournit de la chaleur). La condensation nécessite un refroidissement de l'air, et le passage de l'état « vapeur » à l'état liquide cause un réchauffement : l'énergie (chaleur) apportée lors de l'évaporation est transportée du lieu d'évaporation au lieu de condensation [10]. C'est principalement le rythme auquel l'énergie est apportée et redistribuée dans l'atmosphère qui limite l'augmentation des précipitations moyennes. On es-



Dans l'air froid, une partie de l'eau expirée sous forme de vapeur (un gaz invisible) se transforme en un aérosol de gouttelettes d'eau, qui est visible.

Photo : [flickr.com/photos/tambako/48127917477](https://www.flickr.com/photos/tambako/48127917477)

time que les pluies augmentent en moyenne mondiale d'environ 2% par degré Celsius de réchauffement [11].

Des étés plus secs en Belgique ?

Les modèles climatiques montrent généralement une diminution des précipitations en été en Europe, aux latitudes moyennes qui correspondent à la Belgique (50°Nord), mais sans certitude, notamment quant à l'ampleur du phénomène.

L'évolution des pluies en été en Belgique est complexe, dépendant probablement de plusieurs facteurs dont certains se compensent partiellement. Parmi les facteurs qui tendent à réduire les pluies, on peut citer :

- un déplacement général de la trajectoire des perturbations météorologiques (dépressions) vers des latitudes un peu plus élevées (c'est à dire en direction des pôles) [12] ;
- une réduction de l'apport d'humidité associé à ces perturbations suite à la diminution du contraste de température entre l'équateur et l'Arctique, région dont il est bien connu qu'elle se réchauffe plus vite que le reste de la planète [13] ;
- un effet du moindre réchauffement de la surface de l'océan par rapport à la surface du continent : l'air qui vient de l'océan est moins chargé en vapeur d'eau qu'il ne le serait si l'océan se réchauffait aussi vite que le continent [14].

Pour plus d'information sur le lien entre sécheresses et changements climatiques, voir la Lettre précédente de la Plateforme (n° 17, plateforme-wallonne-giec.be/lettre17.pdf).

Pour aller au-delà, voir Lenderink, G. et al. 2017: *Super-Clausius-Clapeyron scaling of extreme hourly convective precipitation and its Relation to Large-scale atmospheric conditions*. J. Climate, <https://doi.org/10/gbpdz8>.

[10] On appelle « chaleur latente » cette énergie associée aux changements d'état (ici, passage de l'état liquide à l'état vapeur et inversement).

[11] Avec une grande marge d'incertitude : 1 à 3%, voir notamment Thackeray, C.W. et al. 2018: *On the Connection Between Global Hydrologic Sensitivity and Regional Wet Extremes*. Geophys. Res. Lett., <https://doi.org/10/gfb8fx>.

[12] Exposer les causes de cette modification de trajectoire des dépressions dépasse le cadre de cette Lettre. Elles sont étudiées notamment dans Tamarin, T. et Kaspi, Y. 2017: *The poleward shift of storm tracks under global warming: A Lagrangian perspective*. Geophys. Res. Lett., <https://doi.org/10/ggw66d>.

[13] Le réchauffement plus rapide de l'Arctique (amplification) est notamment lié à la réduction de la surface couverte par la glace de mer : l'océan est moins réfléchissant (albédo moindre), ce qui accroît le réchauffement par le Soleil. Les liens avec les précipitations dans nos régions peuvent être complexes et agir dans des sens opposés, ce que nous avons abordé dans la Lettre n°17 (page 13). Pour plus d'informations, voir notamment Byrne, M.P. et O'Gorman, P.A. 2015: *The Response of Precipitation Minus Evapotranspiration to Climate Warming: Why the "Wet-Get-Wetter, Dry-Get-Drier" Scaling Does Not Hold over Land*. Journal of Climate, <https://doi.org/10/f7tgs7>.

[14] Le réchauffement de l'océan n'est pas simplement « plus lent » que celui du continent pour une question d'inertie thermique (bien que l'océan stocke la plus grande part de la chaleur apportée par l'accroissement de l'effet de serre), il est aussi limité par plusieurs processus, dont l'évaporation. À propos du lien avec les pluies dans nos régions, voir Kröner, N. et al. 2017: *Separating climate change signals into thermodynamic, lapse-rate and circulation effects: theory and application to the European summer climate*. Climate Dynamics, <https://doi.org/10/f949gs>.

En Wallonie, un contraste été/hiver accru et des variations naturelles importantes

Les changements observés en Wallonie sont-ils semblables à ceux constatés à Uccle ? En partie. Les données sont disponibles pour 6 stations en Wallonie à partir du début des années 1950. La figure 3 compare les précipitations au cours des 30 dernières années (1990-2019) aux premières décennies disponibles. De nouveau, on observe une augmentation des précipitations en hiver, mais il apparaît surtout une diminution au printemps, qui dépasse parfois les -20%. En été, et dans une moindre mesure en automne, les précipitations changent plus faiblement et dans un sens variable selon les stations. Cependant, une tendance apparaît si on élimine les jours de fortes précipitations. C'est ce qu'illustre la colonne centrale de la figure : les précipitations modérées ont légèrement diminué en été dans toutes les stations. Pour toutes les stations sauf deux, on constate une augmentation des précipitations intenses en été.

Ces constats ne concernent que deux périodes de temps qui indiquent les grandes caractéristiques des changements au cours des 70 dernières années. En revenant aux observations à plus long terme disponibles pour Uccle, on constate que les précipitations au printemps ont beaucoup varié au cours des 170 dernières années (figure 4), de sorte que la baisse récente n'a rien d'exceptionnel. L'IRM conclut d'ailleurs que seule l'augmentation en hiver peut être qualifiée de « significative », d'un point de vue statistique : les autres peuvent n'être que le fait du hasard. Les baisses de précipitations constatées au cours des dernières décennies pour plusieurs stations et saisons reflètent-elles une tendance à long terme ? Les observations ne permettent pas de l'affirmer, nous allons maintenant voir ce qu'en disent les modèles climatiques.

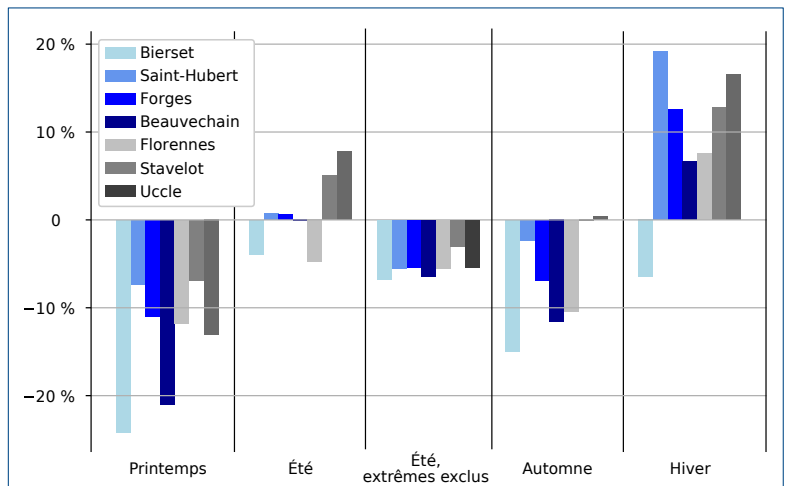


Figure 3 : Comparaison des précipitations au cours des 30 dernières années (1990-2019) aux 35 années précédentes (1955-1989). Pour l'été, en plus de la colonne montrant le changement pour les pluies totales, la colonne centrale présente le changement relatif aux seules « pluies modérées » : les pluies intenses étant plus susceptibles de s'écouler en surface plutôt que de pénétrer dans les sols et contribuer à la recharge des nappes d'eau souterraines, les 2% des pluies les plus fortes (sur une durée d'un jour) ont été ignorés. Source des données : IRM [15].

[15] Nous remercions notamment le Dr. Michel Journée, de l'IRM, pour les données et informations reçues. Les saisons sont définies selon la convention utilisée en climatologie : chacune comprend trois mois entiers ; le printemps recouvre mars, avril et mai, l'été comprend juin, juillet et août... Graphique produit par la Plateforme.

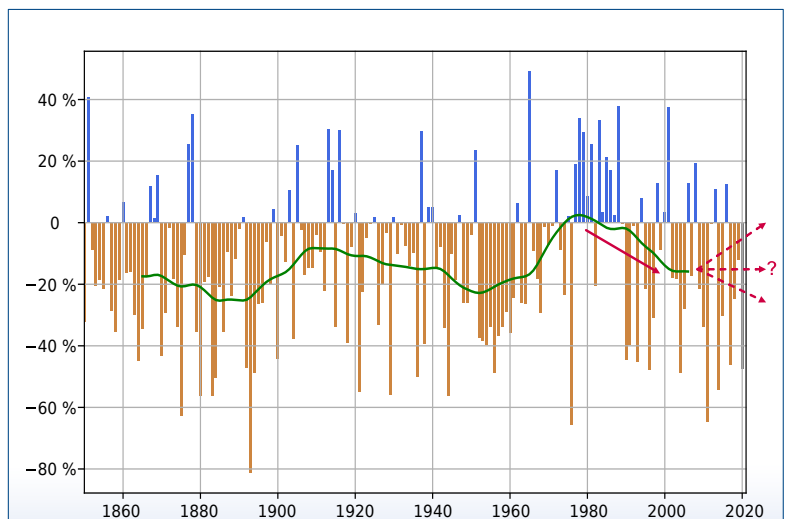


Figure 4 : Évolution des précipitations au printemps à Uccle, par rapport à la moyenne sur la période 1961-90. La courbe verte représente une moyenne sur 30 ans [16].

[16] Données GHCN via le « Climate Explorer », voir note [5] et encadré en page 4.

Évolution projetée pour le 21^e siècle

Scénarios et augmentation des températures

En faisant des hypothèses relatives à l'évolution socio-économique et technique ainsi qu'aux futurs efforts de réduction d'émissions, il est possible d'établir un ensemble de scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Parmi ceux-ci, quatre scénarios représentatifs d'une large gamme, des plus optimistes aux plus pessimistes, avaient été établis en vue du 5^e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2013 [17]. À ce moment, il s'agissait principalement de projections réalisées à l'aide de modèles globaux. En effet, comme les masses d'air et d'eau de notre planète se mélangent et s'influencent entre elles, toute analyse doit partir de modélisations à l'échelle planétaire, et les modèles spécifiques à une région ne peuvent être utilisés que dans un second temps. Ces scénarios, leurs principales caractéristiques, et les projections globales sont repris à la figure 5.

[17] Ces scénarios sont présentés plus en détail dans la Lettre n° 17 de la Plateforme : plateforme-wallonne-giec.be/lettre13.pdf (voir page 5).

Scénario d'émissions	Aperçu de l'évolution des émissions mondiales	Réchauffement planétaire moyen au 21 ^e siècle	Réchauffement moyen en Belgique		
			Selon les modèles globaux		Modèles régionaux à haute résolution - Annuel
			Annuel	Été (*)	
● RCP 8.5	Augmentation forte jusque environ 2080	3,7 °C	4 °C	5,6 °C	3,1°C (2,6 à 3,3)
● RCP 6.0	Augmentation modérée jusque environ 2080	2,2°C	2,5°C	3,4°C	
● RCP 4.5	Diminution à partir d'environ 2040	1,8 °C	2 °C	3,3 °C	
● RCP 2.6	Diminution rapide à partir de 2020	1,0 °C	1 °C	2,6 °C	

Figure 5 : Scénarios pour le futur utilisés dans les modélisations climatiques et résultats clés en ce qui concerne les températures. Le réchauffement est estimé pour une période entre la fin du 20^e siècle (1986-2005 ou 1976-2005) et la fin du 21^e siècle (2070-2100- ou 2081-2100). Les valeurs moyennes planétaires et l'estimation pour la Belgique en moyenne annuelle sont extraites du 5^e rapport d'évaluation du GIEC, les autres valeurs sont extraites d'une étude relative à la Belgique ; ces valeurs ne sont donc que partiellement comparables en raison de différences méthodologiques [19]. Les symboles colorés indiquent les scénarios utilisés à la figure 6.

Les projections montrent que le réchauffement dépendra largement des émissions de GES : tant au niveau planétaire qu'au niveau de la Belgique, l'accroissement des températures moyennes au cours du 21^e siècle peut être limité à environ 1 °C dans un scénario très optimiste ou atteindre environ 4 °C dans un scénario très pessimiste. À toutes ces valeurs, il faut ajouter une marge d'incertitude : par exemple, l'accroissement indiqué pour la moyenne annuelle en Belgique est une valeur médiane, de sorte qu'il y a une chance sur deux que le réchauffement soit supérieur (ou inférieur).

Les modélisations régionales à très haute résolution géographique (de l'ordre de 3 km) sont très utiles pour mieux représenter les précipitations. Cependant, elles demandent un plus grand usage d'ordinateurs puissants et un effort de recherche spécifique : de ce fait, elles sont encore peu nombreuses, en particulier pour la Belgique. Cela pose question quant aux limites de notre connaissance des incertitudes associées. Pour notre pays, les résultats de ces modélisations régionales suggèrent un réchauffement moindre que ne le projettent les modèles à plus faible résolution. Mais ces résultats régionaux ne prennent encore en compte qu'une part réduite des incertitudes, comparativement aux modèles globaux : il y a notamment un risque de sous-estimer le changement. Ce risque ne peut être mieux compris, et peut-être réduit, que par la poursuite des recherches [18].

[18] Dans un article récent, Boé et al. suggèrent que les modèles régionaux utilisés sur l'Europe ne représentent pas la gamme complète d'incertitude. Nous mentionnons ici le risque de sous-estimation parce que le réchauffement déjà observé en Belgique atteint grossièrement le double du réchauffement moyen planétaire, alors que les modèles à haute résolution projettent un réchauffement futur à Uccle similaire, ou légèrement inférieur, à la moyenne globale. Nous ne mettons pas en doute le résultat des modèles, mais estimons que ces recherches doivent être poursuivies. Pour plus d'information, voir notamment Boé, J. et al. 2020: *Large discrepancies in summer climate change over Europe as projected by global and regional climate models: causes and consequences*. *Clim Dyn*, <https://doi.org/10/ghfv72>.

La suite des recherches est bien avancée au niveau mondial : une nouvelle synthèse des simulations globales, CMIP6, commence à faire l'objet de publications ; ces nouveaux développements devront être appliqués à l'Europe et à la Belgique. On peut notamment citer Cook, B.I. et al. 2020: *Twenty-First Century Drought Projections in the CMIP6 Forcing Scenarios*. *Earth's Future*, <https://doi.org/10/ggk7j>. et Tokarska, K.B. et al. 2020: *Past warming trend constrains future warming in CMIP6 models*. *Sci. Adv.* <https://doi.org/10/gg57vx>.

(Les notes ci-dessous se rapportent à la page suivante)

[19] Pour les modèles globaux, cent-soixante simulations issues du projet du regroupement de résultats de modèles à l'échelle internationale CMIP5 sont prises en compte (ce projet avait également servi de base au 5^e rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2013). Source : Van Uytven, E. et Willems, P. 2018: *Greenhouse gas scenario sensitivity and uncertainties in precipitation projections for central Belgium*. *Journal of Hydrology*, <https://doi.org/10/gdbqqs>.

Les deux dernières colonnes proviennent de la synthèse réalisée dans le cadre du projet CORDEX.be, financé par la politique scientifique fédérale pendant 2 ans et auquel ont notamment pris part l'IRM, l'UCLouvain, l'Université de Liège, et la KULeuven, Voir Termonia et al. 2018: *The CORDEX.be initiative as a foundation for climate services in Belgium*. *Climate Services*, <https://doi.org/10/gg4vbz>. Les valeurs indiquées pour l'été en Belgique sont issues de la coordination internationale CMIP5. La dernière colonne représente la moyenne de simulations par 4 modèles à haute résolution dans le cadre de CORDEX.be ; l'ampleur des changements pour les autres scénarios est plus réduite, mais n'est pas quantifiée ici car un seul modèle a été utilisé pour ces scénarios, ce qui ne donne qu'une vue limitée de l'évolution possible.

Évolution des précipitations

La figure 6 présente les projections relatives aux précipitations pour le 21^e siècle, pour un point approximativement localisé à Uccle. Pour l'hiver, quasiment tous les modèles projettent une augmentation des précipitations. En dépit des incertitudes, le risque de faire face à un changement important augmente pour les scénarios à fortes émissions de GES (symboles rouges; les différents scénarios et la couleur correspondante sont définis à la figure 5).

Comme pour les températures moyennes, les modèles régionaux ont tendance à projeter un changement moindre que les modèles globaux : une bonne nouvelle qui reste à confirmer. En ce qui concerne l'été, les modèles globaux suggèrent cependant qu'une forte réduction des précipitations est possible en Belgique. Jusqu'à présent, on n'a pas observé une telle tendance à la réduction des pluies à l'échelle du siècle. Selon les modèles régionaux, il est possible qu'aucune réduction des précipitations ne survienne. Cependant, l'incertitude reste grande : une baisse des précipitations de 20%, voire davantage, reste possible ; cela représente un risque non négligeable [18].

En plus du total des précipitations, il faut tenir compte de leur répartition au cours de l'été : quasiment tous les modèles s'accordent pour indiquer une diminution du nombre de jours de pluie, en parallèle avec des épisodes de pluies plus intenses (figure 5 b). D'un point de vue qualitatif, une diminution des pluies modérées correspond à ce qui a déjà été observé ; comme ces pluies humidifient davantage les sols, leur diminution est un facteur d'assèchement. L'ampleur du phénomène reste incertaine, bien que le risque soit clairement réduit dans les scénarios où les émissions sont plus faibles.

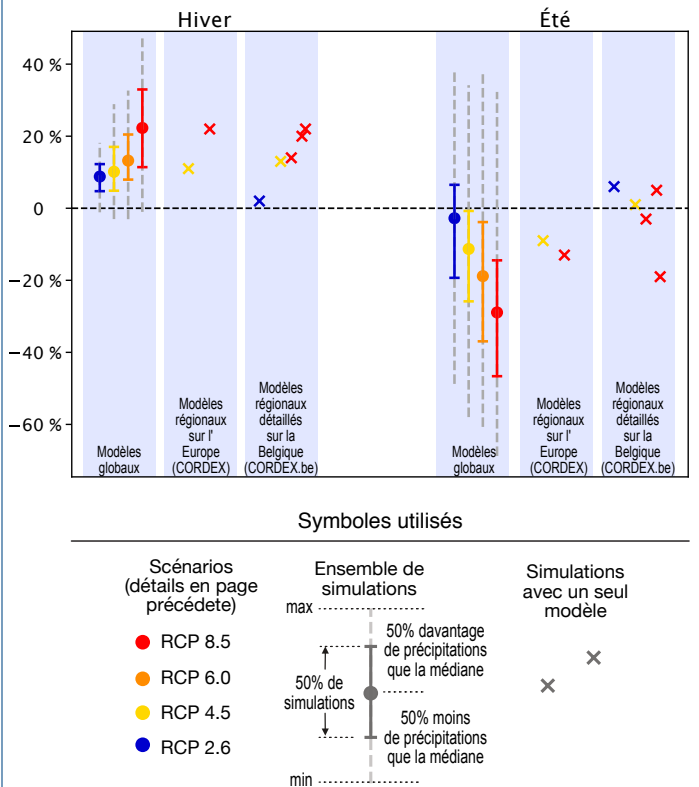
Quelle conclusion pour les ressources en eau ?

En Belgique, et plus particulièrement en Wallonie, on observe une augmentation des précipitations en hiver par rapport au 19^e siècle. Cette augmentation est conforme à ce qu'on attend, d'un point de vue physique, dans un climat plus chaud. On s'attend également à une augmentation, de plus grande ampleur, des événements de forte pluie. En parallèle, les précipitations modérées pourraient diminuer en toutes saisons, excepté l'hiver. Cette évolution est potentiellement défavorable pour l'agriculture et les écosystèmes, et peut augmenter les besoins en eau. Il ne s'agit cependant pas d'une certitude, et l'ampleur d'une éventuelle baisse des précipitations est encore très incertaine. Quoi qu'il en soit, le risque est plus faible si les émissions de gaz à effet de serre mondiales futures sont fortement limitées.

En parallèle, les observations rapportées dans cette Lettre rappellent que les précipitations varient fortement, de manière naturelle, d'une décennie à l'autre. Dans la mesure du possible, il est important de faire la part de qui relève d'une fluctuation et de ce qui représente une évolution à long terme liée au réchauffement climatique. Ces deux facteurs doivent être pris en compte pour projeter les impacts futurs sur les ressources en eau, déterminer dans quelle mesure il est nécessaire d'anticiper ces changements par des mesures d'adaptation, et définir la nature de ces mesures. Dans la prochaine Lettre, nous ferons le point sur les facteurs qui influencent nos réserves d'eau et les mesures d'adaptation envisagées.

Notes et références : voir page précédente.

(a) Changement de la quantité de précipitations à la fin du 21^e siècle, en % des précipitations au début du 21^e siècle



(b) Nombre de jours de pluie projetés pour la fin du 21^e siècle, par rapport au début du 21^e siècle

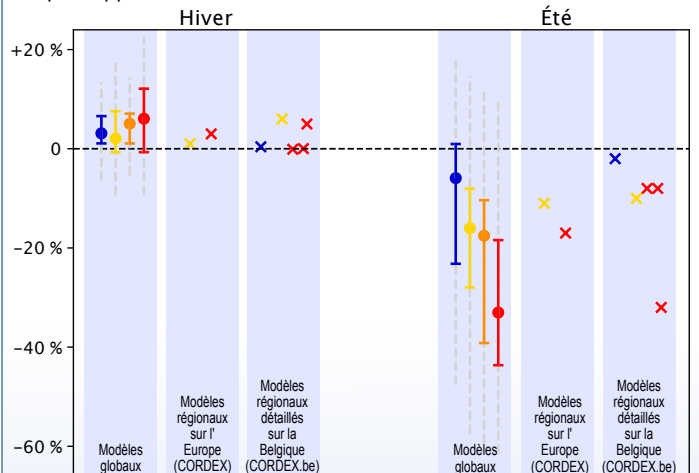


Figure 6 : Évolution projetée des précipitations pour le centre de la Belgique (Uccle) au cours du 21^e siècle (période 2071-2100 par rapport à la fin du 20^e siècle).

Chaque partie du graphique illustre les résultats de 3 types de modèles climatiques : modèles pour l'ensemble de la planète, modèles à plus haute résolution sur l'Europe et modèles à très haute résolution sur la Belgique.

Dans chaque colonne relative aux modèles globaux, les résultats sont une analyse statistique pour un grand ensemble de simulations (le point central indique la valeur médiane : 50% des simulations donnent un changement plus grand; les symboles sont expliqués au centre de la figure).

La colonne suivante indique les résultats de modèles régionaux à une résolution géographique intermédiaire : ils représentent les détails à une échelle d'au moins 50 km. La dernière colonne contient des résultats de modèles très détaillés, à une résolution horizontale de l'ordre de 3 km qui leur permet notamment de mieux représenter les mouvements verticaux de convection associés aux précipitations (en particulier les orages) [19].

> Agenda

Echéances relatives aux travaux du GIEC

8 décembre 2020 à 13h30	A Guide to the IPCC and the Expert Review Process. Cette conférence virtuelle vise à informer au sujet du GIEC et de la participation à la relecture de ses rapports, en vue de la période de relecture annoncée ci-dessous (AR6 Groupe de travail II). Organisée par la <i>Mountain Research Initiative</i> et l'unité de support technique du Groupe de travail II du GIEC. Informations et inscription : https://form.jotform.com/202853686723362
04 décembre 2020 - 29 janvier 2021	Relecture de la deuxième ébauche de la contribution du Groupe de travail II (impacts et adaptation) au sixième rapport d'évaluation (AR6) et de la première ébauche de son résumé pour les décideurs [relecture par experts et gouvernements]. Inscription possible à partir du 27 novembre à l'adresse : https://apps.ipcc.ch/comments/ar6wg2/sod/register.php
18 janvier - 14 mars. 2021	Relecture de la deuxième ébauche de la contribution du Groupe de travail III (atténuation : réduction d'émissions) au sixième rapport d'évaluation (AR6) et de la première ébauche de son résumé pour les décideurs [relecture par experts et gouvernements].

Activités liées à la Convention des Nations Unies sur le climat

9-19 novembre 2020 Tout public	Race-to-Zero November Dialogues Programme. Conférences sur l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, conçues comme un apport aux <i>UN Climate Change Dialogues 2020</i> (dans le cadre de la Convention, voir en dernière ligne ci-dessous) Objectif zéro (Race to Zero) est une alliance de villes, régions, entreprises, investisseurs et universités. Ses objectifs sont de contribuer à une reprise « saine, résiliente et sans carbone » (...). Pour plus d'informations, voir https://unfccc.int/fr/action-climatique/campagne-objectif-zero Ces conférences sont disponibles en podcast à l'adresse : https://unfccc.int/fr/node/243476
Novembre 2020 Tout public	Pistes d'action pour une reprise économique post-Covid 19 résiliente et nette zéro. Dans le cadre des dialogues Race-to-Zero, les Nations unies ont proposé des stratégies à court et long terme pour limiter la hausse de la température mondiale à 1,5 °C dans différents domaines (énergie, villes, industrie, utilisation des terres, transports, ...). Pour lire les résumés exécutifs par secteur : https://bit.ly/actions_reprisecovid
Novembre 2020 Tout public	Lauréats du Prix de l'action climatique mondiale des Nations unies pour 2020. En prémices aux dialogues <i>Race-to-Zero</i> et <i>UN Climate Change Dialogues 2020</i> , treize projets ont été primés pour leur engagement contre les changements climatiques. Toutes les activités seront présentées lors d'une série d'événements spéciaux en ligne en novembre et décembre. Pour en savoir plus : https://bit.ly/unfccc_laureats
23 novembre - 4 décembre 2020 Experts (*)	UN Climate Change Dialogues 2020. Dialogues organisés en « mode virtuel » dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques pour aider à l'avancement des travaux des organes subsidiaires et des autres points à l'ordre du jour de la 26 ^e Conférence des Parties, qui a été postposée à 2021. (*) Bien que ces dialogues soient organisés dans le cadre officiel de la Convention, il est possible d'assister à beaucoup d'événements sur simple inscription sur le site un.thevirtual.show . Informations et liste des événements : https://unfccc.int/cd2020 (les événements qui ne nécessitent pas d'accreditation officielle sont marqués « broadcast »; les autres sessions sont réservées aux délégués des Etats membres de la convention).

Adaptation, eau et événements extrêmes

25 janvier Experts	Sommet sur l'adaptation aux changements climatiques. Organisé par 'European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT (https://climate-adapt.eea.europa.eu) et le Global Center on Adaptation (https://gca.org/global-commission-on-adaptation/about-us). Pour plus d'informations et inscription : https://bit.ly/climate_adapt
25 - 27 mai 2021 Experts	Les extrêmes climatiques l'eau et les milieux. Webinaire international ouvert au monde académique et aux partenaires socio-économiques concernés par la variabilité du cycle de l'eau et par l'adaptation aux événements extrêmes. Informations : https://ccw2021.sciencesconf.org

L'environnement : parlons-en avec humour !

1 décembre 2020
16h15-18h15

Souriez, vous êtes flippé·es !

Bruno Coppens, humoriste et chroniqueur (www.brunocoppens.com), et

Pierre Kroll, dessinateur de presse et licencié en sciences de l'environnement de l'Université de Liège (www.kroll.be),

répondront à la question posée par Jean-Pascal van Ypersele :

" Qu'est-ce que l'humour peut apporter face aux angoisses liées aux questions d'environnement ? "

Inscription gratuite sur https://bit.ly/Climat_Kroll_Coppens



Pour télécharger les Lettres précédentes et d'autres informations liées à la Plateforme ou au GIEC : plateforme-wallonne-giec.be
Inscription pour recevoir gratuitement les futures Lettres : lettre@plateforme-wallonne-giec.be avec le sujet « abonnement »

Coordination et travail éditorial : Philippe Marbaix et Bruna Gaino

Ce document peut être reproduit, y compris sous forme adaptée, à condition de respecter les droits de reproduction propres aux sources citées dans cette Lettre, quand il y a lieu, et d'indiquer le site plateforme-wallonne-giec.be ainsi que le nom du ou des auteurs du contenu reproduit.

Toutes les figures présentées dans cette Lettre ont été réalisées par la Plateforme, sauf la figure 1. Si vous souhaitez reproduire la figure 1, nous précisons que seule la carte est une reproduction exacte, et cette carte ne constitue qu'une partie de la figure présente dans le rapport du GIEC. Pour cette raison, nous vous demandons, le cas échéant, de prendre pour source la figure disponible sur le site du GIEC. Les autres figures peuvent être reproduites à condition d'indiquer la ou les sources des données de manière complète.

Le dessin de Kroll ci-dessus est reproduit avec l'aimable autorisation de l'auteur. Publié dans « *Des signes qui ne trompent pas* », Pierre Kroll, éditions Les Arènes, 2019.

Editeur responsable : Pr. Jean-Pascal van Ypersele, UCLouvain, Place Louis Pasteur 3, bte L4.03.08, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

Année hydrologique (octobre à septembre)

Précipitations à Bruxelles/Uccle

Les couleurs illustrent les précipitations comparativement à la moyenne sur le 20^e siècle :

Bleu : supérieur à la moyenne; gris : égal à la moyenne ; brun : inférieur à la moyenne.

Illustration sur le modèle des bandes de couleurs montrant l'évolution des températures, d'après Ed Hawkins (showyourstripes.info). Graphique PWG; données : voir note [5] en page 3.

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

Printemps climatologique (mars-avril-mai)