

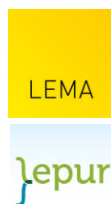


Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques

EAU

**Cours d'eau à risques de sécheresse
hydrologique**

Rapport méthodologique



Pouvoir adjudicateur :





Auteurs

Clémence PIRLOT, ULIEGE, clemence.pirlot@uliege.be

Aurore DEGRE, ULIEGE, aurore.degre@uliege.be

Comité de relecture

Manu Harchies - mha@icedd.be

Oriane Braconnier – obr@icedd.be

Personne de contact

Clémence PIRLOT, ULIEGE, clemence.pirlot@uliege.be

Photo de couverture : Jonas Jaeken from Unsplash

Gembloux, mars 2025

Comment citer ce rapport

Pirlot, C., Harchies, M., Degré, A. (2025). *Risques climatiques en Wallonie. Indicateur de risque de sécheresse des cours d’eau face aux changements climatiques*. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l’Air et du Climat (AWAC).



Table des matières

1. Introduction	4
2. Résumé	5
3. Définition de l’indicateur et périmètre	5
4. Matériel et méthode	5
5. Résultats	9
6. Discussion	14
7. Annexes	16

1. Introduction

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats de la construction de l'indicateur « Cours d'eau à risques de sécheresse hydrologique » permettant d'évaluer les risques climatiques en Wallonie pour la thématique EAU.

En Belgique, les projections climatiques futures moyennes montrent une augmentation de la température estivale de +1,73°C à +4,72°C et une diminution des précipitations estivales de -6% à -17% avec une augmentation du nombre de jours secs consécutifs par 14% à 32% et une augmentation de l'évapotranspiration également située entre 12% et 31% selon les scénarios à +2°C et à +4°C de réchauffement au niveau mondial. Ainsi, les phénomènes climatiques extrêmes comme les sécheresses climatiques seront plus fréquents avec une saisonnalité plus marquée.

La Région wallonne est composée de 352 masses d'eau de surface reprises au sein des cartographies "Masses d'eau de surface (MESU) - Série ". Les différentes masses d'eau de surface incluent les rivières, les canaux et les réservoirs repris dans la couche MESU sous forme linéaire. Au cours de la période 1990 et 2021, les débits moyens des cours d'eau wallons ont fait l'objet de variations saisonnières et interannuelles importantes, principalement liées aux quantités de précipitations. Deux réseaux de mesures des débits des cours d'eau existent en Wallonie avec AQUALIM sur les cours d'eau non navigables et WACONDAH sur les cours d'eau navigables, les canaux, les réservoirs ainsi que sur certaines grandes rivières naturelles. En 2021, les débits médians les plus élevés ont été mesurés pour la Meuse moyenne et la basse Meuse avec une grande variabilité entre les masses d'eau (Direction de l'Etat Environnemental, 2024).

Les projections climatiques indiquent une augmentation de cette variabilité saisonnière des précipitations pouvant mener à des périodes d'étiage plus fréquentes et sévères. Ces sécheresses saisonnières vont impacter les cours d'eau qui jouent un rôle crucial dans les écosystèmes et les activités humaines. En effet, elles peuvent mener à une fragmentation des milieux aquatiques avec des modifications d'habitats et des conséquences importantes pour les communautés animales et végétales. De plus, ces sécheresses peuvent engendrer une fluctuation importante des débits et influencer l'état écologique et chimique des cours d'eau notamment par une plus faible dilution des polluants présents dans les cours d'eau, une faible oxygénation et une hausse de température en période d'étiage. L'ampleur et la vitesse des variations des débits des cours d'eau vont dépendre des caractéristiques des bassins versants et des cours d'eau, généralement modifiés par l'homme. Plusieurs facteurs vont influencer l'apport de l'eau aux cours d'eau comme la topographie et la capacité d'infiltration de l'eau dans les sols, qui peuvent mener à plus ou moins de ruissellement direct vers les cours d'eau. Cette capacité d'infiltration est notamment influencée par la texture et la teneur en matière organique des sols, mais également par leur profondeur et les pratiques agricoles. Le degré d'imperméabilisation des sols ainsi que les aménagements comme les talus, haies et fossés peuvent également influencer l'infiltration. Au niveau des cours d'eau, les modifications du lit avec une linéarisation vont également jouer un rôle important dans la variation des débits.

En Wallonie, la Stratégie intégrale sécheresse (SIS) propose 76 mesures. Elle prévoit la limitation des prélèvements, le recensement et le contrôle des prises d'eau souterraine et de surface. Le Schéma régional des ressources en eau (SRRE) connecte les grands ouvrages pour pallier les problèmes d'approvisionnement. La gestion des étiages et des crues s'appuie sur la directive inondations de 2007. Des travaux de restauration (zones humides, annexes hydrauliques, lieux de frai) sont menés sur des masses d'eau prioritaires. Fin 2020, 4800 obstacles à la circulation des espèces aquatiques avaient été recensés dans les cours d'eau wallons, dont 2 700 jugés infranchissables ou majeurs.

2. Résumé

Un indicateur de l'évolution relative du risque de sécheresse des cours d'eau a été construit. Il indique le pourcentage d'augmentation ou de diminution de l'apport d'eau aux masses d'eau de surface par rapport à une période de référence qui représente le climat actuel. La moyenne des modèles climatiques régionaux ainsi que le modèle CMCC, avec des prévisions extrêmes plus sèches, ont été employés pour le calcul de l'indicateur selon trois scénarios de réchauffement, à savoir un monde à +2°C, +3°C et +4°C.

Les résultats de l'évolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau montrent une forte variabilité saisonnière des apports aux cours d'eau wallons pour les trois des scénarios climatiques (+2, +3, et +4°C). Globalement, les apports augmentent en automne, en hiver et au printemps, mais diminuent en été, particulièrement sous les scénarios les plus chauds. Cette réduction estivale des apports atteint jusqu'à -70,4% dans certains bassins versants à +4°C, tandis que certaines zones spécifiques montrent des augmentations limitées, témoignant d'une variabilité spatiale marquée. En hiver et au printemps, les augmentations des apports en eau sont corrélées à des précipitations plus abondantes et à un ruissellement qui peut être favorisé par des sols proches de la saturation en eau. L'automne montre une tendance similaire, bien que des réductions localisées soient observées dans certains bassins comme la Vesdre et la Lesse. Ainsi, la répartition des apports sera plus inégale entre les saisons avec des périodes de sécheresse estivales. Des périodes d'étiages plus intenses et fréquentes pourraient ainsi avoir lieu à cette période dans le futur.

3. Définition de l'indicateur et périmètre

Le risque de sécheresse des cours d'eau dans le futur sera principalement dû à la grande variabilité saisonnière des précipitations dans le futur, induisant des sécheresses estivales. Ces sécheresses saisonnières vont impacter l'apport en eau aux cours d'eau, pouvant mener à des périodes d'étiage plus fréquentes et intenses. Le risque reprend l'évolution relative en pourcentage d'augmentation et de diminution de l'apport en eau aux cours d'eau pour chaque saison (mm par 3 mois) par rapport à une période de référence qui représente le climat actuel. Il est déterminé pour l'ensemble pour l'ensemble des masses d'eau de surface wallonne, à une résolution de 1 km².

Cet indicateur de risques est déterminé à partir :

- De six modèles climatiques
- Trois scénarios de réchauffement climatique (+2, +3 et +4°C)
- De simulations des flux d'eau future par le modèle EPICgrid

4. Matériel et méthode

La Région wallonne est composée de 352 masses d'eau de surface reprises au sein des cartographies "Masses d'eau de surface (MESU) - Série " présentes sur WalOnMap. Cette série comprend les couches "Linéaire des masses d'eau de surface (MESU)" et " Bassins versants hydrographiques des masses d'eau de surface (BV_MESU). Les différentes masses d'eau de surface représentées dans la couche BV_MESU incluent les rivières, les canaux et les réservoirs repris dans la couche MESU sous forme linéaire. Le

risque de sécheresse des cours d'eau dans le futur sera principalement dû à la variabilité saisonnière des précipitations et donc des apports en eau aux cours d'eau.

L'évolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau pour chaque saison dans le futur a été déterminée à l'aide de simulations climatiques. Les projections climatiques utilisées sont celles de l'équipe de climatologie de Xavier Fettweis de l'Uliège, obtenues par le modèle régional climatique MARv3.14. A partir de ce modèle, 6 modèles globaux climatiques ont été utilisés pour forcer les projections futures : MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, CMCC-CM2-SR5, IPSL-CM6A-LR, EC-Earth3-Veg et NorESM2-MM. Pour ces six modèles, trois scénarios de réchauffement ont été étudiés à savoir un monde à +2, +3 et +4°C. Ces scénarios sont représentés par des périodes de 30 années, différentes pour chaque modèle. Deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre d'origine anthropique sont utilisés à savoir le ssp (*Shared Socio-economic Pathway*) 370 pour un mode à +2 et +3°C et le ssp 585 pour un mode à +4°C. Les périodes de 30 années durant lesquelles un certain degré de réchauffement est atteint pour les six modèles sont données au tableau 1.

Tableau 1. Périodes de 30 années utilisées dans ce projet, représentant les différents scénarios de réchauffement à +2°C, +3°C et +4°C pour les 6 modèles climatiques.

Modèle	2° sur 30 ans (SSP3-7.0)	3° sur 30 ans (SSP3-7.0)	4° sur 20 ans (SSP5-8.5)
EC3	2017-2046	2043-2072	2058-2077
IPSL	2020-2049	2042-2071	2057-2076
CMCC	2024-2053	2048-2077	2060-2079
MPI	2036-2065	2066-2095	2081-2100
MIR	2045-2074	2071-2100	2081-2100
NOR	2048-2077	2071-2100	2081-2100

Le modèle EPICgrid a été utilisé afin de simuler les flux d'eau dans le futur à partir des données climatiques (figure 1). EPICgrid est un modèle hydrologique de bassin versant physiquement basé qui permet de fournir l'évolution de différentes variables ayant trait notamment aux ressources en eau (flux vers les eaux de surface et souterraines, stock d'eau dans les sols, ...), aux pressions diffuses d'origine agricole sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines (azote, pesticides) et aux flux de sédiments avec un pas de temps journalier et une échelle spatiale de 1km². Il a été développé par l'Axe Echanges Eau- Sol-Plante de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège) (Sohier, 2011). Les données d'entrée utilisées pour la modélisation sont les données climatiques, les données du milieu (topographiques, pédologiques, géologiques, taux de matière organique, ...), les données d'occupation du sol (zones urbanisées, types de cultures, types de forêts, ...), les paramètres de croissance des cultures ainsi que les données relatives aux pratiques agricoles (dates de semis et de récolte, type de travail du sol, quantités de fertilisants organiques et minéraux, ...). La réalisation de simulations prospectives (jusqu'en 2100) a nécessité de réaliser un certain nombre d'hypothèses liées à l'évolution du climat (hypothèses climatiques) ainsi qu'à l'évolution de l'occupation du sol et des pratiques agricoles (hypothèses agronomiques).

Ce modèle permet ainsi de sortir les bilans hydriques pour l'ensemble de la Wallonie pour les trois scénarios de réchauffement climatiques, à +2, +3 et +4°C et pour la période de référence entre 1971 et 2022. Un module est également inclus afin de corriger les biais entre les données climatiques historiques modélisées par chacun des 6 modèles et les données historiques mesurées de l'IRM. Ce biais est ensuite corrigé sur les données modélisées futures afin de pouvoir les comparer avec les données historiques mesurées.

Les flux d'eau qui vont constituer les apports en eau vers les rivières correspondent au ruissellement direct, comprenant le ruissellement de surface et les flux hypodermiques rapides, et aux flux hypodermiques lents. Le ruissellement direct regroupe l'ensemble des écoulements d'eau qui se produisent rapidement après un évènement pluvieux intense. Le ruissellement de surface correspond à l'écoulement immédiat des eaux pluviales sur le sol lorsque l'intensité des précipitations dépasse la capacité d'infiltration du sol ou lorsque celui-ci est saturé. Les flux hypodermiques rapides concernent les eaux qui s'infiltrent faiblement en profondeur, mais se déplacent rapidement à travers la couche superficielle du sol. Les flux hypodermiques lents désignent les écoulements souterrains qui s'infiltrent plus profondément dans le sol ou dans la roche poreuse. Ces flux progressent lentement et alimentent les rivières de manière différée, souvent sur une période prolongée, jouant un rôle clé dans le maintien du débit en l'absence de précipitations.

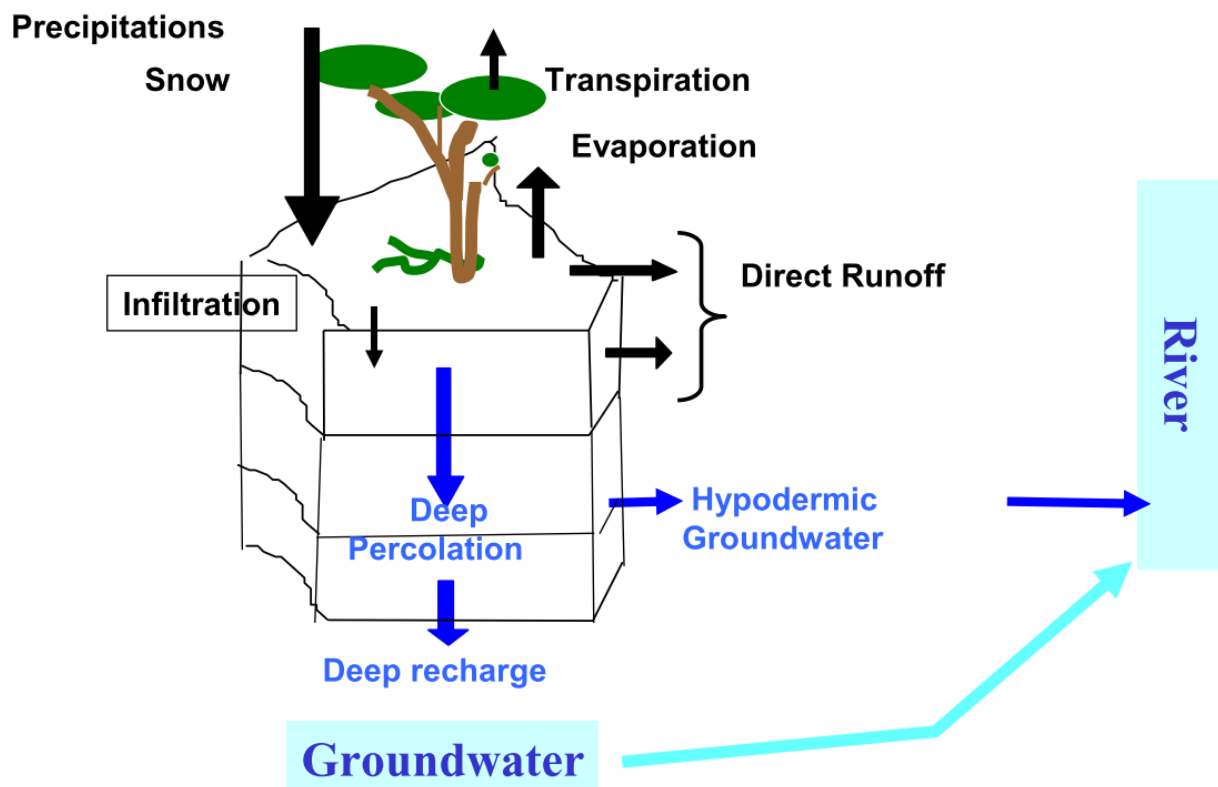


Figure 1. Ensemble des flux d'eau simulée par le logiciel EPICgrid. Illustration reprise de Sohier, 2011.

Ainsi, l'apport en eau aux rivières est calculé par la somme du ruissellement de surface et des flux hypodermiques rapides et lents. Pour chaque modèle et chaque scénario, l'apport d'eau aux rivières en mm est calculé pour ces trois flux comme la moyenne pour chaque période de 30 années. Ce calcul a également été réalisé avec les données climatiques de référence de 1971 à 2022.

Ensuite, ces flux ont été agrégés par masse d'eau de surface selon la cartographie « Bassins versants hydrographiques des masses d'eau de surface (BV_MESU) » de la série « Masses d'eau de surface (MESU) - Série » en réalisant une moyenne des mailles comprises dans les différentes masses d'eau. De plus, ces apports en eau aux rivières ont été additionnés 3 mois par 3 mois pour donner des apports en mm d'eau par saison. L'hiver comprend décembre, janvier, février, le printemps comprend mars, avril et mai, l'été reprend juin, juillet et août et l'automne inclut, septembre, octobre et novembre.



L'évolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau dans le futur a ensuite été déterminée en réalisant le pourcentage de différences entre les apports en eau futurs et celui de la période de référence pour les trois scénarios climatiques et les quatre saisons. Cet indicateur est calculé pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle CMCC seul qui représente le modèle extrême sec parmi les six étudiés dans ce projet.

Afin d'analyser la variabilité des prédictions de l'apport en eau aux cours d'eau entre les modèles, le coefficient de variation a été calculé pour les trois scénarios de réchauffement et les quatre saisons. Le coefficient de variation représente la division de l'écart-type par la moyenne des valeurs entre les six modèles. Il représente la dispersion des différents modèles autour de la moyenne.

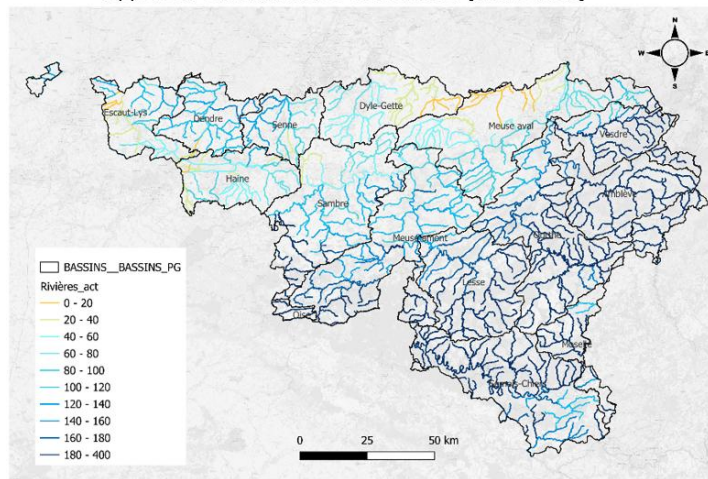
L'ensemble des codes permettant de calculer l'évolution des apports en eau aux cours d'eau ont été développés sur le logiciel R avec Rstudio v2023.12.0. Les cartes sont mises en page sur le logiciel QGIS v3.34.5.

Plusieurs cartes sont disponibles dans la série des cours d'eau à risques de sécheresse. Premièrement, les cartes de l'apport en eau aux cours d'eau actuel pour les quatre saisons en mm par 3 mois pour la période de référence de 1971 à 2022. Ensuite, les cartes de l'évolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau actuel pour les quatre saisons, pour les scénarios futurs de +2°C, +3°C et +4°C en pourcentage d'augmentation et de diminution. Les données d'évolution ont été calculées pour la moyenne des six modèles et pour le modèle le plus extrême sec CMCC. Enfin, les cartes du coefficient de variation entre les six modèles pour les trois scénarios pour chaque saison. Il est à noter que la représenter des masses d'eau de surface est réaliser sous forme linéaire à partir de la couche "Linéaire des masses d'eau de surface (MESU)".

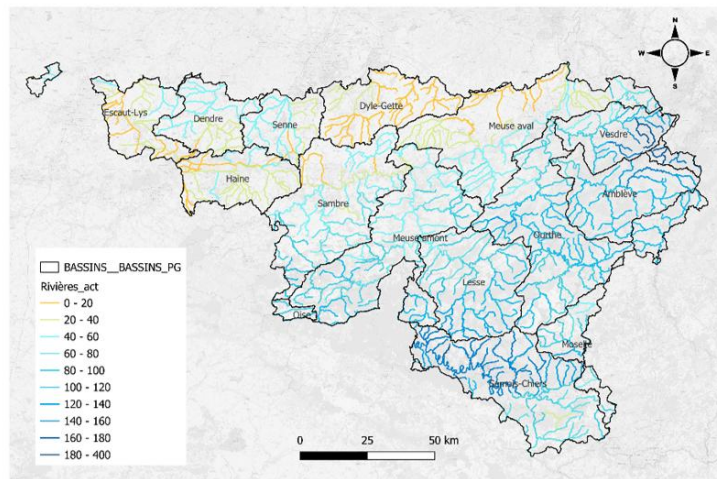
5. Résultats

La figure 2 montre l’apport en eau aux cours d’eau actuel pour les quatre saisons pour la période de référence de 1971 à 2022 en mm par trois mois.

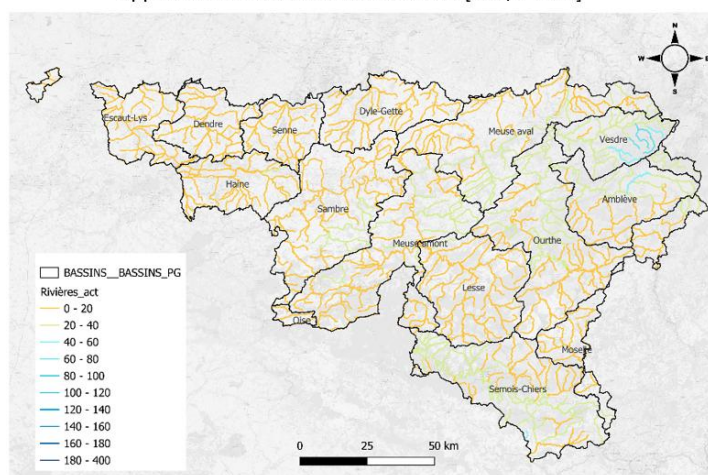
Apport en eau aux rivières actuel: hiver [mm/3 mois]



Apport en eau aux rivières actuel: printemps [mm/3 mois]



Apport en eau aux rivières actuel: été [mm/3 mois]



Apport en eau aux rivières actuel: automne [mm/3 mois]

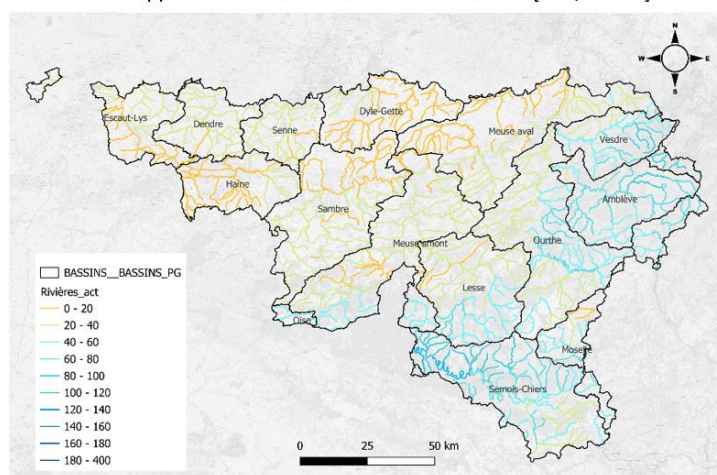


Figure 2. Apport en eau aux cours d’eau actuel pour les quatre saisons pour la période de référence de 1971 à 2022 en mm par trois mois.

L’apport d’eau actuel va de 3,2 mm en été pour au niveau du bassin versant de la Dendre à 63,9 mm pour le bassin versant de la Vesdre. Globalement, pour l’ensemble de la Wallonie, les apports aux cours d’eau sont plus faibles en été que pour les autres saisons. Ils sont majoritairement inférieurs à 20 mm d’eau. En hiver, l’apport en eau aux cours d’eau est le plus élevé avec entre 12,6 mm au niveau du bassin versant de l’Escaut-Lys et 390,3 mm pour le bassin versant du Semois-Chiers dans le sud de la Wallonie. Le printemps et l’automne montrent des apports intermédiaires avec des apports plus élevés au printemps qu’en automne, malgré des précipitations plus faibles au printemps qu’en automne pour la période de référence. Les apports plus importants au printemps peuvent être issus des flux hypodermiques lents qui vont arriver aux masses d’eau de surface en différé des précipitations. De plus, la teneur en eau des sols est plus proche de la saturation, en raison du démarrage récent de la végétation, favorisant le ruissellement. Pour les quatre saisons, l’apport en eau est généralement plus important pour les masses d’eau de surface du centre et du sud de la Wallonie que pour le nord en raison de la qualité de leurs sols.

Les figures 3, 4, 5 et 6 représentent l'évolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau pour l'hiver, le printemps, l'été et l'automne respectivement, en pourcentage d'augmentation ou de diminution, pour la moyenne des modèles et pour le modèle extrême sec CMCC. Une augmentation de l'apport en eau est représentée en bleu de plus en plus foncé et une diminution en jaune à rouge.

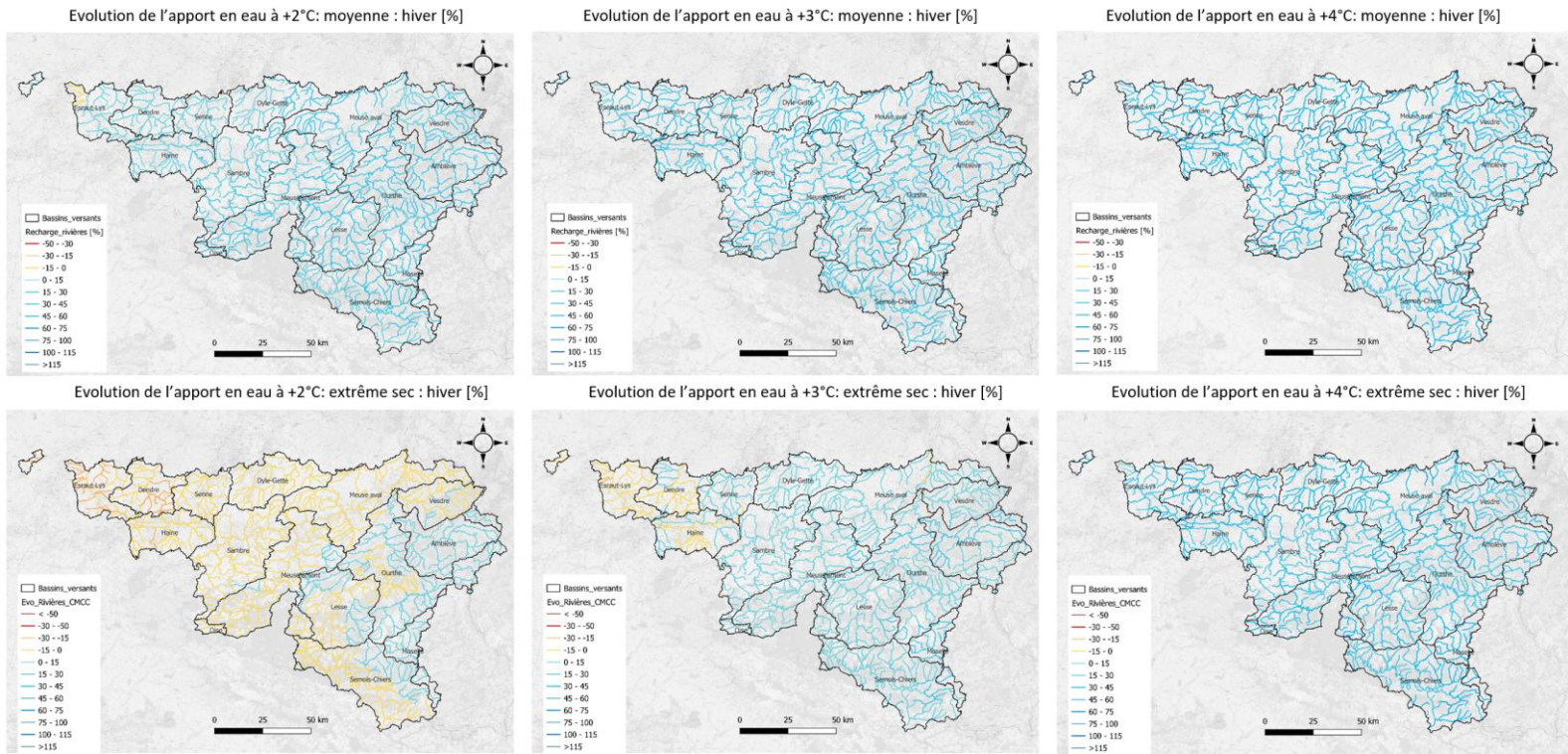


Figure 3. Evolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau en hiver, en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

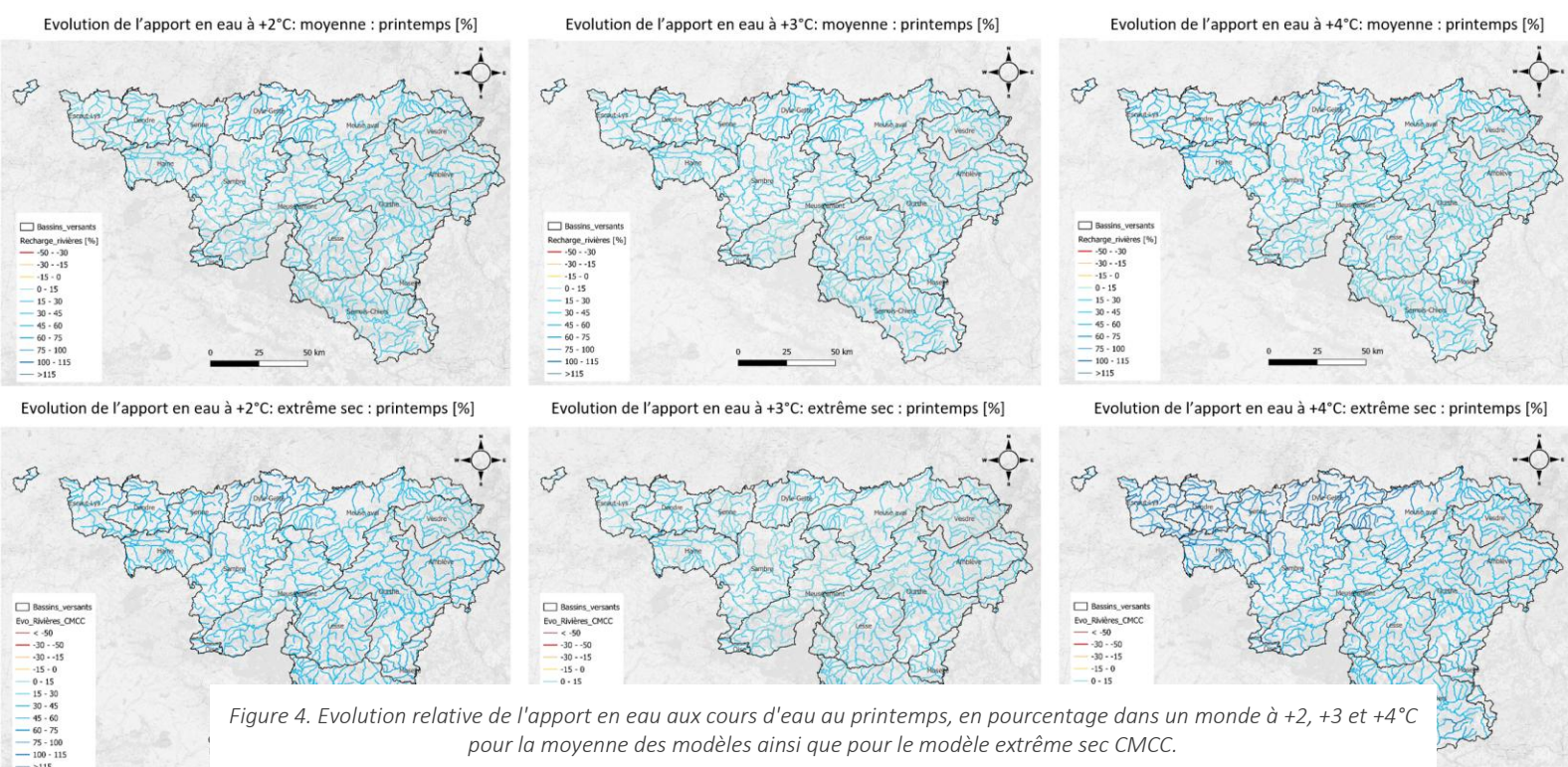


Figure 4. Evolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau au printemps, en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

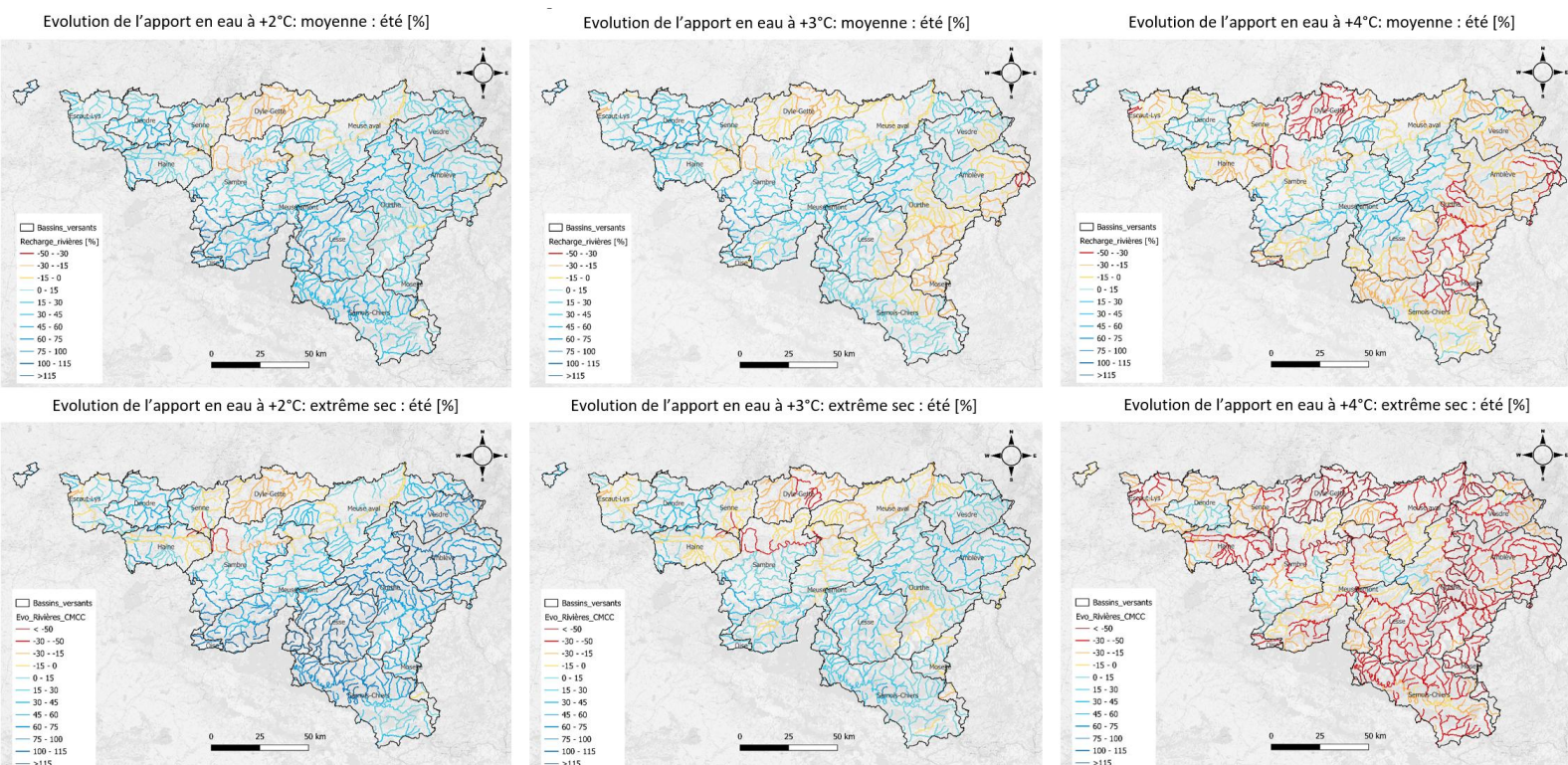


Figure 5. Evolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau en été, en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

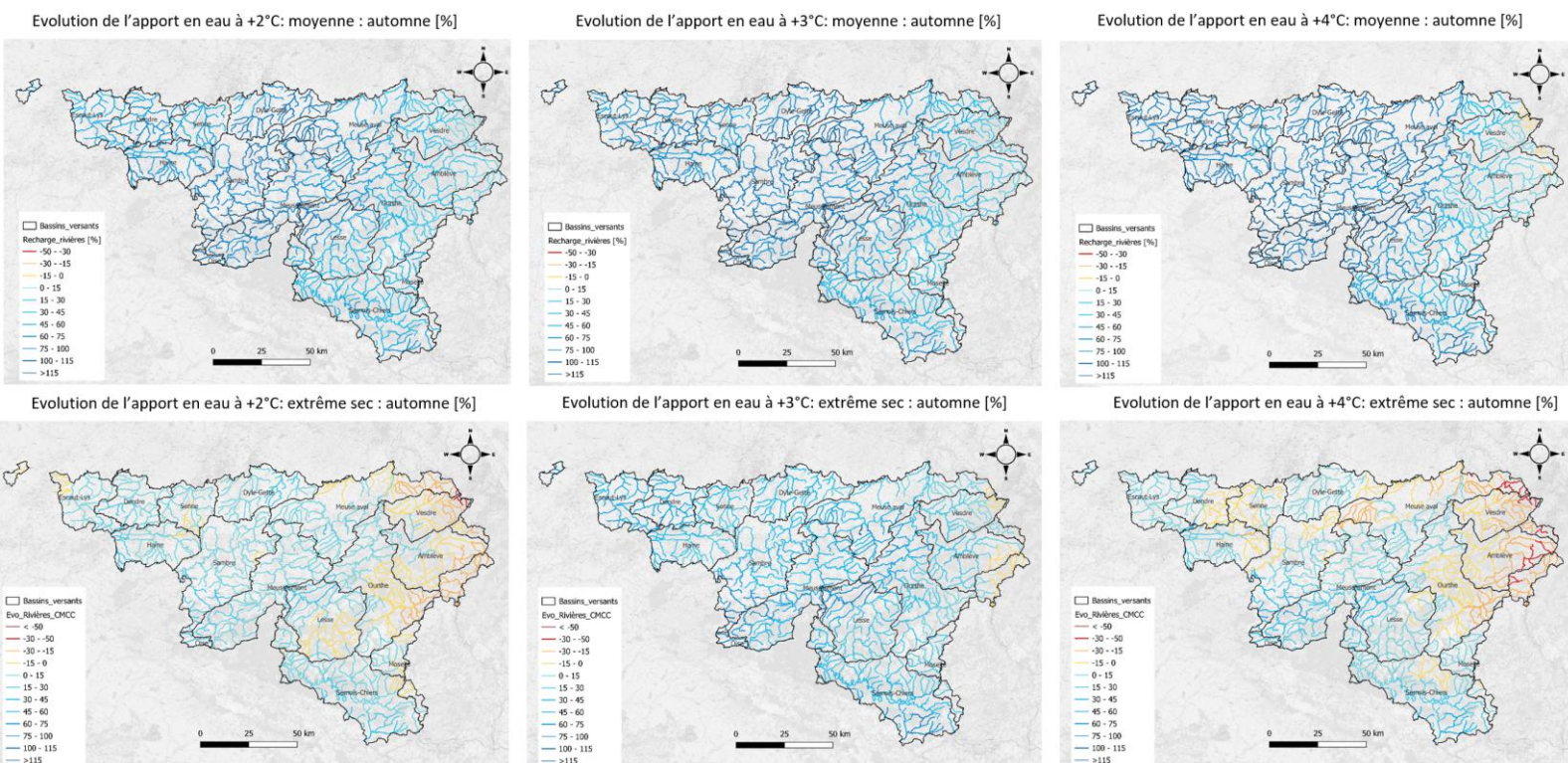


Figure 6. Evolution relative de l'apport en eau aux cours d'eau en automne, en pourcentage dans un monde à +2, +3 et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

Pour la moyenne des modèles, l'apport en eau aux cours d'eau augmente sur la majorité de la Wallonie en hiver, au printemps et à l'automne pour les scénarios à +2, +3 et +4°C. Cette augmentation des apports est généralement d'autant plus importante que l'on passe d'un monde à +2°C vers un monde à +4°C. Les précipitations augmentent également lors de ces trois saisons, pouvant expliquer les apports plus importants aux masses d'eau de surface. Les augmentations sont généralement plus élevées dans le nord et centre de la Wallonie. A +4°C, les augmentations sont plus importantes pour l'automne, puis pour le printemps et moins importantes pour l'hiver. Les apports montrent une légère diminution pour certaines masses d'eau de l'est de la Wallonie en automne, au niveau des bassins versants de la Vesdre et de la Roer. Cette saison, l'évolution des apports va de -9,8% dans le bassin versant de la Meuse aval à +191% dans le même bassin versant pour le scénario à +4°C. Au printemps, les apports d'eau s'accroissent entre 6,6% au niveau du bassin versant de l'Ourthe jusqu'à 95,9% au niveau de la Dyle-Gette. Enfin, en hiver, les apports évoluent de +23% au niveau du bassin versant de la Meuse aval jusqu'à plus de 75% au niveau de la Dendre. Entre ces trois saisons, l'hiver montre la plus grande augmentation minimale des masses d'eau de surface, mais la plus faible augmentation maximale. L'apport en eau est déjà plus élevé en hiver sur la période de référence, pouvant expliquer cette augmentation plus faible, malgré une augmentation des précipitations plus fortes en hiver que pour les autres saisons, pour les trois scénarios de réchauffement. En été, une diminution des apports en eau est observée pour une grande partie des masses d'eau de surface. Cette diminution va jusqu'à -30% au niveau des bassins versants de la Dyle-Gette, de la Sambre, de l'Ourthe, de la Moselle et de la Semois-Chiers. Des augmentations sont également observées en été notamment au niveau des bassins versants de la Meuse Aval, de la Lesse, de la Meuse amont et de la Dendre. L'évolution des apports va de -49,3% au niveau du bassin versant de la Moselle à 99% pour le bassin versant de la Lesse.

Le modèle extrême sec CMCC ne montre pas les mêmes tendances que la moyenne des modèles. En hiver à +2°C, une diminution de l'apport en eau aux masses d'eau de surface est observée pour la majorité de la Wallonie, contrairement à la moyenne des modèles. Cette diminution se situe entre 0 et 15% à l'exception des bassins versants de l'Escaut-Lys et de la Dendre avec des diminutions jusqu'à 21,9%. Des augmentations sont observées uniquement à l'est de la Wallonie. A +3°C, les diminutions sont localisées uniquement au niveau des bassins versants de l'Escaut-Lys, de la Dendre et de la Haine. A +4°C, l'évolution des apports s'approche de la moyenne des modèles et va de 10% au niveau du bassin versant de Meuse Aval à 92,4% au niveau de la Dendre. A +4°C, contrairement à la moyenne des modèles, les augmentations sont plus importantes pour le printemps, puis pour l'hiver et moins importantes pour l'automne. Au printemps, les apports aux cours d'eau augmentent pour les trois scénarios climatiques. Pour +4°C, l'évolution va de 22,2% au niveau du bassin versant de l'Ourthe à 146% pour la Dyle-Gette. A l'automne, une diminution des apports est observée à +2 et à +4°C à l'est de la Wallonie avec un minimum de -35,5% à +2°C pour la Vesdre et -53% à +4°C pour la Lesse. A +3°C, les diminutions sont plus limitées et localisées avec des minimums de -10%. En été, les diminutions d'apports sont plus intenses que pour la moyenne des modèles. Les diminutions sont principalement observées dans le nord de la Wallonie à +2 et +3°C puis s'étendent à la majorité de la Wallonie à +4°C. Elles vont jusqu'à -70% d'apports au niveau de la Vesdre à +4°C. La plus grande augmentation est observée au niveau du bassin versant de l'Ourthe avec +34,3% à +4°C. Les masses d'eau montrent une augmentation de leur apport en eau malgré des précipitations plus faibles en été pour les trois scénarios climatiques. Cela peut provenir des flux hypodermiques lents des pluies du printemps, qui vont alimenter en différé les masses d'eau.

Au total, les précipitations ainsi que les apports d'eau aux masses d'eau vont augmenter sur l'année à +2, +3 et +4°C. Cependant, la répartition de ces flux sera plus inégale entre les saisons avec des périodes de sécheresse estivales. Des périodes d'étiages plus intenses et fréquentes pourraient ainsi avoir lieu à cette période dans le futur. Cependant, les recharges minimales des nappes devraient augmenter sur l'année, ce qui pourrait permettre de soutenir l'étiage des cours d'eau plus longtemps.

La figure 7 montre le coefficient de variation des apports en eau aux cours d'eau entre les 6 modèles pour les trois scénarios climatiques, pour l'été et pour l'hiver. La figure 8 représente le même coefficient de variation, pour le printemps et pour l'été.

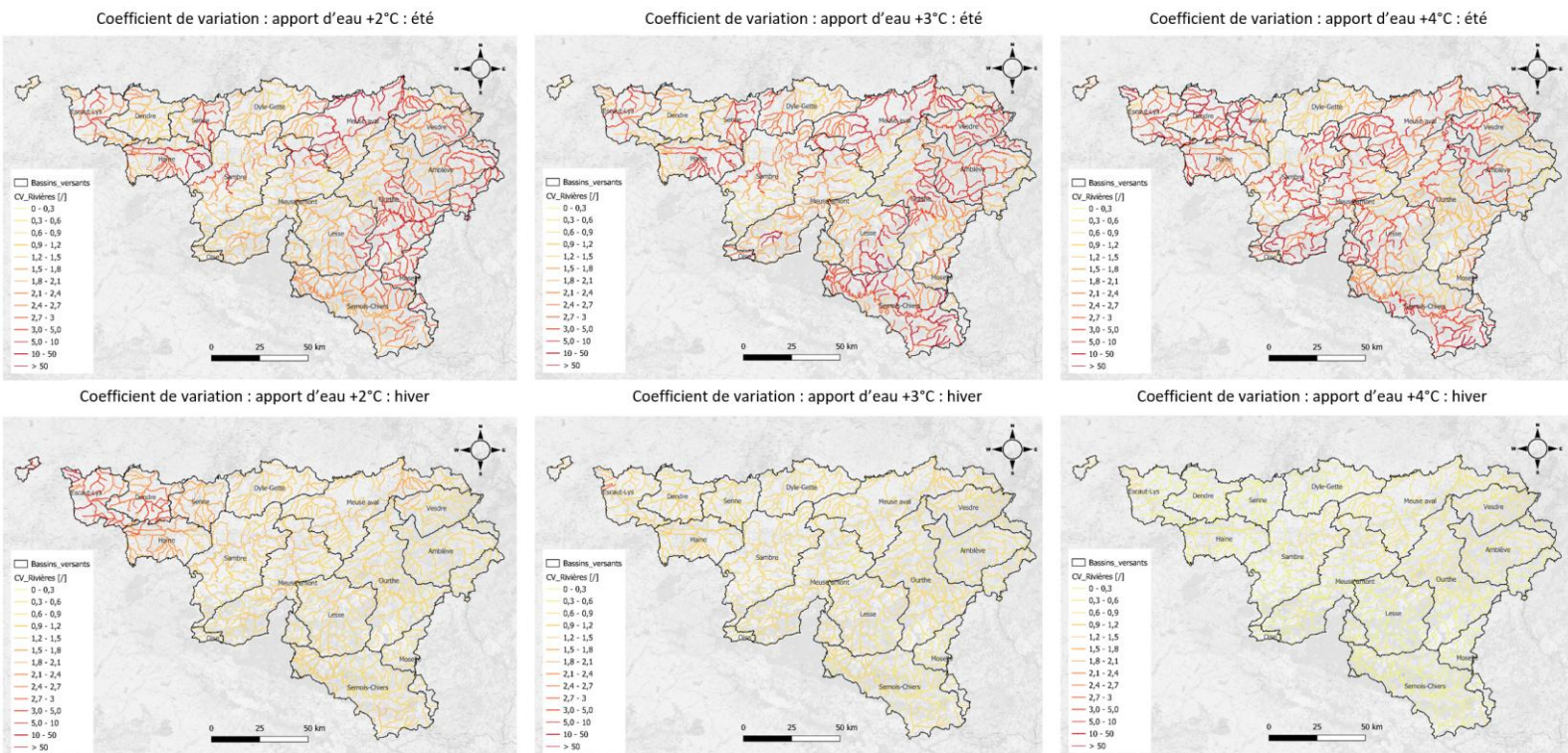


Figure 3. Coefficient de variation de l'apport en eau aux cours d'eau entre les 6 modèles pour un monde à +2, +3 et +4°C, pour l'été et l'hiver.

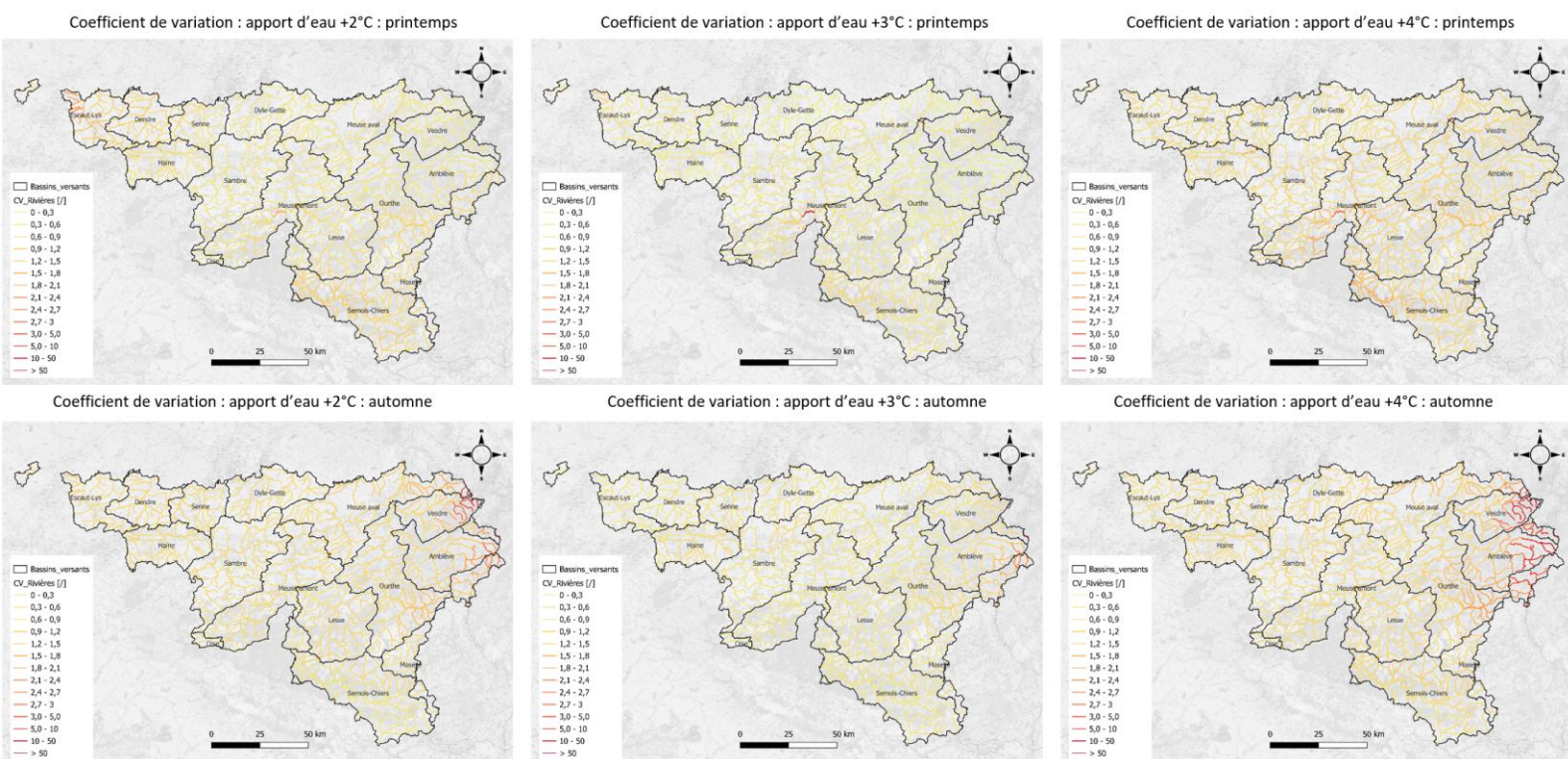


Figure 4. Coefficient de variation de l'apport en eau aux cours d'eau entre les 6 modèles pour un monde à +2, +3 et +4°C, pour le printemps et l'automne.

Le coefficient de variation montre une grande dispersion des modèles pour le scénario de réchauffement à +2, +3 et +4°C en été. Ce coefficient de variation dépasse les 50 pour une partie de la Wallonie. En hiver, le coefficient de variation est élevé à +2°C pour le bassin versant de la Dendre et de l'Escaut-Lys puis diminue à +3 et +4°C pour être en dessous de 1 pour la majorité de la Wallonie. Au printemps, le coefficient de variation est plus faible que pour les autres mois avec un maximum de 2,1 à +2°C montrant une grande convergence des modèles cette saison. Enfin, en automne, le coefficient est faible pour la majorité de la Wallonie. Il est plus élevé dans l'est de la Wallonie où il dépasse les 50 au niveau des bassins versants de la Vesdre et de l'Amblève.

6. Discussion

La variabilité saisonnière des précipitations va mener à des sécheresses saisonnières, pouvant impacter les cours d'eau qui jouent un rôle crucial dans les écosystèmes et les activités humaines. En Wallonie, l'évolution du risque de sécheresse des cours d'eau dépend des apports en eau aux rivières, incluant le ruissellement et les flux hypodermiques rapides en lents. Les projections climatiques montrent une forte variabilité saisonnière des apports aux cours d'eau wallons pour les trois des scénarios (+2, +3, et +4°C). Globalement, les apports augmentent en automne, en hiver et au printemps, mais diminuent en été, particulièrement sous les scénarios les plus chauds. Cette réduction estivale des apports atteint jusqu'à -70,4% dans certains bassins versants à +4°C, tandis que certaines zones spécifiques montrent des augmentations limitées, témoignant d'une variabilité spatiale marquée. En hiver et au printemps, les augmentations des apports en eau sont corrélées à des précipitations plus abondantes et à un ruissellement qui peut être favorisé par des sols proches de la saturation. L'automne montre une tendance similaire, bien que des réductions localisées soient observées dans certains bassins comme la Vesdre et la Lesse. Ainsi, la répartition des apports sera plus inégale entre les saisons avec des périodes de sécheresse estivales. Des périodes d'étiages plus intenses et fréquentes pourraient ainsi avoir lieu à cette période dans le futur. Les **zones à risque identifiées** en été se concentrent principalement dans le nord de la Wallonie, notamment autour des bassins versants de la Dyle, de la Gette et de la Sambre, dès une augmentation de +2°C. Avec une hausse de +3°C, les sécheresses affectent également les cours d'eau de la Meuse, de l'Ourthe et de l'Escaut. À +4°C, une diminution significative des apports en eau touche la majeure partie de la Wallonie. Les bassins versants les plus vulnérables incluent alors ceux de la Dyle, de la Gette, de la Senne, de la Sambre, de l'Ourthe, de la Lesse, de la Sûre, de la Semois, de l'Amblève et de l'Our. Attention, cet indicateur se concentre sur l'évolution de la composante « aléa » du risque : l'analyse des projections climatiques menant à des sécheresses qui impactent l'apport en eau des cours d'eau. Pour décider où intervenir en priorité il faudrait idéalement considérer les autres dimensions du risque que sont les éléments exposés à l'aléa et leurs paramètres de vulnérabilité. Cependant, à l'intérieur de ces bassins versants il faudrait préciser les zones d'intervention prioritaires en identifiant les éléments exposés qui génèrent un risque, tels que le tourisme, la biodiversité, les activités fluviales et les caractéristiques qui les rendent plus ou moins vulnérables (par exemple la recharge via les eaux souterraines et la prise d'eau ou encore les aménagements humains)

L'évolution des apports en eau aux cours d'eau exposée dans ce projet est moyenne sur une période de 30 années et est exprimée en mm par 3 mois. Cette donnée ne prend donc pas en considération la variabilité interannuelle. Ainsi, les années les plus extrêmes sèches avec très peu de précipitations ne sont donc pas prises en considération et des valeurs de diminution des apports en eau beaucoup plus extrême pourraient être atteintes.

De plus, ces résultats sont basés sur différents modèles climatiques globaux qui présentent une divergence importante, principalement dans un futur proche à +2°C et en été. Cette dispersion durant la période la plus sèche témoigne de la difficulté à prédire l'intensité et la fréquence des précipitations

et des apports en eau. Cela montre que, même si une tendance générale d'augmentation des apports au cours de l'année est attendue, il existe des différences entre saisons et entre les modèles, et les résultats doivent être interprétés avec prudence. L'approche basée sur la moyenne des modèles est pertinente pour obtenir une vue d'ensemble, mais elle peut masquer des risques extrêmes ou des singularités locales importantes. Ainsi, l'utilisation conjointe de modèles médian et extrême (CMCC) enrichit l'analyse et permet de mieux anticiper des scénarios critiques. Nous constatons que les divergences qui s'amenuisent entre +2 et +4°C viennent des données climatiques. La variabilité entre les modèles climatiques reflète leur capacité à représenter la variabilité interannuelle, qui prédomine dans un monde à +2°C. En revanche, lorsque les scénarios tendent vers un monde à +4°C, l'augmentation des températures, et donc de l'évapotranspiration potentielle (ETP), devient le facteur dominant. Cela réduit les divergences entre les modèles climatiques, un effet qui se répercute ensuite sur les modèles hydrologiques.

Enfin, il faut garder à l'esprit que les apports aux cours d'eau ont été moyennés par masse d'eau de surface présente au sein de la carte « Bassins versants hydrographiques des masses d'eau de surface (BV_MESU) ». Ainsi, l'évolution de ces flux ne peut pas être analysée à l'échelle du tronçon de rivières ou de cours d'eau.

Les sécheresses estivales vont entraîner des répercussions sur les cours d'eau avec notamment une altération des écosystèmes aquatiques en induisant une fragmentation des milieux. De plus, les faibles débits limiteront les habitats disponibles pour certaines espèces aquatiques, ce qui peut mener à une réduction de la biodiversité. Ces sécheresses peuvent également engendrer une dégradation de la qualité des cours d'eau en réduisant la dilution des polluants. La hausse des températures de l'eau aggravera les déficits d'oxygène dissous, menaçant davantage les organismes aquatiques. Même si les prélèvements d'eau sont principalement réalisés dans les nappes en Wallonie, la diminution des apports au cours d'eau peut également mener à des conflits d'usage durant les périodes d'étiage. Enfin, la répétition de sécheresse peut affaiblir les écosystèmes et augmenter leur sensibilité lors des précipitations intenses hivernales.

Afin d'atténuer ces effets, la restauration écologique incluant la restauration des zones humides et des annexes hydrauliques pourrait aider à maintenir les débits d'étiage et améliorer la résilience hydrologique. Une réduction de la linéarisation des cours d'eau et une reconnexion des lits majeurs pourraient permettre de ralentir les écoulements et favoriser l'infiltration.

Pour pousser l'analyse plus loin, une modélisation plus poussée des débits des cours d'eau pourrait être développée, ce qui permettrait une meilleure évaluation du risque d'étiage. Les aménagements humains récents tels que les dérivations, les barrages ou les freins hydrauliques pourraient également être pris en considération. De plus, travailler à une résolution localement plus fine permettrait d'identifier les zones critiques de façon plus précise pour les acteurs de terrain. Des hypothèses et scénarios sur l'évolution des pratiques agricoles et des prélèvements en eau issus des masses d'eau de surface renforceraient également l'interprétation des résultats.



7. Annexes

7.1. Bibliographie

Service Public de Wallonie (SPW) - Masses d'eau de surface (MESU) - Série (2021)

Direction de l'Etat Environnemental, 2024. Diagnostic environnemental de la Wallonie 2024 : EAU.

Sohier, C., 2011. Développement d'un modèle hydrologique sol et zone vadose afin d'évaluer l'impact des pollutions diffuses et des mesures d'atténuation sur la qualité des eaux en Région wallonne. Gembloux Agro-Bio Tech - Uliège.



Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable asbl

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

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