



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

SOLS

Sols à risques de sécheresse édaphique

Rapport méthodologique



ICEDD



Pouvoir adjudicateur :



Wallonie



Service public
de Wallonie



Institut scientifique
de service public





Auteurs

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

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

Comité de relecture

Manu Harchies - mha@icedd.be

Dorine Hall – dha@icedd.be

Personne de contact

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

Photo de couverture : Jonas Jaeken from Unsplash

Comment citer ce rapport

Pirlot, C., Harchies, M., Degré, A. (2025). *Risques climatiques en Wallonie. Indicateur d'aggravation des sécheresses édaphiques due 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	6
5. Résultats	8
6. Discussion	12
7. Annexes	14
7.1. Bibliographie	14

1. Introduction

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats de la construction de l'indicateur « Sols à risques de sécheresse édaphique » permettant d'évaluer les risques climatiques en Wallonie pour la thématique SOLS.

En Belgique, les projections climatiques futures moyennes montrent une augmentation de la température estivale de +1,73°C à +4,72°C, une diminution des précipitations estivales de -6% à -17% ainsi qu'une augmentation du nombre de jours secs consécutifs de 14% à 32%. De plus, une augmentation de l'évapotranspiration située entre 12% et 31% est également attendue 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.

Les sécheresses édaphiques sont des périodes de réduction de l'humidité du sol, entraînant une perte de récolte, en raison d'une disponibilité insuffisante d'eau dans les couches superficielles du sol (Wilhite & Glantz, 1985). Elles peuvent donc engendrer une diminution de la réserve en eau du sol disponible pour les plantes, et ainsi une diminution du rendement des cultures. Elles peuvent également entraîner des répercussions négatives sur la biodiversité, le cycle de l'eau et l'infiltration de l'eau dans les sols. La réserve en eau utile¹ (REU) des sols dépend de plusieurs facteurs, dont le type de sol, la teneur en matière organique (MO) et la structure des sols. Les pratiques agricoles vont également jouer un rôle important dans la sécheresse des sols. Certaines pratiques engendrent une diminution de la matière organique, une compaction des sols et une porosité plus faible, augmentant leur vulnérabilité face à la sécheresse. Les pratiques agricoles permettant une aération des sols, la formation d'agrégats et une augmentation ou un maintien de la teneur en matière organique peuvent améliorer la rétention en eau du sol. Les cultures alternatives moins consommatrices d'eau, plus couvrantes et à l'enracinement plus profond devraient être favorisées. De plus, les terres ayant un potentiel de rétention en eau élevé doivent être protégées du changement d'occupation des sols et de l'artificialisation.

En Wallonie, les territoires agricoles représentent 44% des sols. Or, entre 2015 et 2019, près de 90% de cette surface sous cultures présentaient des teneurs en matière organique insuffisantes, avec des conséquences sur la structure des sols et leur capacité de rétention en eau (Direction de l'Etat Environnemental, 2024). Les sols agricoles plus sableux, peu profonds et à faible teneur en matière organique, sont les plus sensibles aux sécheresses édaphiques. Les cultures nécessitant des apports en eau importants seront plus exposées aux sécheresses estivales. Certains types de sols comme les tourbières sont très sensibles face à la sécheresse. Ces milieux nécessitent un bilan hydrique positif (i.e. lorsque les apports en eau du milieu excèdent les pertes) pour se maintenir et accumuler de la matière organique. L'assèchement de tels milieux peut donc engendrer l'émission d'une quantité importante de carbone dans l'atmosphère. De plus, bien que couvrant moins de 0,9 % de la région, ces tourbières abritent une diversité d'espèces rares. Les sols contenant une grande quantité d'argile ont généralement une grande rétention en eau ainsi qu'une faible capacité d'infiltration, en raison de leur structure et de leur porosité. Cependant, lorsqu'elles sont asséchées, certaines argiles peuvent se rétracter verticalement avec un tassement des sols et horizontalement avec l'apparition de fissures à la surface du sol. Ces retraits d'argile peuvent endommager les infrastructures des zones urbaines et créer un accès direct vers les nappes, augmentant ainsi le risque de pollution.

Plusieurs dispositifs sont mis en place en Wallonie comme la cellule « Sécheresse » qui propose des mesures de gestion de l'eau et des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC). L'impact

¹ La réserve en eau utile (REU) est « la quantité maximale d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante. Autrement dit, c'est la quantité d'eau du sol utilisable par une culture » (<https://agriculture.wallonie.be/home/recherche-developpement/adaptations-a-la-secheresse/resilience-en-grandes-cultures/efficience-en-eau/la-reserve-utile.html>)

de différentes pratiques agricoles sur le potentiel de rétention en eau des sols a été analysé au cours du projet AIL4WaterQuality réalisé au sein de l'axe Echanges Eau-Sol Plantes de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège) (Pirlot et al., 2024). Dans le cadre du plan de relance de la Wallonie, des projets sont également en cours afin de promouvoir les pratiques agricoles favorisant le suivi des stocks en carbone organique avec un suivi de la qualité des sols.

2. Résumé

Trois indicateurs de l'évolution relative du risque de sécheresse édaphique des sols ont été construits. Ils représentent **la teneur en eau minimale des sols**, **la durée du déficit hydrique** ainsi que **l'intensité du déficit hydrique**. Ils indiquent le pourcentage d'augmentation ou de diminution 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 ces indicateurs selon trois scénarios de réchauffement, à savoir un monde à +2°C, +3°C et +4°C.

Ces indicateurs montrent une augmentation significative du risque de sécheresse édaphique dans un contexte de réchauffement climatique pour la majorité de la Wallonie. La teneur en eau minimale diminue fortement au niveau des sols tourbeux ou peu profonds de la Région herbagère, de Haute Ardenne et d'Ardenne, avec une diminution allant jusqu'à 88 % dans un scénario à +4°C pour la moyenne des modèles. La durée du déficit hydrique augmente particulièrement dans ces mêmes régions, avec des hausses pouvant dépasser un facteur 10 dans un scénario à +4°C. L'intensité du déficit hydrique, indicateur composite des deux autres, suit ces tendances avec des augmentations majeures (jusqu'à 20 fois supérieures à sa valeur actuelle). Les régions les plus sensibles sont les tourbières, les sols peu profonds, ainsi que les sols avec une faible réserve utile comprenant les sols sableux et ceux à faible teneur en matière organique. Par contraste, les sols profonds du nord de la Wallonie, comme ceux de la région limoneuse, semblent moins impactés grâce à leur capacité de rétention en eau plus importante et leur grande profondeur.

3. Définition de l'indicateur et périmètre

Le risque de sécheresse édaphique des sols dans le futur sera principalement dû à l'augmentation des températures et à la réduction des précipitations estivales, induisant des sécheresses estivales. Ces sécheresses saisonnières vont impacter les teneurs en eau des sols, pouvant mener à un stress hydrique des cultures plus fréquent et intense. Le risque reprend l'évolution relative en pourcentage d'augmentation et de diminution des indicateurs par rapport à une période de référence qui représente le climat actuel. Ils dépendent de la teneur en eau des sols de surface entre 0 et 40 cm en m³ d'eau par m³ de sols. Il est déterminé pour l'ensemble du territoire wallon, à une résolution de 1 km².

Ces indicateurs de risques sont :

- La teneur en eau minimale annuelle en m³/m³
- La durée du déficit hydrique annuel en mois
- L'intensité du déficit hydrique annuel

Ils sont déterminés 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 11 régions agricoles avec des propriétés variées. Le risque de sécheresse édaphique des sols dans le futur sera principalement dû à l'augmentation des températures et donc de la demande évaporatoire de l'atmosphère et à la réduction des précipitations estivales, induisant des sécheresses estivales. Les sols en surface sont particulièrement exposés à la sécheresse édaphique. La hausse des températures et la diminution des précipitations auront des répercussions plus directes et rapides sur les premières dizaines de centimètres du sol qu'en grande profondeur.

L'évolution relative des trois indicateurs du risque de sécheresse édaphique dans le futur a été déterminée à l'aide de simulations climatiques et hydrologiques. 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°C, +3°C 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 monde à +2°C et +3°C et le SSP 585 pour un monde 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 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).

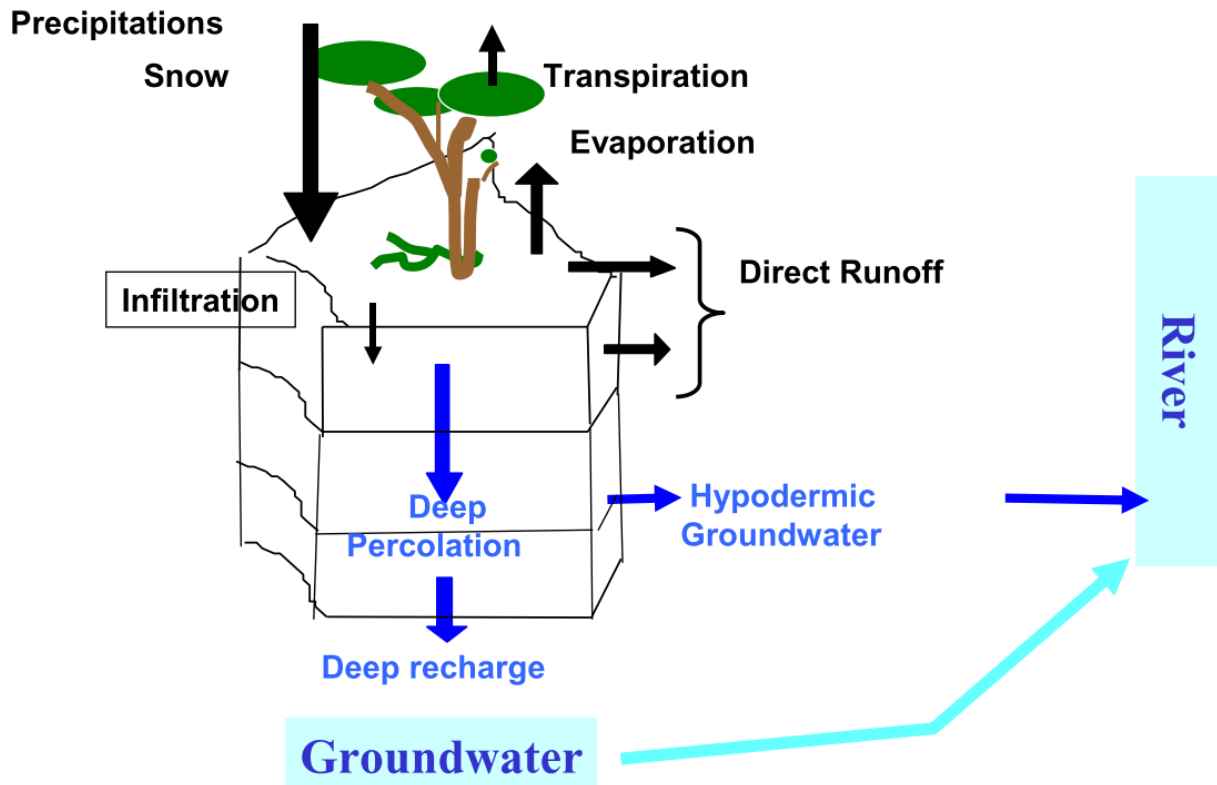


Figure 1. Ensemble des flux d'eau simulés par le logiciel EPICgrid. Illustration reprise de Sohier, 2011.

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.

À partir des données journalières de teneur en eau des sols entre 0 et 40 cm de profondeur, trois indicateurs ont été développés pour représenter les sols à risques de sécheresses édaphiques pour le futur.

Premièrement, la teneur en eau minimale annuelle des sols. Elle est calculée en prenant la teneur en eau minimale annuelle des sols entre 0 à 40 cm de profondeur.

Deuxièmement, la durée du déficit hydrique annuel des sols. Elle est calculée en prenant le nombre de jours sur l'année où la teneur en eau des sols entre 0 et 40 cm est inférieure à la réserve en eau facilement utilisable par les plantes (RFU). La RFU considérée ici représente la teneur en eau au point de flétrissement additionnée de 50% de la réserve utile en eau du sol. La réserve en eau utile est calculée comme la différence entre la teneur en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement.

Troisièmement, l'intensité du déficit hydrique annuel des sols. Elle est calculée pour l'ensemble des périodes sur l'année où la teneur en eau des sols entre 0 et 40 cm est inférieure à la RFU. Pour ces périodes, l'intensité du déficit est définie comme la somme des différences journalières entre la teneur en eau des sols et la RFU, multipliée par 1000.

Ensuite, les moyennes de ces indicateurs sur les 30 années représentant chaque un scénario climatique (monde à +2, +3 et +4°C) sont réalisées. Ces calculs ont également été réalisés avec les données climatiques de référence de 1971 à 2022.

Les évolutions relatives de ces trois indicateurs dans le futur ont ensuite été déterminées en réalisant le pourcentage de différences entre les valeurs futures et celles de la période de référence pour les trois scénarios climatiques. Ces évolutions sont calculées 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 des teneurs en eau minimale des sols, le coefficient de variation a été calculé pour les trois scénarios de réchauffement. 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 du risque de sécheresse édaphique des sols 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 sols à risques de sécheresse édaphique. Premièrement, les cartes des trois indicateurs actuels pour la période de référence de 1971 - 2022. Ensuite, les cartes de l'évolution relative de ces indicateurs, 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 des teneurs en eau minimale entre les six modèles pour les trois scénarios.

5. Résultats

La Figure 2 montre la teneur en eau minimale (en m^3/m^3), la durée du déficit hydrique (en mois) et l'intensité du déficit hydrique actuelles pour la période de référence de 1971 à 2022.

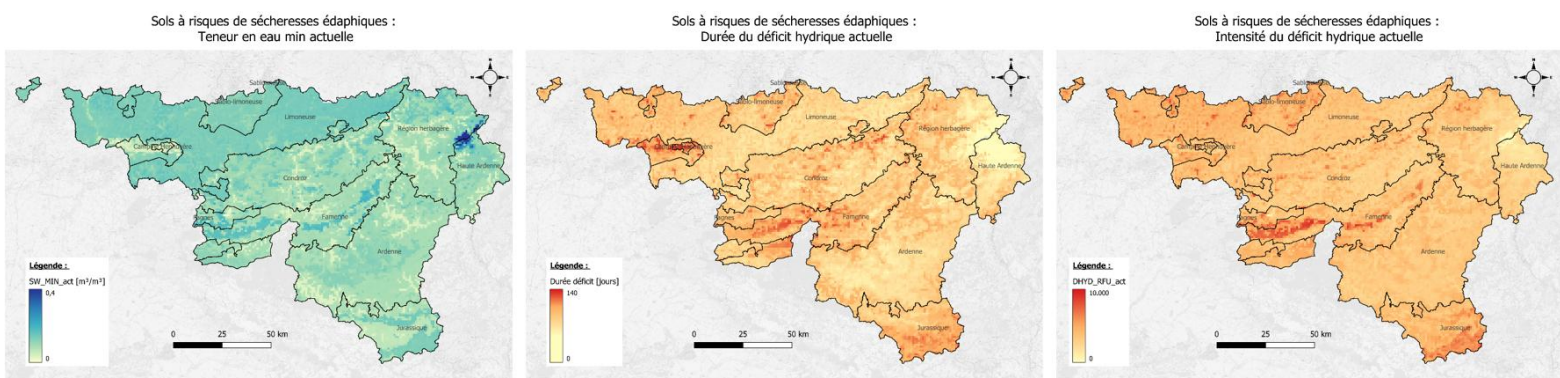


Figure 2. Teneur en eau minimale, durée du déficit hydrique et intensité du déficit hydrique actuelles pour la période de référence de 1971 à 2022.

Les teneurs en eau minimales sont plus élevées à la jonction entre la Région herbagère et la Haute Ardenne. Cette partie de la Wallonie correspond aux sols tourbeux très humides. Elle est plus faible au niveau des sols limoneux ou argileux possédant des teneurs en carbone organique pour la période 2015-2019 plus élevées. Elle est en moyenne de $0,11 \text{ m}^3/\text{m}^3$ sur l'ensemble de la Wallonie. La durée du déficit hydrique est la plus élevée en régions Campine Hennuyère et Sablo-limoneuse où elle atteint 139 jours

par an. Ces régions sont caractérisées par une texture sableuse avec plus de 70% de sable pour la majorité de ces régions avec peu d'argile (généralement moins de 5%). En moyenne, la durée du déficit hydrique est de 85 jours par an pour l'ensemble des sols wallons. L'intensité du déficit hydrique se marque principalement au niveau de zones de la Famenne qui présentent des sols peu profonds, inférieurs à 40 cm.

Les Figures 3, 4 et 5 représentent l'évolution relative de la teneur en eau minimale, la durée du déficit hydrique et l'intensité du déficit hydrique respectivement, en pourcentage d'augmentation ou de diminution par rapport à la période de référence, pour la moyenne des modèles et pour le modèle extrême sec CMCC. Une augmentation du risque de sécheresse édaphique est représentée en dégradé de jaune à rouge et une diminution en vert à bleu.

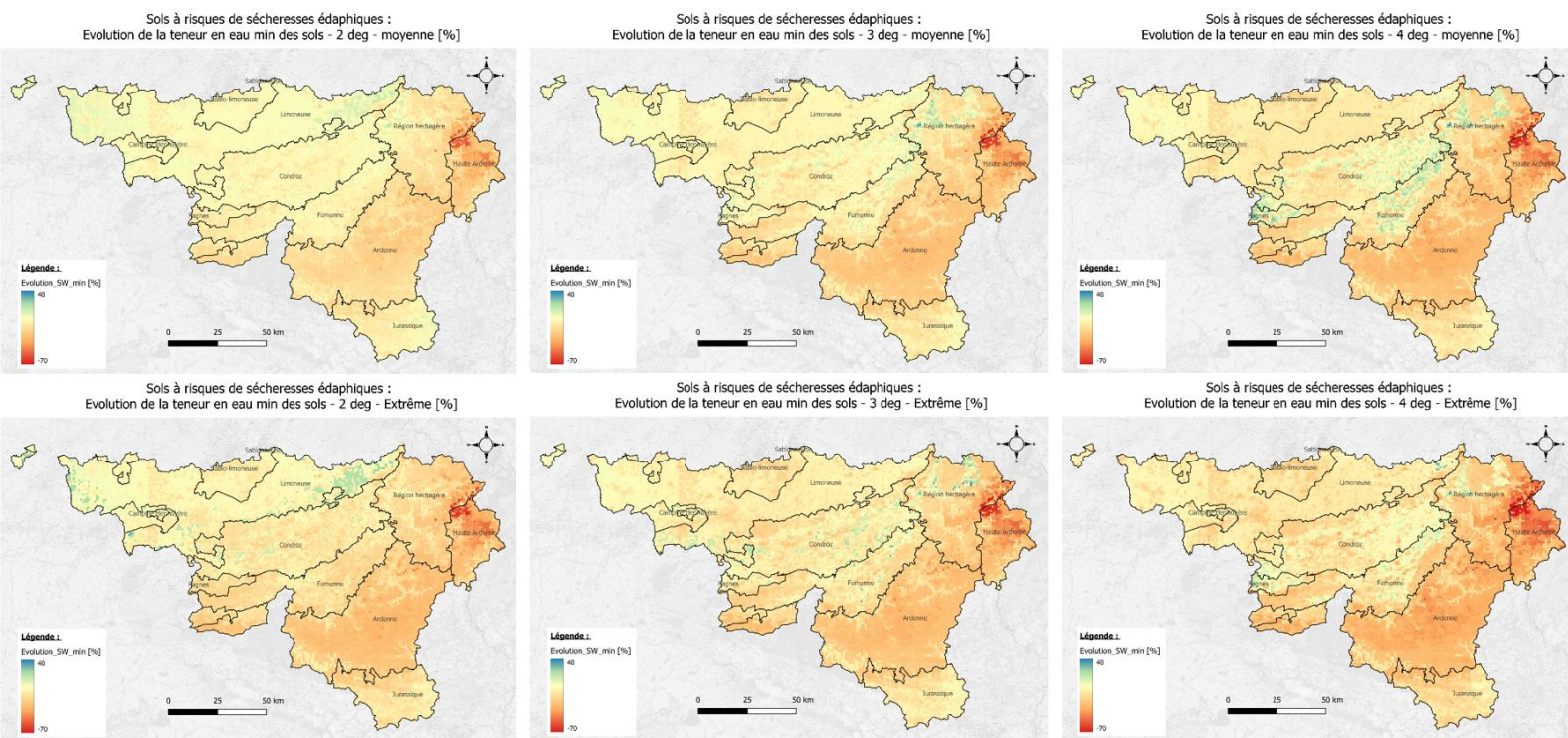


Figure 3. Evolution relative de la teneur en eau minimale des sols entre 0 et 40 cm, en pourcentage dans un monde à +2°C, +3°C et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

Pour la moyenne des modèles, la **teneur en eau minimale** diminue sur la majorité de la Wallonie pour les scénarios à +2°C, +3°C et +4°C. Cette diminution est de plus en plus prononcée avec le réchauffement climatique. La diminution va **jusque -60% dans un monde à +2°C** et **jusque -88% dans un monde à +4°C**. Ces valeurs extrêmes sont atteintes au niveau des **sols tourbeux de l'est de la Wallonie**, montrant la grande vulnérabilité de ces milieux au changement climatique. La **Région herbagère**, la **Haute Ardenne** ainsi que l'**Ardenne** montre également une diminution plus importante de la teneur en eau minimale que le reste de la Wallonie malgré leurs teneurs importantes en carbone organique, et ce en raison de sols de faible profondeur. Le nord de la Wallonie, dont la Région limoneuse présente une plus faible réduction de la teneur en eau minimale. Cette région présente des sols avec un pourcentage important de limons, favorisant la rétention d'eau, et ayant une profondeur de plus d'un mètre. Certaines zones montrent une augmentation de la teneur en eau minimale en Région limoneuse et herbagère qui peuvent s'élever à +50% dans un scénario à +4°C.

L'ensemble des tendances observées pour la moyenne des modèles ci-dessus est également observable pour le modèle extrême sec CMCC, sur les mêmes zones de la Wallonie, avec cependant des diminutions de la teneur en eau minimale plus forte qui vont jusqu'à 71% à +2°C et jusqu'à 90% à +4°C.

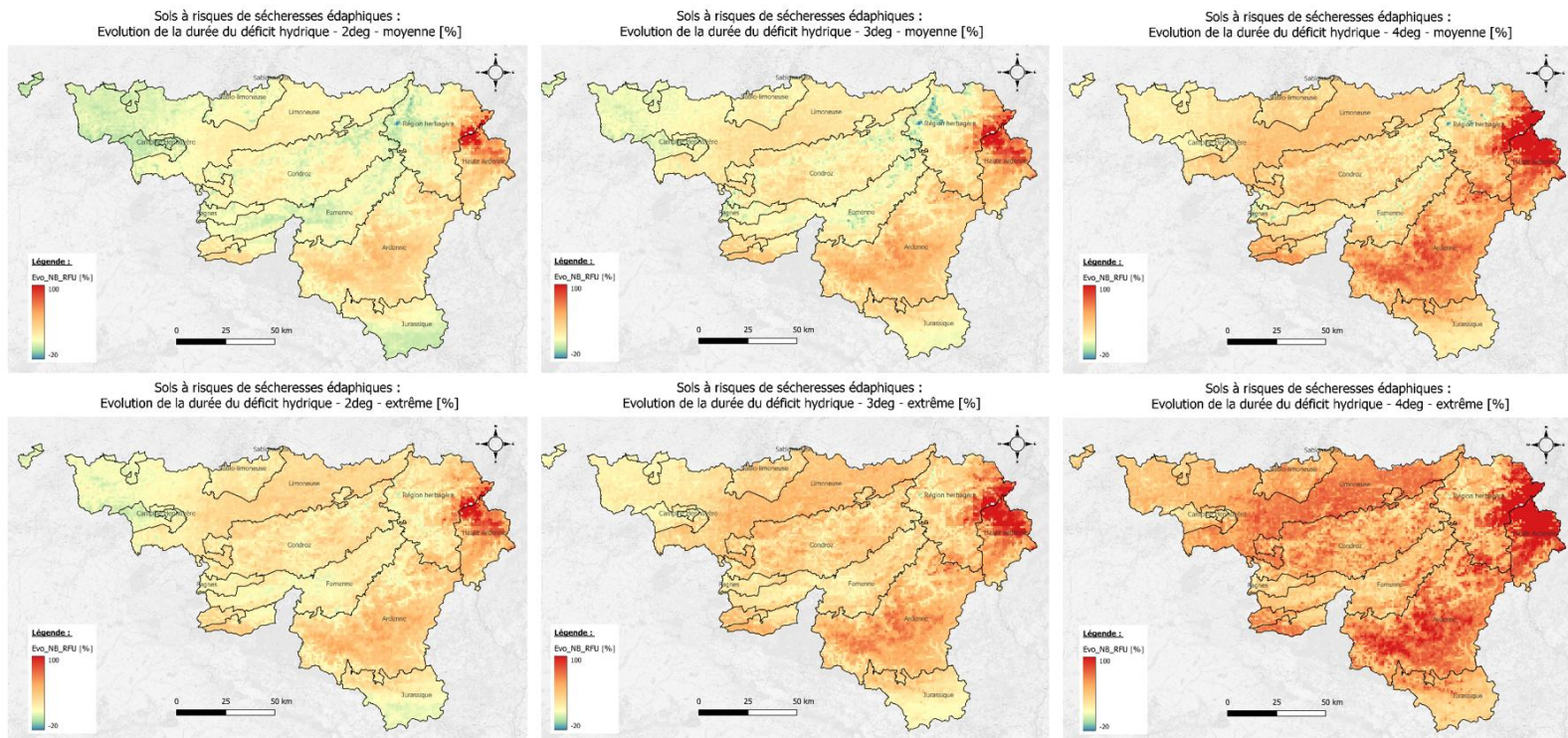


Figure 4. Evolution relative de la durée du déficit hydrique des sols entre 0 et 40 cm, en pourcentage dans un monde à +2°C, +3°C et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

Au niveau de la **durée du déficit hydrique**, elle **augmente** sur la majorité de la Wallonie pour les scénarios à +2°C, +3°C et +4°C de façon plus ou moins importante en fonction des régions agricoles. Cette augmentation est de plus en plus prononcée avec le réchauffement climatique. Elle est particulièrement prononcée dans la **Région herbagère**, la **Haute Ardenne** ainsi que dans l'**Ardenne**. Elle va **jusque 550% dans un monde à +2°C** et **dépasse 1000% dans un monde à +4°C** pour la moyenne des modèles. Pour le modèle extrême, les augmentations vont de 733% à plus de 1500% pour +2°C et +4°C. Ces valeurs extrêmes de sécheresses saisonnières des sols pourront avoir un impact conséquent sur les cultures et leur rendement, et montrent la sensibilité des sols à la sécheresse en Wallonie, principalement pour les tourbières. Contrairement à la teneur en eau minimale, la région limoneuse montre également une augmentation importante de la durée du déficit hydrique, qui se marque principalement dans un monde à +4°C. La Famenne, le Jurassique et la Campine ne montrent pas de forte d'augmentation de la durée du déficit. Ces régions ont déjà actuellement des sols très secs avec des déficits en eau importants, ce qui peut expliquer la plus faible évolution du déficit hydrique pour ces régions. Une diminution du déficit hydrique est observée dans le nord de la Région herbagère pour l'ensemble des scénarios. Cette zone possède la réserve utile en eau la plus importante de la Wallonie, ce qui pourrait expliquer cette observation.

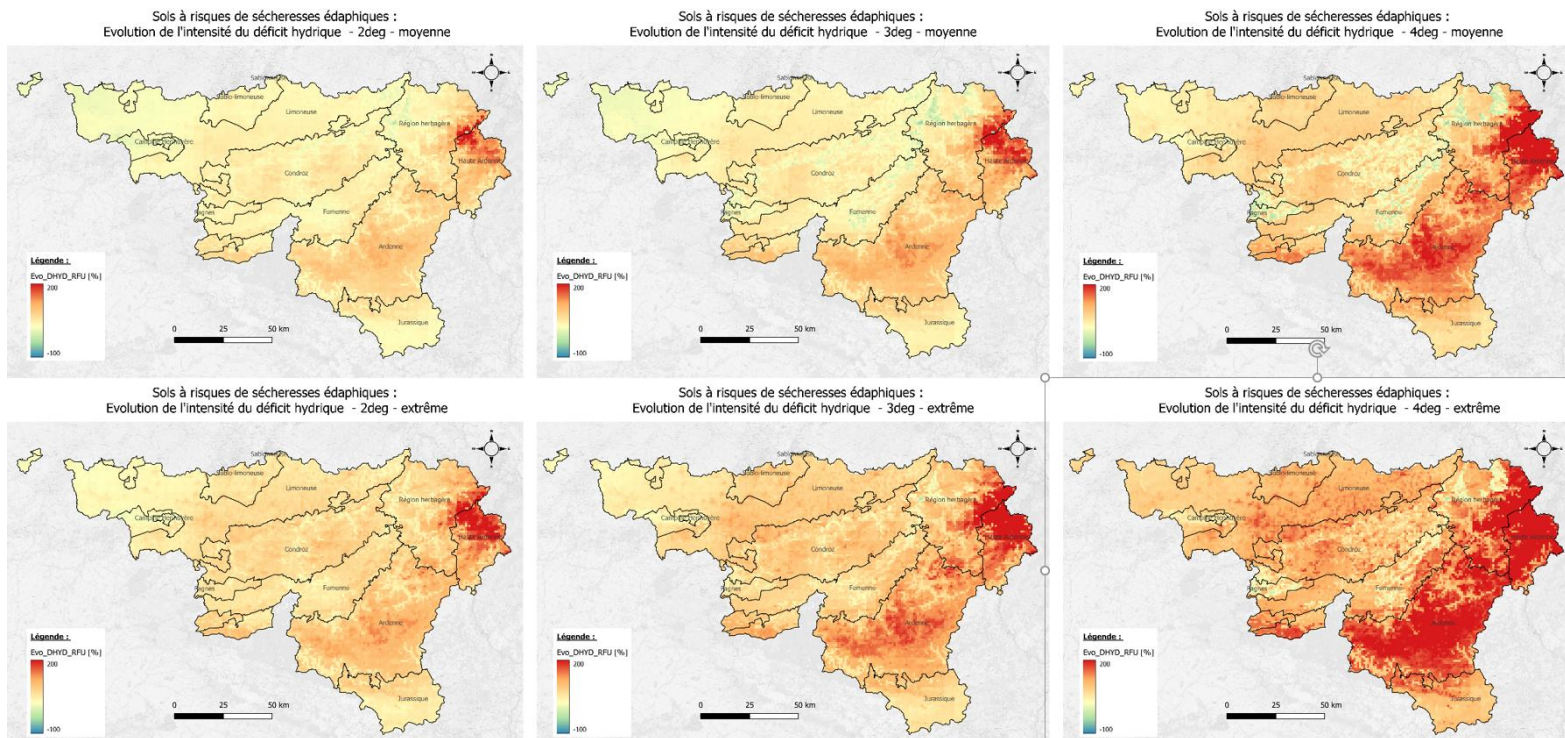


Figure 5. Evolution relative de l'intensité du déficit hydrique des sols entre 0 et 40 cm, en pourcentage dans un monde à +2°C, +3°C et +4°C pour la moyenne des modèles ainsi que pour le modèle extrême sec CMCC.

L'indicateur de l'intensité du déficit hydrique peut être interprété comme un indicateur composite des deux premiers. L'intensité du déficit hydrique augmente sur la quasi-totalité de la Wallonie à l'exception de quelques mailles. Elle va **jusque 700% d'augmentation dans un monde à +2°C et au-delà de 2000% pour un monde à +4°C**, pour la moyenne des modèles. Les mêmes tendances que pour les deux autres indicateurs sont observées. **Les régions les plus touchées** par les sécheresses dans le futur seront la **Région herbagère**, la **Haute Ardenne** ainsi que l'**Ardenne**. Les **tourbières de l'est de la Wallonie** montrent l'augmentation la plus forte de l'intensité du déficit hydrique, pouvant engendrer une dégradation de ces milieux essentiels. La Famenne et la Campine ne montrent pas de forte augmentation de l'intensité du déficit hydrique, toujours en raison d'une sécheresse déjà plus marquée actuellement pour ces sols.

La Figure 6 représente le coefficient de variation de la teneur en eau minimale pour les trois scénarios climatiques.

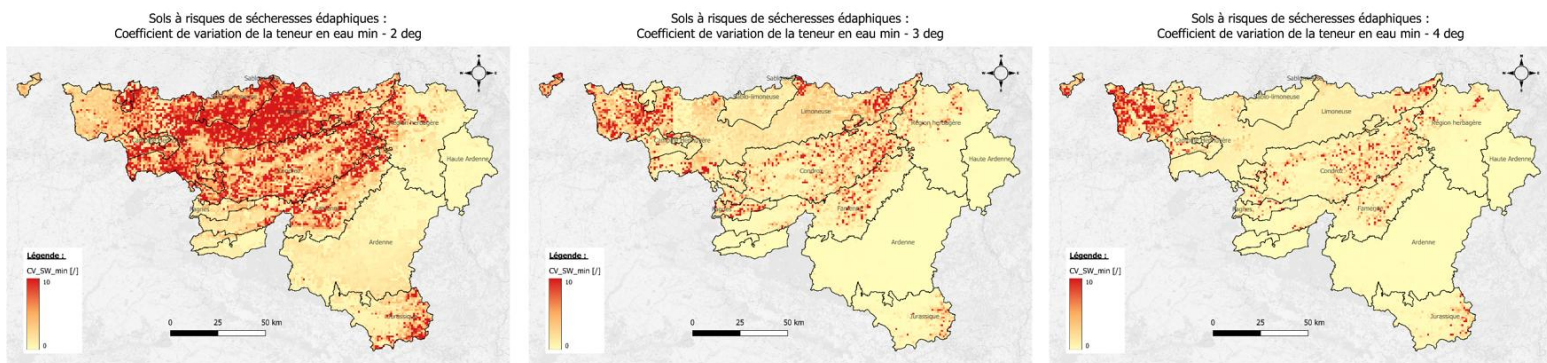


Figure 6. Coefficient de variation de la teneur en eau minimale entre les 6 modèles pour un monde à +2°C, +3°C et +4°C.

Le **coefficient de variation** montre une **grande dispersion des modèles**, principalement pour le scénario climatique à +2°C. Les valeurs élevées observées à la Figure 6 peuvent être dues aux faibles valeurs de teneur en eau minimale initiale. Les modèles montrent une plus grande divergence **pour les Régions du nord de la Wallonie**. Le coefficient de variation diminue pour un monde à +3°C et +4°C. Les plus **faibles coefficients de variation** entre les six modèles sont obtenus **pour la Région herbagère, la Haute Ardenne et l'Ardenne**. Ainsi, les modèles convergent plus pour les régions où l'augmentation du risque de sécheresse édaphique est la plus importante.

6. Discussion

Le risque de sécheresse édaphique des sols dans le futur sera principalement dû à l'augmentation des températures et à la réduction des précipitations estivales, induisant des sécheresses estivales. Ces sécheresses saisonnières vont impacter les teneurs en eau des sols, pouvant mener à un stress hydrique des cultures plus fréquent et plus intense. Les projections climatiques montrent une **augmentation significative du risque de sécheresse édaphique dans un contexte de réchauffement climatique pour la majorité des sols wallons**, pour les scénarios à +2°C, +3°C, et +4°C. La teneur en eau minimale diminue fortement au niveau des sols tourbeux ou peu profonds de la Région herbagère, de Haute Ardenne et d'Ardenne, avec une diminution allant jusqu'à 88 % dans un scénario à +4°C pour la moyenne des modèles. La durée du déficit hydrique augmente particulièrement dans les mêmes régions, avec des hausses pouvant dépasser 1000 % dans un scénario à +4°C. L'intensité du déficit hydrique, indicateur composite des deux autres, suit ces tendances avec des augmentations allant au-delà de 2000 %. La Famenne et la Campine ne montrent pas d'augmentation importante par rapport à la période de référence en raison de leur déficit hydrique déjà prononcé actuellement. Ainsi, des **sécheresses édaphiques plus intenses et plus longues** sont attendues dans le futur, en particulier dans les régions les plus sensibles (**zones les plus à risque**), notamment les **tourbières, les sols peu profonds** et ceux présentant une faible réserve utile, comme les **sols sablonneux** et ceux **à faible teneur en matière organique**. À l'inverse, les sols profonds du nord de la Wallonie, notamment ceux de la région limoneuse, semblent moins affectés grâce à leur grande profondeur et leur bonne capacité de rétention en eau. Les **zones les plus exposées** à l'augmentation des sécheresses des sols se situent principalement en **Région herbagère, en Haute-Ardenne et en Ardenne**. Toutefois, à l'avenir, le déficit hydrique restera particulièrement marqué dans les zones déjà vulnérables aujourd'hui, telles que **la Famenne, la Campine hennuyère et la Région sablo-limoneuse**. Ces régions présentent des sols tourbeux très sensibles et de grande importance, et **pourraient représenter des zones d'intervention prioritaire**. Ces zones ne sont déterminées qu'à partir de la composante du risque liée à la teneur en eau des sols et à la durée du déficit hydrique des sols. Elles ne prennent pas en considération d'autres composantes du risque telles que des facteurs de vulnérabilité du sol face aux sécheresses (teneur en matière organique, présence de biodiversité dans les sols, utilisations des sols, types de couverts végétaux, etc.) ou telles que d'autres facteurs d'exposition ou d'impact (services écosystémiques rendus par les sols, rendements des cultures, etc.).

L'évolution des indicateurs du risque de sécheresse exposé dans ce projet est une moyenne sur une période de 30 années. Ces données ne prennent donc pas en considération la variabilité interannuelle. Ainsi, les années sèches les plus extrêmes avec très peu de précipitations ne sont donc pas prises en considération et des valeurs d'augmentation du déficit hydrique beaucoup plus extrêmes 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. Nous constatons que les divergences entre les modèles, qui diminuent lorsque l'on passe du scénario à +2°C à celui à +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. Toutefois, lorsque les scénarios tendent vers un monde à +4°C, l'augmentation des températures, et donc de l'évapotranspiration potentielle² (ETP), devient le facteur dominant. Cela réduit les divergences entre les modèles climatiques, un effet qui se répercute ensuite sur les modèles hydrologiques et sur les projections des sécheresses édaphiques. Cette dispersion témoigne de la difficulté à prédire l'intensité et la fréquence des précipitations futures ainsi que des températures. Cela montre que, même si une tendance générale d'augmentation des risques de sécheresse est attendue, il existe des différences dans les prévisions entre les modèles et les résultats doivent être interprétés avec prudence. Cependant, les régions présentées comme étant les plus vulnérables avec les plus grandes augmentations du déficit hydrique sont également celles ayant les coefficients de variation les plus faibles, traduisant la convergence des modèles pour ces régions. Cela **renforce la fiabilité des prévisions concernant les zones identifiées comme étant les plus à risque**. L'approche basée sur la moyenne des modèles est pertinente pour obtenir une vue d'ensemble, mais elle peut masquer ou atténuer l'occurrence de risques de sécheresse des sols plus marqués ou des singularités locales importantes. Ainsi, l'utilisation conjointe de modèles moyen et extrême (CMCC) enrichit l'analyse et permet de mieux anticiper des scénarios critiques.

Les sécheresses édaphiques peuvent entraîner des impacts environnementaux, agricoles et socio-économiques. La baisse de la quantité en eau disponible pour les plantes peut entraîner des stress hydriques accrus pour certaines cultures, réduisant leur rendement. Les sécheresses édaphiques vont également augmenter le risque d'érosion des sols au retour des pluies et diminuer l'infiltration de l'eau dans les sols en raison de l'hydrophobicité engendrée par un assèchement avancé. Une répétition des périodes de sécheresse dans le temps peut entraîner la dégradation des sols sur le long terme, en particulier pour les sols sensibles tels que ceux présentant une faible teneur en matière organique. En particulier, les tourbières sont très sensibles aux sécheresses puisque ces milieux nécessitent un bilan hydrique positif afin de se maintenir. Leur dégradation peut entraîner une diminution, voire une perte des services écosystémiques rendus par ces milieux. Les tourbières sont des biocénoses uniques, abritant une biodiversité exceptionnelle, notamment de nombreuses espèces rares introuvables dans d'autres écosystèmes. Sur le plan écologique, leur importance est considérable car elles remplissent de multiples fonctions essentielles comme la purification de l'air et de l'eau, le stockage du carbone et la régulation des conditions climatiques locales. En Wallonie, ces milieux sont marginaux et ne représente plus que 0,9% du territoire wallon en raison de leur destruction ou dégradation, en partie par les activités humaines.

Pour renforcer la résilience des sols agricoles face au changement climatique, les pratiques permettant d'améliorer leur capacité à infiltrer et à retenir l'eau sont essentielles comme le semis direct, les couverts végétaux ou la diversification des cultures, avec des cultures moins consommatrices en eau ou à l'enracinement profond. Par exemple, les couvertures végétales peuvent réduire le processus d'évaporation, maintenir l'humidité et faciliter l'infiltration de l'eau, tout en améliorant la structure du sol grâce au système racinaire, et en augmentant la teneur en carbone du sol grâce à l'apport de matière organique, ce qui favorise la formation d'humus. Ces changements passent également par la sensibilisation des agriculteurs et des décideurs locaux à l'importance d'adopter des pratiques résilientes face au changement climatique.

L'imperméabilisation et l'artificialisation des sols urbains aggrave les problèmes de sécheresse en limitant l'infiltration de l'eau dans le sol. Il est donc nécessaire de protéger les sols à fort potentiel de

² L'évapotranspiration potentielle est définie comme étant « la somme de la transpiration du couvert végétal, à travers les stomates des plantes, et de l'évaporation du sol qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant (disponibilité en eau non limitative) pour un couvert végétal bas, continu et homogène sans aucune limitation (nutritionnel, physiologique ou pathologique). (<https://agriculture.wallonie.be/home/recherche-developpement/adaptations-a-la-secheresse/resilience-en-grandes-cultures/efficience-en-eau/lirrigation/notions-cles-en-irrigation.html>)



rétenction de ces phénomènes, et de favoriser des solutions d'aménagement du territoire comme la désimperméabilisation, la création de zones végétalisées, de jardins de pluie ou d'espaces verts permettent de restaurer le cycle naturel de l'eau et d'améliorer la rétention hydrique. La restauration et la protection des sols sont cruciales pour lutter contre la sécheresse.

Les résultats de ce rapport fournissent une base robuste pour orienter les actions futures et les acteurs de terrain. Toutefois, il faut garder à l'esprit que les risques de sécheresse édaphique n'ont été étudiés que pour la couche superficielle du sol, entre 0 et 40 cm, en raison de sa pertinence dans cette analyse. Cependant, la prise en considération de l'ensemble de la profondeur des sols pourrait améliorer les prédictions. Enfin, des hypothèses et scénarios sur l'évolution des pratiques agricoles et des teneurs en matière organique des sols pourraient aussi renforcer l'interprétation des résultats.

7. Annexes

7.1. Bibliographie

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

Pirlot, C., Renard, A.-C., Caroline, D.C., Degré, A., 2024. How does soil water retention change over time? A three-year field study under several production systems. *Eur. J. Soil Sci.* e13558, 0–20. <https://doi.org/10.1111/ejss.13558>

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.

Wilhite, Donald A., et Michael H. Glantz. 1985. « Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions ». *Water International* 10 (3): 111-20. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>.



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