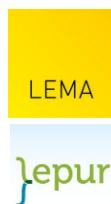




# Diagnostic de vulnérabilités pour augmenter la résilience wallonne à travers l'adaptation aux changements climatiques

## Services écosystémiques

Rapport méthodologique



Pouvoir adjudicateur :





## Auteurs

Aurore FANAL, ULiège - [aurore.fanal@uliege.be](mailto:aurore.fanal@uliege.be)

Grégory MAHY, ULiège - [g.mahy@uliege.be](mailto:g.mahy@uliege.be)

Gembloux, le 20-03-2025

## Comité de relecture

Manu HARCHIES, [mha@icedd.be](mailto:mha@icedd.be)

Namur, le 26-03-2025

## Personne de contact

Grégory MAHY, ULiège – [g.mahy@uliege.be](mailto:g.mahy@uliege.be)

## Comment citer ce rapport

Fanal, A., Harchies, M., & Mahy, G. (2025). Risques climatiques en Wallonie. Indicateur de risque pour les services écosystémiques face aux changements climatiques. Service Public de Wallonie (SPW) - Agence Wallonne de l’Air et du Climat (AWAC).

## Photo de couverture

Jonas Jaeken from Unsplash



## Table des matières

1. Introduction .....	4
2. Résumé .....	5
3. Définition de l'indicateur et périmètre .....	6
4. Matériel et méthode .....	7
4.1. La matrice des capacités des écosystèmes à fournir des services. ....	7
4.2. L'évaluation de l'impact du changement climatique sur la matrice des capacités. ....	7
4.3. Cartographie.....	8
5. Résultats .....	8
5.1. Les services de production.....	9
5.2. Les services de régulation.....	10
5.3. Les services culturels.....	10
6. Discussion .....	11

## 1. Introduction

Ce rapport présente la méthodologie et les résultats de la construction des indicateurs et des cartes de vulnérabilité permettant d'évaluer les risques climatiques en Wallonie pour la thématique « services écosystémiques ».

Les services écosystémiques (SES, ci-après) sont définis comme étant « *les biens et les services réalisés par la biodiversité, les processus écologiques, les écosystèmes et le support de l'activité humaine pour améliorer le bien-être de l'humanité* »<sup>1</sup> (services-ecosystemiques.wallonie.be). Ils permettent ainsi de représenter et quantifier les flux entre écosystèmes et sociétés humaines.

Les SES sont généralement classés en trois grandes catégories :

- Les **services d'approvisionnement ou de production** : ensemble de biens produits par les écosystèmes et utilisés par l'être humain, pour l'alimentation (cultures, animaux et plantes sauvages, élevage...), l'eau de consommation, les matériaux (bois, molécules pharmaceutiques ...), ou l'énergie.
- Les **services de régulation** : phénomènes de régulation des écosystèmes utiles à l'être humain. Cela peut porter sur les pollutions (qualité de l'air ou de l'eau ...) ou la limitation des nuisances (barrière sonore, visuelle...), le contrôle d'évènements extrêmes (inondations, érosion, feux), le maintien de processus écologiques utiles (pollinisation ...) ou la régulation du climat local ou global.
- Les **services culturels** : opportunités de pratiques culturelles qui peuvent reposer sur l'environnement pour la vie courante ou les loisirs, activités intellectuelles ou spirituelles.

Les crises climatiques et de la biodiversité sont interconnectées et exacerbent mutuellement leurs impacts. La dégradation des écosystèmes, causée par les activités humaines et le changement climatique, compromet les services écosystémiques essentiels tels que la régulation du climat, la production alimentaire, la protection contre les catastrophes naturelles, et la découverte de ressources médicinales.

A l'échelle mondiale, entre 1997 et 2011, la perte de services écosystémiques liée à la transformation des terres par l'activité humaine a engendré des coûts estimés entre 3 500 et 18 500 milliards d'euros par an, tandis que la dégradation des sols a entraîné des pertes supplémentaires de 5 500 à 10 500 milliards d'euros chaque année. Ces pertes économiques proviennent entre autres d'une baisse des rendements agricoles, une augmentation des dommages causés par les inondations et d'autres catastrophes, ainsi que la disparition de potentielles ressources pour la santé humaine.

Face à ces enjeux, les solutions fondées sur la nature, incluant la restauration des écosystèmes et leur gestion durable, sont essentielles pour préserver ces services vitaux, réduire les émissions de gaz à effet de serre, et s'adapter aux effets du changement climatique. L'investissement dans la protection de la nature apparaît donc comme une stratégie économique et écologique incontournable.

---

<sup>1</sup> Site internet (03/2025) : <https://services-ecosystemiques.wallonie.be/fr/wal-es.html?IDC=5732>



Dans le cadre de la Stratégie de l'Union Européenne pour enrayer la perte de biodiversité à l'horizon 2020<sup>2</sup> et afin de répondre à l'objectif « *préserver et rétablir les écosystèmes et leurs services* », la plateforme Wal-ES<sup>3</sup> a été créée à la demande du Gouvernement Wallon en 2014. Il s'agit d'une plateforme à l'interface du SPW et des universités sur la thématique des SES. En 2019, cette plateforme a été redynamisée grâce à une convention ULiège-VITO visant à doter la Wallonie d'un outil opérationnel d'évaluation des SES. Cette recherche a permis à la matrice des capacités des écosystèmes à rendre des services<sup>4</sup> de voir le jour. C'est sur base de cette matrice que notre travail d'analyse de risque a été effectué.

## 2. Résumé

Pour représenter les impacts potentiels du changement climatique sur les services écosystémiques, nous nous sommes basés sur la « *matrice des capacités des écosystèmes à fournir des services* », disponible sur le Géoportail de Wallonie. Cette matrice a été produite (version finale en 2022) dans le cadre d'une convention entre le SPW et l'ULiège, par l'équipe du Professeur Marc Dufrêne (ULiège, Gembloux Agro-Bio Tech) et de la Dr. Marie Pairon, avec l'aide d'un ensemble d'experts ayant participé à l'élaboration des scores de la matrice de capacités.

La matrice des capacités des écosystèmes à fournir des services offre une méthode simplifiée pour cartographier les services écosystémiques (SE). Cette évaluation, influencée par l'usage humain, la gestion et le contexte, est complexe mais cruciale pour la gestion territoriale, la sensibilisation et l'éducation environnementale. La méthode présentée utilise une matrice reprenant en lignes une typologie des écosystèmes et en colonnes les différents services écosystémiques, avec des scores attribués par des experts lors d'ateliers (Figure 1). Cette approche a été appliquée à l'échelle de la Wallonie.

Un atelier interne d'experts a été organisé le 26 août 2024 afin de réévaluer les valeurs de la matrice, correspondant à la capacité des écosystèmes à délivrer les différents services écosystémiques, en fonction des trois scénarios de réchauffement. Ceci permet d'identifier les occupations du sol et zones de Wallonie où une plus grosse perte de services écosystémiques est à prévoir. Les services de régulation, notamment de prévention de l'érosion et des inondations, pourraient être fortement impactés par le réchauffement climatique, particulièrement dans les écosystèmes ouverts et sur les sols secs et superficiels.

<sup>2</sup> Site internet (03/2025) : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM:ev0029&frontOfficeSuffix=%2F>

<sup>3</sup> Site internet (03/2025) : <https://services-ecosystemiques.wallonie.be/fr/plateforme-wal-es.html?IDC=5888>

<sup>4</sup> Site internet (03/2025) : <https://services-ecosystemiques.wallonie.be/fr/matrice-des-capacites.html?IDC=5948&IDD=4151>

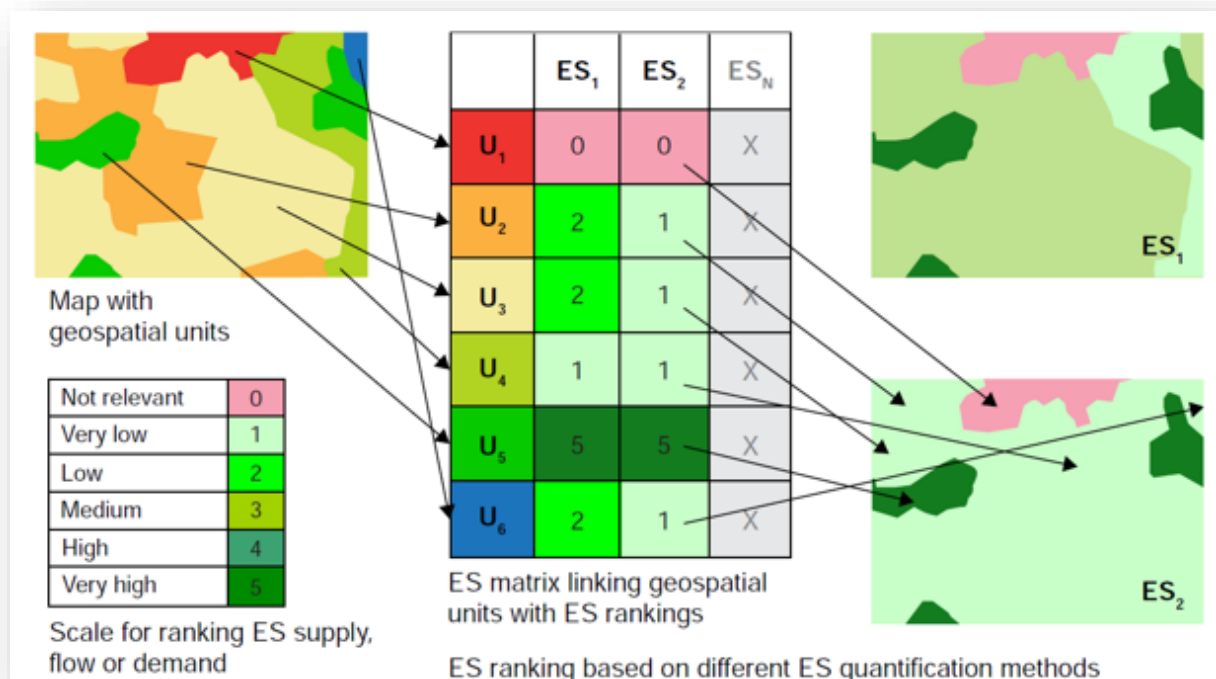


Figure 1. Cartographie qualitative des services écosystémiques rendus par unité territoriale (Burkhard, B., et J. Maes. 2017. Mapping Ecosystem Services. Sofia: Pensoft Publishers.)

### 3. Définition de l'indicateur et périmètre

L'indicateur retenu pour la partie « services écosystémiques » est la variation de la capacité à fournir le service. La couche cartographique proposée sur le Géoportail montre les valeurs de chaque colonne de la matrice des capacités selon la légende suivante :

- 0 à 1 : Non pertinent ou capacité très faible à fournir le service,
- 2 : Capacité faible à fournir le service,
- 3 : Capacité moyenne à fournir le service,
- 4 : Capacité élevée à fournir le service,
- 5 : Capacité très élevée à fournir le service.

Les variations de capacité seront également représentées (cartes de perte potentielle de service) pour chaque degré de réchauffement (+2, +3 et +4°C). Cela s'appliquera à l'ensemble de la Wallonie.



## 4. Matériel et méthode

### 4.1. La matrice des capacités des écosystèmes à fournir des services.

La première version de cette carte a été produite en avril 2022. Elle se base sur une carte révisée d'utilisation/occupation du sol qui a été produite dans le cadre de la convention. Cette dernière se base sur les toutes dernières données d'Occupation du Sol disponibles sur le site du SPW (WalOus 2018<sup>5</sup>) et consiste en un croisement entre une typologie adaptée aux services de l'utilisation/occupation du sol et les contextes écologiques marginaux et sensibles<sup>6</sup>. Des services écosystémiques de production, de régulation et culturels pertinents pour le territoire wallon ont ensuite été sélectionnés par avis d'experts.

L'exercice a consisté en l'attribution d'un score à chacune des cellules de la matrice ainsi créée. La cotation va de 0 à 5 en fonction de la capacité d'une catégorie d'utilisation du sol à réaliser un type de service donné. Cette cotation a été produite sur base de jugement d'experts lors d'ateliers qui se sont déroulés en octobre 2021. Cette matrice a été reliée à des données spatiales pour cartographier l'offre en services écosystémiques sur le territoire wallon (<https://geoportail.wallonie.be/catalogue/b18318eb-5e91-48ae-a6a5-6f49d06b15a1.html>).

### 4.2. L'évaluation de l'impact du changement climatique sur la matrice des capacités.

Nous avons utilisé la matrice des capacités décrite précédemment comme base pour notre évaluation. Un atelier d'experts a eu lieu en interne le 26 août 2024, constitué du Prof. Marc Dufrêne, du Prof. Grégory Mahy, de la Dr. Marie Pairon et de la Dr. Aurore Fanal.

Les 13 services considérés dans ce travail sont ceux pour lesquels nous disposons de données nécessaires permettant l'analyse et la projection des impacts (actuels ou futurs) du changement climatique :

- Services de provision :
  - Cultures d'alimentation
  - Élevage
  - Bois d'œuvre
  - Fourrage
- Services de régulation :
  - Protection contre l'érosion
  - Maintien du cycle hydrologique et des flux d'eau
  - Protection contre les inondations
  - Prévention et contrôle des feux
  - Capture des poussières, des produits chimiques et des odeurs
  - Régulation du climat par stockage des Gaz à Effet de Serre (GES)
  - Maintien de la qualité des eaux de surface

<sup>5</sup> Site internet (03/2025) : <https://geoportail.wallonie.be/walouis>

<sup>6</sup> Site internet (03/2025) : <https://services-ecosystemiques.wallonie.be/fr/contextes-ecologiques.html?IDC=5838>

- Services culturels :
  - Environnement pour des loisirs
  - Environnement de la vie courante

Afin de réaliser cette analyse, nous disposons : (i) des cartes de projections de l'évolution d'indicateurs climatiques-clés fournies par l'équipe de climatologie du Prof. Xavier Fettweis, de résultats de l'équipe d'hydrologie du Prof. Aurore Degré, (ii) d'une bibliographie réalisée par nos soins sur l'impact du changement climatique sur les services écosystémiques, ainsi que de (iii) nos premiers résultats de la partie « biodiversité ».

Un pourcentage de réduction (ou d'augmentation) du service fourni a ainsi été appliqué à chaque case de la matrice pour chaque scénario de réchauffement (pour les colonnes correspondant aux 13 services évalués).

### 4.3. Cartographie

Pour les 13 services évalués, les cartes de capacité des écosystèmes à fournir des services sont disponibles pour les trois scénarios de réchauffement, selon le modèle de la cartographie des SES existante. Afin de mieux représenter les écosystèmes et zones où les services sont susceptibles d'être fortement impactés, nous avons produits des cartes identifiant les zones présentant une variation de capacité supérieure à 1, pour chaque degré de réchauffement (+2, +3 et +4°C) et sur l'ensemble de la Wallonie.

Au départ, il était également prévu que les scénarios de changements d'occupation du sol soient superposés aux résultats afin d'identifier des zones géographiques où la vulnérabilité de certains services écosystémiques deviendrait plus importante. Cependant, ces modélisations de changements d'occupation du sol ont été établies sur base de scénarios d'urbanisation, et prennent peu en compte les changements de pratiques forestières ou agricoles, pourtant cruciales dans l'évaluation des SES. Ces informations ne seront donc finalement pas cartographiées. La problématique de l'urbanisation est discutée plus en détails dans les thématiques « eau » et « sols » pour les risques liés aux inondations et à l'érosion.

## 5. Résultats

Les résultats montrent une diminution généralisée des capacités des écosystèmes à fournir leurs services à mesure que l'intensité du réchauffement climatique augmente. Cette dégradation est particulièrement marquée pour certains services. Il est important de garder à l'esprit que cette perte de service est ici envisagée « toute chose restant égale », c'est-à-dire sans stratégies d'adaptation mises en place (changements de pratiques agricoles, de gestion des forêts, etc.).

Considérant la complexité et l'interdépendance des services rendus par un écosystème, il n'est pas possible de proposer une évaluation globale de l'évolution des SES en regard des scénarios de changement climatique. Chaque service doit être évalué individuellement et intégré dans



des scénarios multicritères considérant les synergies et oppositions possibles entre services écosystémiques.

Si les **zones à risques** en regard du changement climatique peuvent être logiquement identifiées comme les zones où les pertes de capacité d'un service écosystémique sont les plus importantes, l'interprétation des résultats pour la définition de **zones d'interventions prioritaires** doit, par contre, prendre en compte deux composantes :

1. La capacité initiale de la zone à délivrer un service écosystémique : des zones du territoire présentant dans la situation actuelle une faible capacité à délivrer un service écosystémique font partie des zones d'intervention prioritaires pour restaurer cette capacité.
2. L'importance de la variation à fournir un service écosystémique en lien au changement climatique : par définition, les zones du territoire présentant une capacité élevée à fournir un service écosystémique sont plus à risque que les zones présentant historiquement une capacité faible de voir cette capacité diminuer en raison du changement climatique, tout en gardant une capacité supérieure à ces dernières.

L'évaluation de la vulnérabilité des services écosystémiques d'une zone du territoire doit donc considérer à la fois la situation initiale et l'impact du changement climatique. Cette évaluation est par définition multicritères et spécifique à chaque situation. Les cartes de projection des SES et de leur variation sous les différents scénarios de changement climatique fournissent des outils d'aide à la décision et de priorisations et ne définissent pas a priori des zones d'intervention prioritaires.

### 5.1. Les services de production

Une baisse notable est observée dans les zones rurales (productions alimentaires, de fourrage et élevage) et forestières (bois d'œuvre), en raison des stress climatiques croissants tels que les sécheresses et la hausse des températures. Certaines cultures peuvent bénéficier d'un effet de fertilisation par le CO<sub>2</sub> boostant la production à partir de +3°C, notamment pour les cultures sarclées telles que la pomme-de-terre. Cependant, des stress importants sont attendus sur les cultures de maïs, les vergers ou encore les plantations de sapins de Noël, ces derniers (souvent des *Abies nordmanniana*) étant très sensibles aux sécheresses. Des analyses plus poussées sont disponibles pour les principales cultures wallonnes dans la thématique « agriculture » et ont servi de base pour notre évaluation des services de production agricole.

Pour la production de bois d'œuvre, toute chose restant égale, on s'attend à une baisse de production importante à cause de la diminution du rythme de croissance des arbres et d'événements de mortalité importants causés par des extrêmes climatiques. D'importants dépérissements sont déjà observés, notamment sur des sols plus superficiels comme en Fagne-Famenne. Nos deux principales essences de production, le hêtre et l'épicéa, risquent de souffrir fortement des élévations de température. De plus, comme détaillé dans le rapport sur les forêts, les peuplements de hêtre et d'épicéa en région ardennaise se situent souvent dans des

situations à vulnérabilité élevée (essence déconseillée, à risque climatique à plus ou moins long terme ou à envisager seulement comme essence d’accompagnement).

## 5.2. Les services de régulation

De nombreux facteurs liés au changement climatique impacteront la capacité des écosystèmes à réguler les flux d’eau et leurs impacts extrêmes (érosion, inondations...). Les analyses soulignent une baisse de la hauteur de la végétation (notamment dans les milieux forestiers à cause de descentes de cimes et de mortalités), la dégradation des écosystèmes naturels et la perte de biodiversité (causées par l’augmentation des attaques de ravageurs et des populations d’espèces exotiques envahissantes, de températures plus élevées causant le déplacement ou la disparition d’espèces...), l’alternance d’extrêmes météorologiques empêchant les sols d’infiltrer l’eau lorsqu’ils sont trop secs ou, au contraire, déjà gorgés d’eau... **Les sols aux extrêmes hydriques (à engorgement permanent ou à l’inverse superficiels et secs) sont ceux présentant la perte potentielle de services de régulation la plus élevée.**

Les capacités des écosystèmes à stocker du carbone seront également fortement affectées par le changement climatique, notamment dans les écosystèmes forestiers. Déjà en 2023, les forêts européennes ont perdu 20% de leur capacité à stocker du carbone, essentiellement en raison d’une baisse de la croissance des arbres et d’une hausse de leur mortalité liée aux incendies, aux sécheresses et aux attaques de ravageurs. Si des sécheresses estivales intenses venaient à assécher des écosystèmes de tourbières, ceux-ci pourraient également voir leur capacité de stockage de carbone diminuer. L’augmentation des incendies, surtout dans le scénario à +4°C, mène également à une émission importante de carbone vers l’atmosphère, notamment dans les zones agricoles.

En résumé, les événements climatiques extrêmes seront de plus en plus fréquents, mais la capacité des écosystèmes à les réguler se réduira. Il est donc crucial de mettre en place des mesures d’adaptation visant à augmenter la résilience des écosystèmes, afin que ceux-ci puissent au mieux rendre les services dont nous allons plus que jamais avoir besoin.

## 5.3. Les services culturels

Des impacts importants sont attendus sur les services culturels (environnement pour les loisirs et pour la vie courante) à partir de +3°C, surtout en région ardennaise, et principalement dans les milieux forestiers et humides. Les causes de ces baisses potentiellement élevées sont :

- la fermeture potentielle des massifs forestiers et de certaines zones naturelles (Hautes Fagnes par exemple) pendant des périodes relativement longues en été pour cause de risque d’incendie élevé ;
- le manque d’accessibilité des milieux humides, zones de baignade, tronçons praticables en kayak... en été pour cause de sécheresse ou de mauvaise qualité de l’eau, ou à l’inverse pour cause d’excès d’eau (inondations, dégâts aux infrastructures, risque de noyade...) ;
- la baisse de l’attractivité des massifs forestiers à cause de dépérissements d’arbres importants ou de dégâts d’incendies.

## 6. Discussion

Les cartes résultantes de l'analyse de risque sur les services écosystémiques mettent en évidence un risque important de baisse de services écosystémiques à la fois dans les zones naturelles et les zones plus anthropisées. **Cette baisse est généralisée sur toute la Wallonie et il n'est pas possible d'identifier des zones à risques ou d'intervention prioritaires en particulier.** Comme précisé plus haut, les modifications apportées à la matrice de capacité ont été réfléchies « toute chose restant égale », c'est-à-dire sans intégrer la mise en place de stratégies d'adaptation, de nouveaux scénarios agricoles ou sylvicoles, d'outils d'aménagement du territoire visant à améliorer la résilience des écosystèmes (mesures agroenvironnementales et climatiques [MAEC], aménagements hydrauliques, réseau écologique, etc.).

De plus, le score de capacité attribué à chaque occupation du sol pour chaque scénario est toujours à comparer avec la valeur initiale indiquée pour la période actuelle. En effet, certains écosystèmes voyant baisser fortement leur capacité à donner un service spécifique peuvent rester l'écosystème le plus à même de le rendre sur le territoire – mais moins qu'historiquement à cause des impacts du changement climatique. Leur préservation reste donc cruciale pour assurer que le service soit toujours rendu, et un score plus faible qu'avant ne doit pas être interprété comme une importance moindre de l'écosystème.

Pour la suite, il serait intéressant d'enrichir ces informations en les croisant avec des enjeux spécifiques. Par exemple, une étude plus précise sur le risque d'inondation en croisant les pertes potentielles du service de régulation des inondations avec la carte des aléas d'inondation, les scénarios d'artificialisation des sols et les enjeux territoriaux. On pourrait ainsi faire ressortir des zones plus exposées au risque. Pour cet exercice, l'idéal serait de mettre en place une méthodologie participative d'interrogation des parties prenantes concernées pour définir avec elles les services les plus pertinents à évaluer et surtout les indicateurs et enjeux à croiser pour chaque service en particulier. Les cartes de risque publiées dans le cadre de cette étude dans les diverses thématiques peuvent servir de bonne base pour cet exercice, et des croisements peuvent déjà être effectués sur la plateforme web afin de mettre en évidence les risques sur une zone en particulier et pour l'objet du risque de son choix (infrastructures, biodiversité, population précaire...).



## 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](http://www.icedd.be)  
[icedd@icedd.be](mailto: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