

## Notice méthodologique

### TITRE DE LA FICHE D'INDICATEURS

Érosion hydrique des sols

### CATÉGORIE PRINCIPALE

Composantes environnementales et liens environnement-santé

### THÉMATIQUE PRINCIPALE

Sols

### CATÉGORIE SECONDAIRE

-

### THÉMATIQUE SECONDAIRE

-

## SECTION 1 : AUTEUR

Nom	MAES
Prénom	Emmanuel
E-mail	<a href="mailto:emmanuel.maes@spw.wallonie.be">emmanuel.maes@spw.wallonie.be</a>
Tél	081/33.60.28

## SECTION 2 : CONTEXTUALISATION DE LA FICHE D'INDICATEURS

Titre	Érosion hydrique des sols
Définition(s) de la fiche d'indicateurs	<p>La fiche dresse un état des lieux pour la Wallonie des pertes en sol par érosion hydrique diffuse, c'est-à-dire causées par le détachement et le transport des particules de sol sous l'action des précipitations et du ruissellement de surface, hors phénomènes aigus d'érosion linéaire (ravines...) ou en masse (coulées boueuses, glissements de terrain...). Ces derniers entraînent sur le terrain les dommages les plus visibles. Leur ampleur, leur fréquence et leur localisation ne font pas l'objet d'un suivi statistique à l'heure actuelle.</p> <p>La fiche est illustrée par les indicateurs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• un graphique présentant l'évolution entre 1971 et 2021 (i) des pertes en sol par érosion hydrique diffuse et (ii) des rendements moyens en sédiments<sup>1</sup> ;</li><li>• une cartographie des pertes en sols par érosion hydrique diffuse (moyenne 2017 - 2021) ;</li><li>• un graphique présentant l'évolution entre 1996 et 2021 des superficies sous cultures affectées par 3 niveaux croissants de pertes en sol (&lt; 5 t/(ha.an) ; [5 - 10 t/(ha.an)] ; ≥ 10 t/(ha.an)).</li></ul> <p>Les pertes en sols sont estimées par modélisation (modèle hydrologique de bassin versant EPICgrid) (Sohier, 2011) <i>via</i> l'équation universelle de perte en sol (<i>Universal soil loss equation</i> - USLE) (Wischmeier, 1965), modèle empirique devenu référentiel mondial.</p>

<sup>1</sup> Quantité de sol érodé qui atteint les eaux de surface, exprimée en t/(ha.an). Cette quantité est évaluée à l'exutoire du bassin versant. Le terme de rendement peut prêter à confusion dans la mesure où il ne s'agit pas de la proportion (%) des quantités totales de sol érodé qui atteint les eaux de surface mais bien des quantités de sol érodé (t/(ha.an)) qui les atteignent.

	Les rendements en sédiments <sup>2</sup> sont estimés par le même modèle <i>via</i> l'équation universelle de perte en sol modifiée (MUSLE) (Williams, 1975).
<b>Référence(s) (définition)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sohier, 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. Thèse de doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique. En ligne. <a href="http://hdl.handle.net/2268/86912">http://hdl.handle.net/2268/86912</a> (consulté le 05/10/2022)</li> <li>• Wischmeier &amp; Smith, 1965. Predicting rainfall-erosion losses from croplands east of the rocky mountains. USDA Agr. Res. Serv. Handbook 282. En ligne. <a href="https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF">https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF</a> (consulté le 05/10/2022)</li> <li>• Williams, 1975. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor, 244-252. In : Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources. Proceedings of the sediment-yield workshop, USDA Sedimentation Lab., Oxford, MS, November 28-30, 1972. ARS-S-40.</li> </ul>
<b>Raison d'être de la fiche d'indicateurs</b>	<p>Si l'érosion hydrique est un phénomène naturel, elle peut être accentuée par les activités humaines : couverture insuffisante du sol, dégradation de sa structure par un travail du sol inapproprié ou par des teneurs trop faibles en matière organique, pentes trop longues sans aménagements antiérosifs, aménagements du territoire favorisant le ruissellement au détriment de l'infiltration...</p> <p>Les conséquences de l'érosion hydrique des sols sont multiples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pertes en sol, en particulier de sa couche superficielle, pouvant entraîner à long terme des pertes de rendement ;</li> <li>- dégâts aux cultures, tant par la perte que par l'accumulation (dépôt) de terre à certains endroits ;</li> <li>- risque de coulée boueuse et d'inondation, avec impacts potentiels sur les infrastructures situées à proximité ;</li> <li>- altération écologique de certains milieux par l'apport d'éléments nutritifs (engrais) et de produits phytopharmaceutiques transportés par les particules de sols déplacées ;</li> <li>- altération de la qualité des eaux de surface en raison de l'augmentation de la turbidité et de l'apport d'éléments nutritifs (engrais) et de produits phytopharmaceutiques transportés par les particules de sols parvenant aux cours et plans d'eau ;</li> <li>- sédimentation dans les cours et plans d'eau, avec des conséquences à long terme sur la navigabilité pour les cours d'eau concernés et sur l'ampleur des travaux de dragage.</li> </ul> <p>Ces conséquences à la fois agronomiques, environnementales et économiques justifient que le phénomène soit suivi et que des mesures soient prises pour le limiter autant que possible.</p>

## SECTION 3 : MÉTHODOLOGIE

### INDICATEUR N°1

<b>Titre</b>	<p>Pertes estimées en sol par érosion hydrique diffuse et rendements en sédiments en Wallonie*</p> <p>* Tous types de surface confondus (hors sols artificialisés)</p>
--------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<sup>2</sup> L'expression "rendement en sédiments", issue de l'équation universelle de perte en sol modifiée (MUSLE), peut prêter à confusion dans la mesure où il ne s'agit pas de la proportion (%) des quantités totales de sol érodé qui atteint les eaux de surface mais bien des quantités de sol érodé (exprimées en t/(ha.an)) qui atteignent ces eaux.

<b>Description des paramètres présentés</b>	Évolution des pertes en sol par érosion hydrique diffuse (+ courbe de régression) et rendements moyens en sédiments sur la période 1971 - 2021
<b>Unité(s)</b>	t/(ha.an)
<b>DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES</b>	
<b>Pertes en sol par érosion hydrique diffuse</b>	
<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - DEE (modèle EPICgrid)
<b>Description des données</b>	<p>Les pertes moyennes en sol sont estimées par modélisation (modèle hydrologique de bassin versant EPICgrid) (Sohier, 2011, <i>op. cit.</i>) via l'équation universelle de perte en sol (USLE) (Wischmeier, 1965, <i>op. cit.</i>). Cette équation, qui regroupe les facteurs qui influencent l'érosion, se présente sous la forme suivante :</p> $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$ <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A : la perte de sol (tonnes US/(acre.an)) ;</li> <li>R : l'indice d'érosivité de la pluie, fonction de la quantité de pluie tombée par unité de temps ((centaine de pieds.tonnes-force.pouces)/(acre.heure.an)) ;</li> <li>K : l'indice d'érodibilité du sol, fonction de la texture du sol et de sa teneur en carbone organique ((tonnes US.acre.heure)/(centaine d'acre.pied.tonne-force.pouce)) ;</li> <li>LS : l'indice topographique, fonction de la pente et de la longueur de pente (sans dimension) ;</li> <li>C : l'indice de couverture végétale et de pratiques culturales, fonction du couvert en place (sans dimension) ;</li> <li>P : l'indice d'aménagement antiérosif (sans dimension).</li> </ul> <p>Cette équation permet d'estimer les pertes en sol moyennes annuelles causées par l'érosion hydrique diffuse.</p> <p>Le pas de temps du modèle EPICgrid est journalier et la maille considérée est de 1 km<sup>2</sup>. Le modèle nécessite en input les données de précipitation de l'Institut royal météorologique (IRM) et les données de couvert végétal (sur base des données du SIGEC). Les sols artificialisés sont les superficies correspondant à la classe "territoires artificialisés" de la Carte d'occupation du sol de Wallonie (COSW, 2007).</p> <p>Voir Sohier (2011) (<i>op. cit.</i>) pour plus de détails.</p> <p>Les données de pertes en sol sont fournies en t/(ha.an).</p>
<b>Traitement des données</b>	<p>Les chiffres de pertes en sol fournis en t/(ha.an) sont repris sans traitement.</p> <p>L'évolution des données de pertes en sol sur la période 1971 - 2021 est estimée par une régression polynomiale de degré 2.</p> <p>La valeur seuil est fixée à 5 t/(ha.an) considérée par Panagos <i>et al.</i> (2015) comme seuil d'érosion non soutenable, c'est-à-dire incompatible avec le maintien à long terme des fonctions que remplissent les sols.</p>

	Panagos <i>et al.</i> , 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy, 54, 438-447. En ligne. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012">https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012</a> (consulté le 05/10/2022)
<b>Rendements moyens en sédiments</b>	
<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - DEE (modèle EPICgrid)
<b>Description des données</b>	<p>Les rendements en sédiments<sup>3</sup> sont estimés par modélisation (modèle hydrologique de bassin versant EPICgrid) (Sohier, 2011, <i>op. cit.</i>) via l'équation universelle de perte en sol modifiée (MUSLE) (Williams, 1975, <i>op. cit.</i>). Cette équation tient compte du fait que la quantité de sédiments arrivant effectivement au cours d'eau est inférieure à la quantité érodée sur les versants, étant donné que des dépôts se font entre l'endroit où les sédiments sont produits et leur arrivée dans le cours d'eau.</p> <p>L'équation MUSLE, applicable à des événements pluvieux particuliers, se présente sous la forme suivante :</p> $Y = 11,8 \cdot (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot C \cdot P \cdot LS$ <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Y : la production en sédiments d'un événement particulier (t) ;</li> <li>Q : le volume d'écoulement de crue (m<sup>3</sup>) ;</li> <li>q<sub>p</sub> : le débit de pointe de la crue (m<sup>3</sup>/s) ;</li> <li>K : l'indice d'érodibilité du sol, fonction de la texture du sol et de sa teneur en carbone organique (sans dimension) ;</li> <li>C : l'indice de couverture végétale et de pratiques culturales, fonction du couvert en place (sans dimension) ;</li> <li>P : l'indice d'aménagement antiérosif (sans dimension) ;</li> <li>LS : l'indice topographique, fonction de la pente et de la longueur de pente (sans dimension).</li> </ul> <p>Le pas de temps du modèle EPICgrid est journalier et la maille considérée est de 1 km<sup>2</sup>. Le modèle nécessite en input les données de précipitation de l'Institut royal météorologique (IRM) et les données de couvert végétal (sur base des données du SIGEC). Les sols artificialisés sont les superficies correspondant à la classe "territoires artificialisés" de la Carte d'occupation du sol de Wallonie (COSW, 2007).</p> <p>Voir Sohier (2011) (<i>op. cit.</i>) pour plus de détails.</p> <p>Les données de rendements en sédiments sont fournies en t/(ha.an).</p>
<b>Traitement des données</b>	Les chiffres de rendements en sédiments sont repris sans traitement.

## INDICATEUR N°2 (CARTE)

<b>Titre de la carte</b>	Pertes estimées en sol par érosion hydrique diffuse* (moyenne sur la période 2017 - 2021)
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

<sup>3</sup> Quantité de sol érodé qui atteint les eaux de surface, exprimée en t/(ha.an). Cette quantité est évaluée à l'exutoire du bassin versant. Le terme de rendement peut prêter à confusion dans la mesure où il ne s'agit pas de la proportion (%) des quantités totales de sol érodé qui atteint les eaux de surface mais bien des quantités de sol érodé (t/(ha.an)) qui les atteignent.

	<p>* Application de l'équation universelle de perte en sol (USLE) <i>via</i> le modèle EPICgrid<sup>(a)</sup> – Maille de 1 km<sup>2</sup></p> <p>(a) Sohier, 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. Thèse de doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgique. En ligne. <a href="http://hdl.handle.net/2268/86912">http://hdl.handle.net/2268/86912</a> (consulté le 05/10/2022)</p>
<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - DEE (modèle EPICgrid)
<b>Description des données</b>	<p>Cartographie du territoire wallon selon les classes suivantes de pertes en sol par érosion hydrique diffuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 1 t/(ha.an),</li> <li>• [1 - 2 t/(ha.an)[</li> <li>• [2 - 5 t/(ha.an)[</li> <li>• [5 - 10 t/(ha.an)[</li> <li>• [10 - 20 t/(ha.an)[</li> <li>• ≥ 20 t/(ha.an)</li> </ul> <p>Les superficies du territoire wallon attribuables à chaque classe de pertes en sol dues à l'érosion hydrique diffuse sont un output du modèle EPICgrid précité. Le calcul est effectué par le modèle par maille de 1 km<sup>2</sup>. La superficie du territoire wallon attribuée à une classe donnée est la somme des mailles de 1 km<sup>2</sup> dont les pertes sont comprises entre les bornes qui définissent cette classe.</p> <p>Un graphique en secteurs joint à la carte reprend les proportions de chaque classe, soit le pourcentage du nombre total de mailles couvrant la Wallonie (16 905 mailles de 1 km<sup>2</sup>) que compte chaque classe.</p>

<b>INDICATEUR N°3</b>	
<b>Titre</b>	<p>Part des superficies sous cultures* du territoire wallon par classe de pertes en sol dues à l'érosion hydrique diffuse**</p> <p>* Superficie agricole utilisée (SAU) sous cultures, hors mailles de 1 km<sup>2</sup> où les superficies agricoles sont inférieures à 10 %.</p> <p>** Application de l'équation universelle de perte en sol (USLE) <i>via</i> le modèle EPICgrid</p>
<b>Description des paramètres présentés</b>	<p>Superficie du territoire wallon distribuée selon les classes suivantes de pertes en sol par érosion hydrique diffuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 5 t/(ha.an)</li> <li>• [5 - 10 t/(ha.an)[</li> <li>• ≥ 10 t/(ha.an)</li> </ul>
<b>Unité(s)</b>	ha
<b>DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES</b>	
<b>Superficie par classe de pertes en sol</b>	
<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - DEE (modèle EPICgrid)

<b>Description des données</b>	<p>Les superficies sous cultures attribuables à chaque classe de pertes en sol dues à l'érosion hydrique diffuse sont un output du modèle EPICgrid précité. Les superficies attribuées à une classe donnée sont la somme des superficies agricoles de chaque maille de 1 km<sup>2</sup> prise comme base de calcul par le modèle, dont les pertes sont comprises entre les bornes qui définissent cette classe.</p> <p>Pour chaque année, les données comprennent la superficie en ha correspondant à chaque classe.</p>
<b>Traitement des données</b>	<p>Les données de superficie sont reprises sans traitement.</p> <p>En plus du seuil de 5 t/(ha.an) (voir indicateur 1), le seuil de 10 t/(ha.an) est repris ici comme seuil d'érosion sévère (pertes en sol maximum acceptables), comme proposé dans FUSAGx - UHAGx (2006).</p> <p>FUSAGx - UHAGx, 2006. L'érosion hydrique et les pertes en sols agricoles en Région wallonne. Dossier scientifique réalisé pour le compte du MRW - DGARNE - CEEW. En ligne. <a href="http://etat.environnement.wallonie.be/files/Publications/Rapport%20analytique%202006-2007/Chap11/4_ErosionHydriqueSols/dossier_SOLS_dautrebande_2.pdf">http://etat.environnement.wallonie.be/files/Publications/Rapport%20analytique%202006-2007/Chap11/4_ErosionHydriqueSols/dossier_SOLS_dautrebande_2.pdf</a> (consulté le 05/10/2022).</p>

## SECTION 4 : LIMITES DES INDICATEURS

<b>Fiabilité et imprécision des données</b>	<p>Les données présentées dans la fiche d'indicateurs sont des outputs du modèle EPICgrid. Comme pour tout résultat de modèle, leur incertitude résulte de l'incertitude sur la structure du modèle, sur les variables d'entrée et sur les paramètres utilisés.</p> <p>En ce qui concerne la structure du modèle, le module relatif à l'érosion hydrique diffuse reprend les équations de référence au niveau international (USLE, MUSLE). Les variables utilisées en input (variables climatiques, texture et teneur en carbone des sols, topographie, couverture végétale...) et les paramètres du modèle présentent une incertitude sur leur valeur et sur sa répartition spatiale. Les variables utilisées en input sont cependant connues avec une bonne précision en Wallonie.</p> <p>Les données de terrain manquent encore à l'heure actuelle pour une véritable validation du modèle. Une comparaison des simulations aux données de quelques études sur des petits bassins versants indique ponctuellement que les ordres de grandeur des pertes en sol sont concordants. Par ailleurs, une comparaison du modèle EPICgrid à d'autres modèles européens montre également une bonne concordance.</p> <p>Une discussion approfondie de ces aspects est présentée dans Sohier (2011) (<i>op. cit.</i>).</p>
<b>Manque de données</b>	<p>Seul le phénomène d'érosion hydrique diffuse est considéré dans la fiche d'indicateurs. L'ampleur, la fréquence et la localisation des phénomènes aigus d'érosion linéaire (ravines...) ou en masse (coulées boueuses, glissements de terrain...) ne font pas l'objet d'un suivi statistique à l'heure actuelle.</p>

## SECTION 5 : ÉLABORATION DE L'ÉTAT ET DE LA TENDANCE

<b>Paramètre évalué par le pictogramme</b>	Part de superficie agricole affichant des pertes en sol par érosion hydrique diffuse supérieures au seuil d'érosion non soutenable (> 5 t/(ha.an))
<b>ÉTAT</b>	
<b>Méthode d'attribution</b>	L'évaluation de l'état se fonde sur la part de superficie sous cultures affichant des pertes en sol par érosion hydrique diffuse > 5 t/(ha.an). En moyenne sur les 5 dernières années

	disponibles, l'état est jugé "favorable" si cette part est proche de 0 %, "légèrement défavorable" si elle reste inférieure à 25 % et "défavorable" si elle est supérieure à cette valeur.
<b>Norme utilisée (si pertinent)</b>	Seuil d'érosion non soutenable estimé à 5 t/(ha.an) (voir plus haut)
<b>Référence(s) pour cette norme</b>	Panagos <i>et al.</i> , 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy, 54, 438-447. En ligne. <a href="https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012">https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012</a> (consulté le 05/10/2022)
<b>TENDANCE</b>	
<b>Méthode d'attribution</b>	La tendance est évaluée sur base de la progression de la part de superficie sous cultures affichant des pertes en sol par érosion hydrique diffuse supérieures au seuil d'érosion non soutenable (> 5 t/(ha.an))
<b>Norme utilisée (si pertinent)</b>	Idem "État"
<b>Référence(s) pour cette norme</b>	Idem "État"

## SECTION 6 : MISES À JOUR

<b>Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique</b>	Décembre 2022
-------------------------------------------------------------------	---------------