

## Notice méthodologique

### TITRE DE LA FICHE D'INDICATEURS

Bilan du phosphore des sols agricoles et flux de phosphore vers les eaux de surface

### CATÉGORIE PRINCIPALE

Composantes environnementales et liens environnement-santé

### THÉMATIQUE PRINCIPALE

Sols

### CATÉGORIE SECONDAIRE

Activités humaines

### THÉMATIQUE SECONDAIRE

Agriculture

## SECTION 1 : AUTEUR

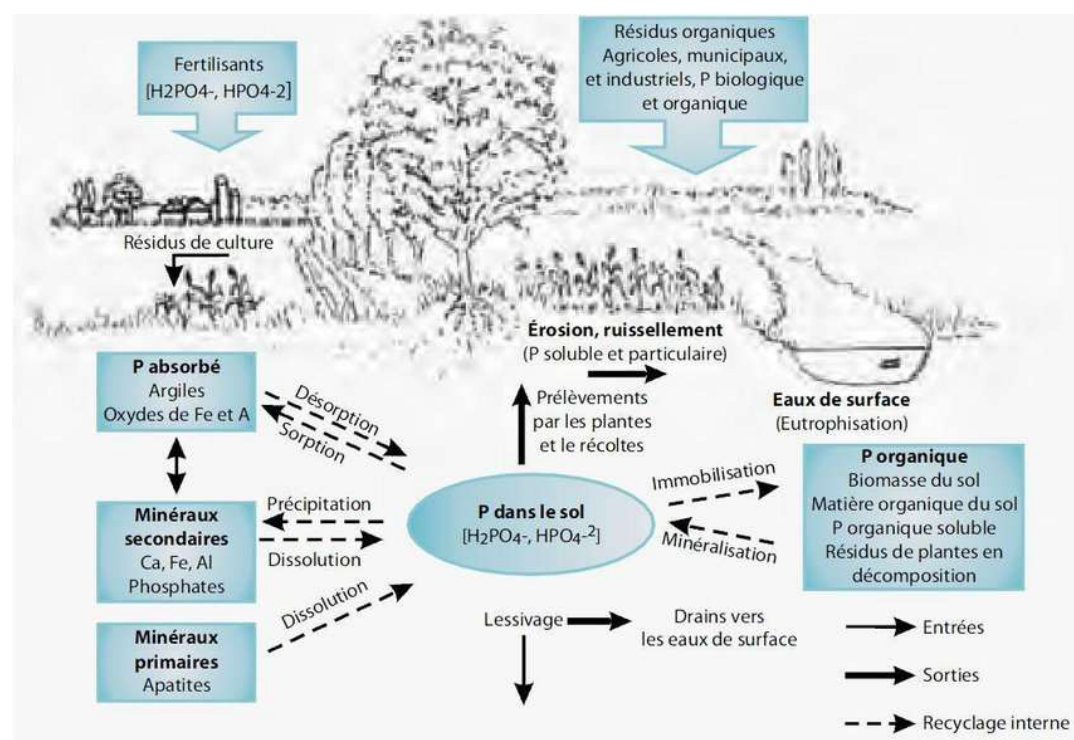
Nom	MAES
Prénom	Emmanuel
E-mail	<a href="mailto:emmanuel.maes@spw.wallonie.be">emmanuel.maes@spw.wallonie.be</a>
Tél	081/33.60.28

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

Titre	Bilan du phosphore en agriculture et flux de phosphore des sols vers les eaux de surface
Définition(s) de la fiche d'indicateurs	<p>La fiche traite des pressions exercées sur les eaux de surface par les flux de phosphore issus des sols agricoles du fait des apports d'engrais minéraux et d'engrais de ferme (effluents d'élevage).</p> <p>Les indicateurs présentés sont les suivants :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Bilan du phosphore des sols agricoles en Wallonie (évolution sur la période 1971 - 2020, par moyennes de 5 ans)</li><li>2) Flux de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface en Wallonie (évolution sur la période 1971 - 2020, par moyennes de 5 ans)</li><li>3) Teneurs en phosphore disponible dans les sols sous cultures en Wallonie et par régions agricoles (évolution sur la période 2006 - 2020, par moyennes de 5 ans)</li></ol>
Référence(s)	/
Raison d'être de la fiche d'indicateurs	<p>Chez les végétaux, le phosphore joue un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques comme la croissance, la photosynthèse et la fructification. Il entre notamment dans la composition des acides nucléiques, donc dans celle de l'acide désoxyribonucléique (ADN, base du génome) et de l'acide ribonucléique (ARN, molécule au cœur de la transcription permettant la synthèse des protéines), ainsi que dans celle des phospholipides qui contrôlent la stabilité et les propriétés des membranes cellulaires. Le phosphore est aussi impliqué dans les transferts d'énergie à l'intérieur des cellules par l'intermédiaire de l'adénosine triphosphate (ATP).</p>

Les végétaux prélèvent le phosphore par absorption racinaire des ions phosphates ( $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) présents dans l'eau interstitielle du sol. Ces ions, qui constituent l'essentiel du phosphore dit "disponible", sont en équilibre avec d'autres formes moins ou non disponibles :

- du phosphore adsorbé par certains constituants du sol (oxyhydroxydes de fer et d'aluminium) et le complexe argilo-humique ;
- du phosphore précipité sous forme de phosphates insolubles (phosphates de calcium, fer, aluminium...);
- du phosphore présent dans les minéraux primaires du sol, lentement libérés par des phénomènes naturels d'altération chimique ;
- du phosphore immobilisé sous forme organique, qu'il soit présent dans la biomasse animale ou végétale, ses produits de décomposition ou la matière organique du sol (humus).



(Ghanimi *et al.*, 2014, cité par Domergue, 2017<sup>1</sup>)

L'équilibre entre ces diverses formes de phosphore dans les sols dépend notamment des caractéristiques du sol (texture, pH, teneur en matière organique, drainage, matériau parental...) mais aussi du climat et de la topographie. Par ailleurs, la capacité des végétaux à accéder aux formes de phosphore moins disponibles dépend notamment des caractéristiques de leur système racinaire et de l'éventuelle présence de champignons mycorhiziens.

Cependant, la concentration des ions phosphates dans l'eau interstitielle du sol est généralement faible par rapport aux besoins des plantes, ce qui peut faire du phosphore un facteur limitant de la production agricole. Les engrais sont utilisés pour y remédier. À noter que les exigences en phosphore varient d'une culture à l'autre. Elles peuvent être

<sup>1</sup> Domergue, 2017. Diversité fonctionnelle des rhizobia associés à la féverole en agro-écosystème Sud de France. Interactions entre organismes. Thèse de doctorat, Université Paris sciences et lettres, France. En ligne. <https://theses.hal.science/tel-02107043v2/document> (consulté le 27/02/2023)

élevées (beterave, colza, pomme de terre...), moyennes (blé dur, maïs fourrager...) ou faibles (blé tendre, maïs grain, tournesol...).

Historiquement, l'apparition des engrais minéraux phosphatés dès le 19<sup>ème</sup> siècle a permis de résoudre le problème de carence des sols en phosphore et d'accroître les rendements. Toutefois, après la seconde guerre mondiale, l'intensification des pratiques agricoles a conduit à des apports excessifs par rapport aux besoins des cultures : aux engrais minéraux se sont ajoutés les scories de déphosphoration dites "scories Thomas" (sous-produit de la sidérurgie) et les engrais de ferme (effluents d'élevage), dont la production a augmenté avec l'intensification de l'élevage. Ces apports ont entraîné une accumulation progressive de phosphore dans les sols et une augmentation des flux de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface, menant à des problèmes d'eutrophisation, c'est-à-dire de richesse excessive de l'eau en nutriments, entraînant un développement important d'algues et un appauvrissement de l'eau en oxygène, critique pour certains organismes aquatiques. À partir des années '70, sous l'effet de divers facteurs (législation environnementale, prix des engrais, développement de la fertilisation raisonnée...), la consommation d'engrais minéraux a progressivement baissé.

Aujourd'hui, les apports doivent être raisonnés en tenant compte des besoins des cultures, des risques de pertes environnementales pouvant contribuer à l'eutrophisation des eaux de surface et de la raréfaction des ressources mondiales en roches phosphatées qui a des répercussions sur le prix des engrais minéraux. Il convient d'apporter le minimum de phosphore permettant d'assurer un rendement optimal, tout en minimisant les pertes vers les eaux. À cela s'ajoute la question de la présence d'éléments indésirables (cadmium, uranium...) dans les engrais issus de roches phosphatées. Ces éléments peuvent s'accumuler dans les sols et constituer une source d'apport à l'homme *via* les transferts sol-plante et l'alimentation.

Des indicateurs de suivi du bilan de phosphore en agriculture et des flux de phosphore des sols vers les eaux de surface permettent de suivre l'évolution du risque de dégradation de ces eaux. Indirectement, ils rendent également compte de la bonne utilisation des ressources en phosphore limitées au niveau mondial.

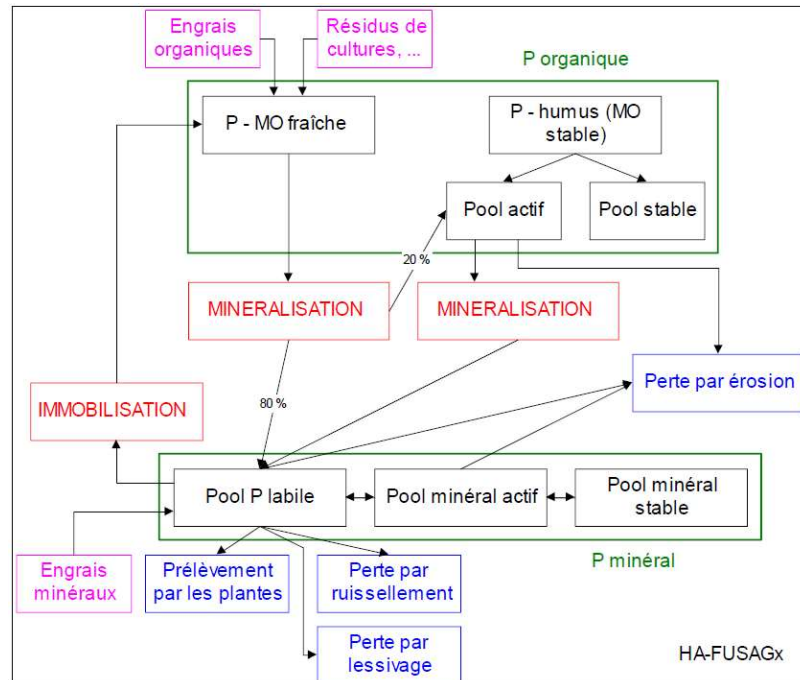
## SECTION 3 : MÉTHODOLOGIE

### INDICATEUR 1

Titre	Bilan du phosphore des sols agricoles en Wallonie
<b>Description des paramètres présentés</b>	<p>Le bilan du phosphore en agriculture vise à estimer, pour les sols agricoles, les entrées et les sorties cumulées de phosphore. L'importance relative des différents éléments de ce bilan est modélisée à l'échelle de la Wallonie à l'aide du modèle EPICgrid, modèle hydrologique de bassin versant intégrant de nombreux paramètres (précipitations, températures, types et occupations des sols, croissance végétale, pratiques agricoles...) (Sohier, 2011 ; Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSystem Engineering - Échanges Eau-Sol-Plante, 2016).</p> <p>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. 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 27/02/2023)</p>

Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSystem Engineering - Échanges Eau-Sol-Plante, 2016. Modélisation hydrologique EPICgrid. Évolution temporelle de la balance en phosphore des sols agricoles en Wallonie. Rapport final. Étude réalisée pour le compte du SPW - DGO3.

Les processus pris en compte par le modèle pour simuler le cycle du phosphore sont schématisés dans la figure suivante (Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSystem Engineering - Échanges Eau-Sol-Plante, 2016) :



En entrée, les apports de phosphore proviennent :

- des engrais organiques (effluents d'élevage - estimations effectuées sur base de la production de phosphore *via* les déjections animales des principaux cheptels wallons) ;
- des engrais minéraux (estimations sur base des données de consommation wallonne d'engrais du SPW ARNE - DEMNA - Direction de l'analyse économique agricole).

En sortie, les retraits de phosphore sont imputables :

- aux exportations par les cultures ;
- aux pertes par ruissellement vers les eaux de surface ;
- aux pertes par érosion vers les eaux de surface.

Les résultats des simulations sont moyennés sur 5 ans.

<b>Unité(s)</b>	/ (Bilan en base 100, entrées pour la période 1971 - 1975 = 100)
-----------------	---------------------------------------------------------------------

**DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES**

**Output du modèle EPICgrid**

<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - Département de l'environnement et de l'eau
--------------------------------	-------------------------------------------------------

<b>Description des données</b>	Pour chaque année (1971 - 2021), estimation par le modèle EPICgrid des quantités, en kt de phosphore, attribuables aux différents postes du bilan énumérés plus haut (entrées, sorties).
--------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Traitement des données</b>	<p>Une moyenne des valeurs annuelles est effectuée par périodes de 5 ans.</p> <p>Les données sont présentées en base 100, en prenant comme base 100 les entrées pour la période 1971 - 1975.</p> <p>Pour certaines raisons exposées à la Section 4, les données ne sont pas présentées en valeurs absolues (kt de phosphore).</p>
-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## INDICATEUR 2

<b>Titre</b>	Flux de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface en Wallonie
<b>Description des paramètres présentés</b>	<p>Les flux de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface sont estimés à l'aide du modèle EPICgrid (voir indicateur 1).</p> <p>Deux types de flux sont simulés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par ruissellement (entraînement de phosphore sous forme dissoute) ;</li> <li>- par érosion (entraînement de phosphore par les particules de sols érodés).</li> </ul> <p>Les résultats des simulations sont moyennés sur 5 ans.</p>
<b>Unité(s)</b>	t de phosphore/an

## DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES

### Output du modèle EPICgrid

<b>Fournisseur des données</b>	SPW ARNE - Département de l'environnement et de l'eau
<b>Description des données</b>	Estimation par le modèle EPICgrid des flux de phosphore vers les eaux de surface, en t de phosphore/an, chaque année sur la période 1971 - 2021.
<b>Traitement des données</b>	Une moyenne des valeurs annuelles est effectuée par périodes de 5 ans.

## INDICATEUR 3

<b>Titre</b>	<p>Teneurs en phosphore disponible* dans les sols sous cultures en Wallonie et par régions agricoles</p> <p>* Extraction acétate d'ammonium + EDTA</p>								
<b>Description des paramètres présentés</b>	<p>Teneurs en phosphore disponibles mesurées dans les échantillons de sols sous cultures analysés par le réseau de laboratoires d'analyses géré par REQUASUD entre 2006 et 2020, par moyennes sur 5 ans. Pour l'ensemble de la Wallonie, le nombre d'analyses effectuées est donné dans le tableau suivant :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006-2010</td> <td>65 778</td> </tr> <tr> <td>2011-2015</td> <td>63 337</td> </tr> <tr> <td>2016-2020</td> <td>70 335</td> </tr> </tbody> </table>		n	2006-2010	65 778	2011-2015	63 337	2016-2020	70 335
	n								
2006-2010	65 778								
2011-2015	63 337								
2016-2020	70 335								

	Les teneurs sont mesurées après extraction à l'acétate d'ammonium et EDTA. Pour le protocole d'analyse, voir le Compendium wallon des méthodes d'échantillonnage et d'analyse (CWEA) ( <a href="https://www.issep.be/wp-content/uploads/S-II-12v2Elements_majeures_echangeables_CorrRQS.pdf">https://www.issep.be/wp-content/uploads/S-II-12v2Elements_majeures_echangeables_CorrRQS.pdf</a> ).																																																
Unité(s)	mg/100 g (poids sec)																																																
<b>DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES</b>																																																	
<b>Teneurs en phosphore disponible</b>																																																	
Fournisseur des données	Base de données REQUASUD (licence n°A04/2023)																																																
Description des données	<p>Les données sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• moyennes + écarts-types + n des teneurs en P disponible dans les sols agricoles,</li> <li>• par périodes de 5 ans : 2006 - 2010, 2011 - 2015, 2016 - 2020,</li> <li>• en distinguant les cultures (prairies temporaires incluses) d'une part, et les prairies permanentes d'autre part,</li> <li>• pour toute la Wallonie et par régions agricoles.</li> </ul>																																																
Traitement des données	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reprise des valeurs moyennes sans traitement.</li> <li>• Calcul des intervalles de confiance à 95 % (pour implémentation des barres d'erreur sur le graphique) par la formule :</li> </ul> $IC\ 95\ \% = \pm 1,96 \times \text{écart-type} / \sqrt{n}$																																																
<p><b>Teneurs en phosphore disponible* dans les sols sous cultures en Wallonie et par régions agricoles</b></p> <table border="1"> <caption>Approximate data from the bar chart (mg/100g)</caption> <thead> <tr> <th>Région</th> <th>Moyenne 2006-2010</th> <th>Moyenne 2011-2015</th> <th>Moyenne 2016-2020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wallonie</td> <td>8.2</td> <td>7.5</td> <td>7.3</td> </tr> <tr> <td>Région limoneuse</td> <td>9.5</td> <td>8.8</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Région sablo-limoneuse</td> <td>10.2</td> <td>9.5</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>Campine hennuyère</td> <td>9.0</td> <td>8.5</td> <td>8.2</td> </tr> <tr> <td>Condroz</td> <td>6.5</td> <td>6.2</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Fagne</td> <td>5.0</td> <td>4.8</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Famemme</td> <td>5.0</td> <td>5.2</td> <td>4.8</td> </tr> <tr> <td>Herbagère</td> <td>8.0</td> <td>7.8</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>Ardenne</td> <td>4.5</td> <td>4.2</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>Haute Ardenne</td> <td>3.0</td> <td>3.2</td> <td>5.2</td> </tr> <tr> <td>Région jurassique</td> <td>4.0</td> <td>4.5</td> <td>4.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Extraction acétate d'ammonium + EDTA  ** Les barres d'erreur sont les intervalles de confiance à 95 %</p> <p><b>REEW – Source</b> : Base de données REQUASUD (licence n°A04/2023)</p>		Région	Moyenne 2006-2010	Moyenne 2011-2015	Moyenne 2016-2020	Wallonie	8.2	7.5	7.3	Région limoneuse	9.5	8.8	8.5	Région sablo-limoneuse	10.2	9.5	8.5	Campine hennuyère	9.0	8.5	8.2	Condroz	6.5	6.2	6.0	Fagne	5.0	4.8	4.5	Famemme	5.0	5.2	4.8	Herbagère	8.0	7.8	7.5	Ardenne	4.5	4.2	4.0	Haute Ardenne	3.0	3.2	5.2	Région jurassique	4.0	4.5	4.2
Région	Moyenne 2006-2010	Moyenne 2011-2015	Moyenne 2016-2020																																														
Wallonie	8.2	7.5	7.3																																														
Région limoneuse	9.5	8.8	8.5																																														
Région sablo-limoneuse	10.2	9.5	8.5																																														
Campine hennuyère	9.0	8.5	8.2																																														
Condroz	6.5	6.2	6.0																																														
Fagne	5.0	4.8	4.5																																														
Famemme	5.0	5.2	4.8																																														
Herbagère	8.0	7.8	7.5																																														
Ardenne	4.5	4.2	4.0																																														
Haute Ardenne	3.0	3.2	5.2																																														
Région jurassique	4.0	4.5	4.2																																														

**PARAMÈTRE NON ILLUSTRÉ : PART DES APPORTS DE PHOSPHORE PAR RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES**

<b>Titre</b>	Estimation des apports de phosphore aux sols agricoles par retombées atmosphériques
<b>Description des paramètres présentés</b>	Estimation de l'ordre de grandeur de la proportion des apports de phosphore par retombées atmosphériques par rapport aux apports de phosphore par les engrais organiques et minéraux
<b>Unité(s)</b>	%

**DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES**

**Retombées atmosphériques de phosphore**

<b>Fournisseur des données</b>	Données de la littérature en ligne																																								
<b>Description des données</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Flux</th> <th>Unités</th> <th>Conversion en t/an* pour la Wallonie</th> <th>Validité</th> <th></th> <th colspan="2">Source</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>33</td> <td>kg/(km<sup>2</sup>.an)</td> <td>241</td> <td>Méditerranée</td> <td>Données 2002</td> <td>Guieu <i>et al.</i> (2010)</td> <td><a href="https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004">https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004</a></td> </tr> <tr> <td>0,16–1,6</td> <td>μmol P/m<sup>2</sup>.d</td> <td>13 à 132**</td> <td>Western Europe</td> <td>Données 2015</td> <td>White <i>et al.</i> (2021)</td> <td><a href="https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391">https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391</a></td> </tr> <tr> <td>1,8</td> <td>μmol P/m<sup>2</sup>.d</td> <td>149***</td> <td>Mer baltique sud</td> <td>Données 1998-2017</td> <td>Berthold <i>et al.</i> (2019)</td> <td><a href="https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y">https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y</a></td> </tr> <tr> <td>0,027</td> <td>g/(m<sup>2</sup>.an)</td> <td>197</td> <td>Monde (review)</td> <td>Données 1954 à 2012</td> <td>Tipping <i>et al.</i> (2014)</td> <td><a href="https://doi.org/10.1039/C3EM00641G">https://doi.org/10.1039/C3EM00641G</a></td> </tr> </tbody> </table>						Flux	Unités	Conversion en t/an* pour la Wallonie	Validité		Source		33	kg/(km <sup>2</sup> .an)	241	Méditerranée	Données 2002	Guieu <i>et al.</i> (2010)	<a href="https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004">https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004</a>	0,16–1,6	μmol P/m <sup>2</sup> .d	13 à 132**	Western Europe	Données 2015	White <i>et al.</i> (2021)	<a href="https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391">https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391</a>	1,8	μmol P/m <sup>2</sup> .d	149***	Mer baltique sud	Données 1998-2017	Berthold <i>et al.</i> (2019)	<a href="https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y">https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y</a>	0,027	g/(m <sup>2</sup> .an)	197	Monde (review)	Données 1954 à 2012	Tipping <i>et al.</i> (2014)	<a href="https://doi.org/10.1039/C3EM00641G">https://doi.org/10.1039/C3EM00641G</a>
Flux	Unités	Conversion en t/an* pour la Wallonie	Validité		Source																																				
33	kg/(km <sup>2</sup> .an)	241	Méditerranée	Données 2002	Guieu <i>et al.</i> (2010)	<a href="https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004">https://doi.org/10.1016/j.marchem.2009.02.004</a>																																			
0,16–1,6	μmol P/m <sup>2</sup> .d	13 à 132**	Western Europe	Données 2015	White <i>et al.</i> (2021)	<a href="https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391">https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118391</a>																																			
1,8	μmol P/m <sup>2</sup> .d	149***	Mer baltique sud	Données 1998-2017	Berthold <i>et al.</i> (2019)	<a href="https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y">https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y</a>																																			
0,027	g/(m <sup>2</sup> .an)	197	Monde (review)	Données 1954 à 2012	Tipping <i>et al.</i> (2014)	<a href="https://doi.org/10.1039/C3EM00641G">https://doi.org/10.1039/C3EM00641G</a>																																			
<b>Traitement des données</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Prise en compte de la publication la plus récente et la plus adaptée géographiquement (White <i>et al.</i>, 2021) ;</li> <li>→ Conversion des 0,16 - 1,6 μmol/(m<sup>2</sup>.jour) en t/(ha.an) ;</li> <li>→ Multiplication par la SAU wallonne moyenne sur la période 2016 - 2020, soit 730 513 ha ;</li> <li>→ Calcul du pourcentage des apports par retombées atmosphériques par rapport aux entrées totales du bilan de phosphore selon les simulations EPICgrid (engrais organiques et minéraux = 25,3 kt/an en moyenne sur 2016 - 2020).</li> </ul>																																								

**PARAMÈTRE NON ILLUSTRÉ : PART DES APPORTS DE PHOSPHORE PAR ALTÉRATION DES MINÉRAUX DU SOL**

<b>Titre</b>	Estimation des apports de phosphore aux sols agricoles par altération chimique des minéraux du sol
<b>Description des paramètres présentés</b>	Estimation de l'ordre de grandeur de la proportion des apports de phosphore par altération des minéraux du sol par rapport aux apports de phosphore par les engrais organiques et minéraux
<b>Unité(s)</b>	%

**DONNÉES UTILISÉES POUR CONSTRUIRE LES PARAMÈTRES**

**Bilan de phosphore établi pour l'UE et le Royaume-Uni**

<b>Fournisseur des données</b>	Résultats de l'étude de Panagos <i>et al.</i> (2022). Panagos <i>et al.</i> (2022). European agricultural soils. Science of the Total Environment, 853, 158706. En ligne. <a href="https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158706">https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158706</a> (consulté le 22/02/2023)
--------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Description des données</b>	Le bilan pour l'UE et le Royaume-Uni donne pour les entrées : → 1314 kt/an pour les engrais minéraux ; → 1312 kt/an pour les engrais organiques ; → 99 kt/an pour les dépôts atmosphériques ; → 16 kt/an pour l'altération.
<b>Traitement des données</b>	Rapport entre les apports de phosphore par altération et le total des entrées

## SECTION 4 : LIMITES DES INDICATEURS

<b>Fiabilité et précision des données</b>	<p>Pour les indicateurs 1 et 2, les données présentées sont des <i>outputs</i> 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, celui-ci reprend les équations de référence au niveau international. Les variables utilisées en <i>input</i> (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 <i>input</i> sont cependant connues avec une bonne précision en Wallonie.</p> <p>Le modèle EPICgrid a été appliqué à différentes parcelles-types caractéristiques des régions agricoles de Wallonie afin de vérifier la représentativité des résultats en termes de teneur en phosphore des sols. Les simulations, réalisées pour des parcelles-types sous cultures et sous prairies permanentes, ont donné des résultats concordants avec les données de terrain de la base de données REQUASUD. Les auteurs signalent toutefois que la validation du modèle EPICgrid quant à la simulation du cycle du phosphore reste incomplète au vu des données d'observations disponibles actuellement (Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSystem Engineering - Échanges Eau-Sol-Plante, 2016).</p> <p>Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, BIOSystem Engineering - Échanges Eau-Sol-Plante, 2016. Modélisation hydrologique EPICgrid. Évolution temporelle de la balance en phosphore des sols agricoles en Wallonie. Rapport final. Étude réalisée pour le compte du SPW - DGO3.</p> <p><u>Écart par rapport à d'autres sources de données</u></p> <p>Les valeurs estimées par le modèle EPICgrid pour le poste "engrais minéraux" diffèrent de celles de la fiche d'indicateurs "Consommation d'engrais en agriculture" (<a href="http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/AGRI%205.html">http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/AGRI%205.html</a>) en raison d'une désagrégation des quantités utilisées d'engrais par culture sur base de diverses hypothèses de calcul (cultures principales), désagrégation nécessaire pour que ces quantités puissent être utilisées en <i>input</i> dans le modèle EPICgrid. Les données de base sont cependant les mêmes (données transmises par la Direction de l'analyse économique agricole du SPW ARNE - DEMNA).</p> <p>Malgré ces différences, les contributions relatives des différents postes du bilan de phosphore restent valables selon les auteurs du modèle. En conséquence, le bilan est présenté en valeurs relatives (indices en base 100) et non en valeurs absolues.</p>
<b>Manque de données</b>	Certains types d'apports de phosphore ne sont pas considérés par le modèle EPICgrid en dehors des engrais minéraux et des engrais de ferme (effluents d'élevage) : scories de



	<p>déphosphoration dites "scories Thomas" (sous-produit de la sidérurgie valorisé dans le passé en agriculture, pendant plusieurs décennies), matière organique autre que les effluents d'élevage (boues de STEP, composts, digestats p. ex.).</p> <p>D'autres part, certaines sources mineures de phosphore ne sont pas considérées (retombées atmosphériques, phosphore des semences et plants p. ex.).</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

<b>Paramètre évalué par le pictogramme</b>	Flux de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface
<b>ÉTAT</b>	
<b>Méthode d'attribution</b>	/ (pas de référentiel)
<b>Norme utilisée (si pertinent)</b>	-
<b>Référence(s) pour cette norme</b>	-
<b>TENDANCE</b>	
<b>Méthode d'attribution</b>	Évaluation de la tendance en fonction de l'évolution des flux modélisés de phosphore vers les eaux de surface sur une période d'au moins 10 ans.
<b>Norme utilisée (si pertinent)</b>	-
<b>Référence(s) pour cette norme</b>	-

## SECTION 6 : MISES À JOUR

<b>Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique</b>	Avril 2023
-------------------------------------------------------------------	------------