

# Approche de calcul du risque d'érosion hydrique

---

# Sommaire

- Introduction
- Facteur R : Erosivité de la pluie
- Facteur K : Erodibilité du sol
- Facteur LS : Topographie
- Conclusion

# Modèle (R)USLE

- (Revised) Universal Soil Loss Equation (Equation de Wishmeier et Smith, 1978, et révisions ultérieures)
  - Taux d'érosion moyen annuel à long terme
  - Modèle dérivé de très nombreuses mesures d'érosion sur des parcelles de par le monde

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [\text{t/ha/an}]$$

# Modèle (R)USLE

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [\text{t/ha/an}]$$

- A = perte en terre annuelle moyenne [ $\text{t ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ ]
- R = Erosivité de la pluie [ $\text{MJ} / (\text{ha} \cdot \text{an}) * \text{mm/h}$ ]
- K = Erodibilité des sols [ $\text{t} \cdot \text{h} / \text{MJ} \cdot \text{mm}$ ]
- L·S = Facteur topographique [-]
- C = Facteur de couverture et gestion du sol [-]
- P = Facteur de Mesures de conservation [-]

# Modèle (R)USLE : Erosion potentielle

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot \cancel{C} \cdot \cancel{P} \quad [\text{t/ha/an}]$$

- $A$  = perte en terre annuelle moyenne [ $\text{t ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ ]
- $R$  = Erosivité de la pluie [ $\text{MJ} / (\text{ha} \cdot \text{an}) * \text{mm/h}$ ]
- $K$  = Erodibilité des sols [ $\text{t} \cdot \text{h}/\text{MJ} \cdot \text{mm}$ ]
- $L \cdot S$  = Facteur topographique [-]

$C$  et  $P$  = outils de GESTION de la sensibilité naturelle des sols à l'érosion

Cartographie à l'échelle de l'ensemble de la Wallonie à une résolution de 10 m en Lambert 2008 et Lambert 72

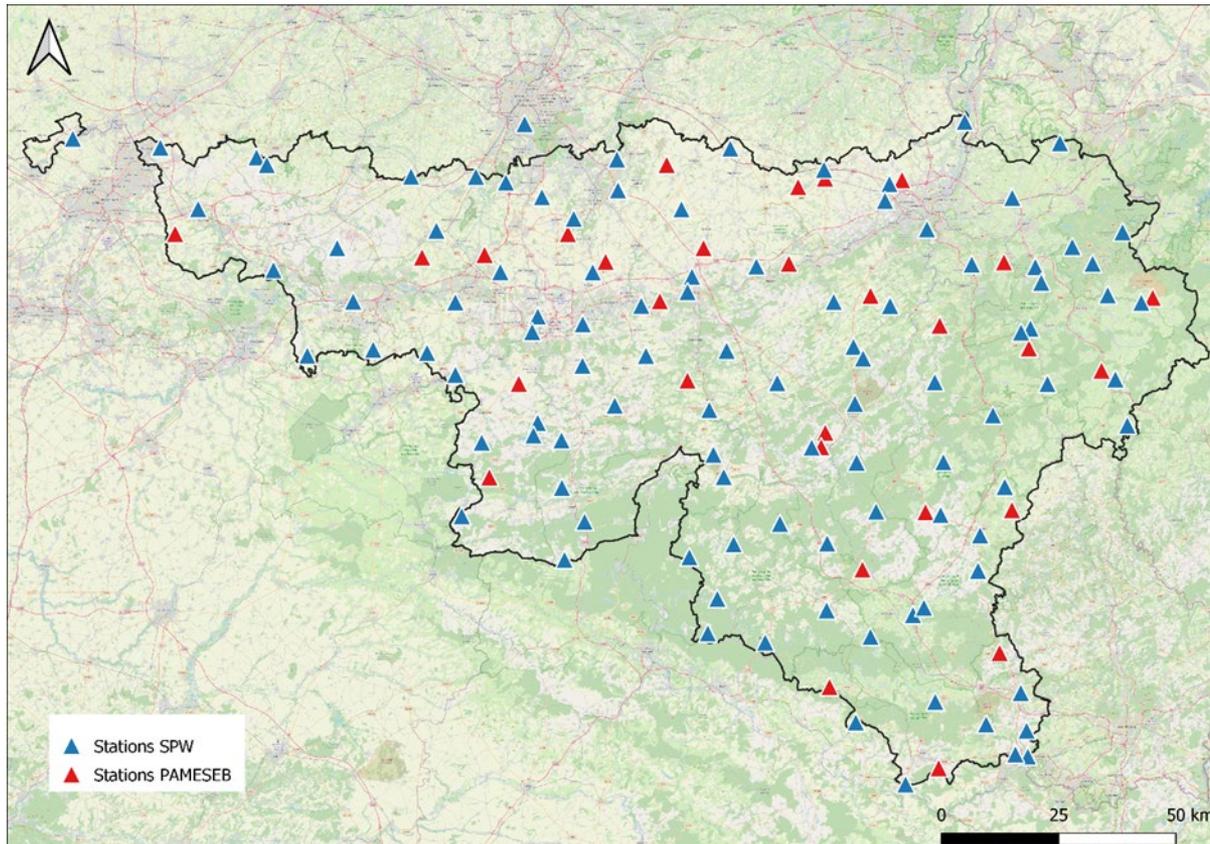
# Modèle (R)USLE en Wallonie

- Divers travaux expérimentaux (des années '80 à aujourd'hui)
- Conventions GISER successives (2009 à 2017)
- Marchés publics (affinement, opérationnalisation)

# Facteur R : Erosivité de la pluie

Couverture spatiale des données pluviométriques fournies

- 2 sources de données : SPW (5min et 1h) et PAMESEB (1h)



# Facteur R : Erosivité de la pluie

## Calcul de l'érosivité annuelle

- Erosivité annuelle [ $MJ\ mm\ ha^1\ h^1\ an^{-1}$ ]

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{k=1}^{m_j} (E)_k (I_{30})_k \right]_j$$

- $n$  : nombre d'années d'observation
  - $m$  : nombre d'événements pluvieux érosifs observés au cours de l'année
  - $E$  : Energie cinétique totale pour un évènement [ $J\ m^{-1}$ ]
  - $I_{30}$  : Intensité maximale de la pluie enregistrée pendant 30 minutes consécutives [ $mm$ ]
- 
- Les évènements de pluies sont considérés comme distincts lorsque 6 heures s'écoulent sans aucune précipitation
  - Un évènement de pluie est érosif lorsque le cumul de ce dernier est supérieur à 1,27 mm (*Laurant et Bollinne (1976)*)

# Facteur R : Erosivité de la pluie

## Calcul de l'érosivité annuelle

- Erosivité annuelle  $[MJ\ mm\ ha^1\ h^1\ an^1]$

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[ \sum_{k=1}^{m_j} (E)_k (I_{30})_k \right]_j$$

$$E = \sum_{r=1}^o e_r \Delta V_r$$

$$e_r = 0.29(1 - 0.72 \exp^{-0.082i_r})$$

RUSLE 2

$i$  = intensité de la pluie (mm/h)

# Facteur R : Erosivité de la pluie

## Couverture temporelle des données pluviométriques fournies

### ■ SPW 5 min (2016-2020)

SPW 5min	
Nombre d'années complètes disponibles	Nombre de stations
0	1
2	1
3	3
4	1
5	86
<b>Total</b>	<b>92</b>

- 3 stations pour lesquelles il y a moins de 15 jours manquants sur 2016 – 2020

### ■ SPW 1 h (2004-2020)

SPW 1h	
Nombre d'années complètes disponibles	Nombre de stations
2	2
3	3
4	2
5	2
6	1
7	2
9	1
10	2
11	2
12	1
14	1
16	1
17	79
<b>Total</b>	<b>99</b>

- 14 stations pour lesquelles il y a moins de 15 jours manquants sur 2004 – 2020
- 4 stations pour lesquelles il y a plus de 15 jours manquants sur 2004 – 2020

### ■ PAMESEB 1 h (1997-2020)

PAMESEB 1h	
Nombre d'années complètes disponibles	Nombre de stations
0	2
10	1
15	1
21	1
22	1
24	25
<b>Total</b>	<b>31</b>

- 5 stations pour lesquelles il y a plus de 15 jours manquants sur 2004 – 2020

**I30** : Nécessite un pas de temps  $\leq$  30 min

# Facteur R : Erosivité de la pluie

## Identification des stations pluviométriques utiles

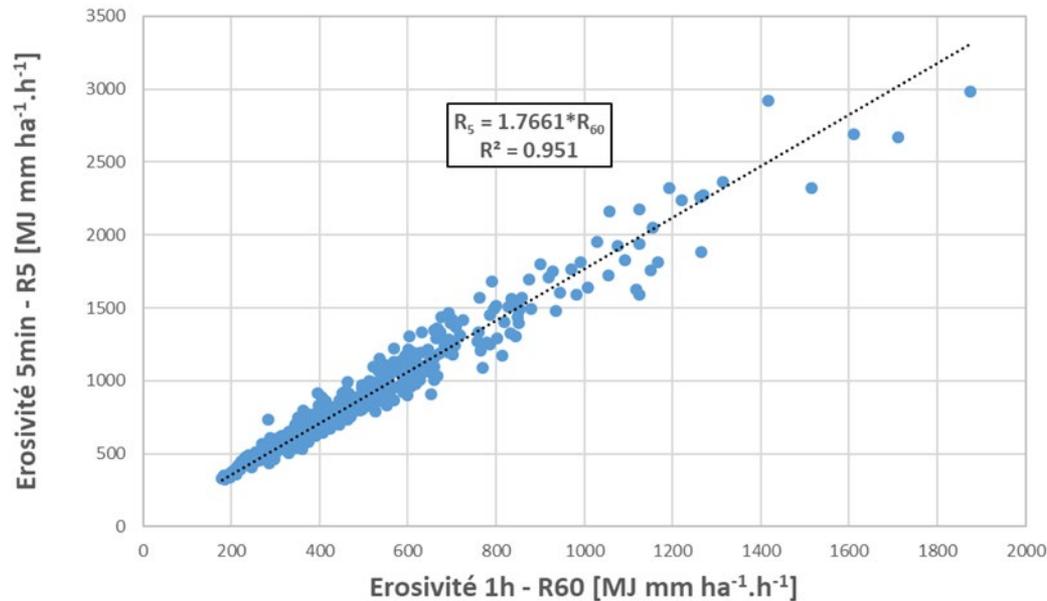
- Disposer du réseau de stations pluviométriques:
  - le plus dense
  - pour des périodes identiques
  - sur la plus longue période
  - couvrant des années complètes

Nombre de stations			
Période	Réseau SPW 1h	Réseau PAMESEB 1h	Total
2004 - 2020	75	21	96
2005 - 2020	76	21	97
2006 - 2020	77	24	101
2007 - 2020	78	24	102
2008 - 2020	78	26	104
2010 - 2020	79	26	105
2011 - 2020	80	28	108

# Facteur R : Érosivité de la pluie

## Résultats

- Relation entre les érosivités annuelles définies à partir des données 5 minutes et 1h



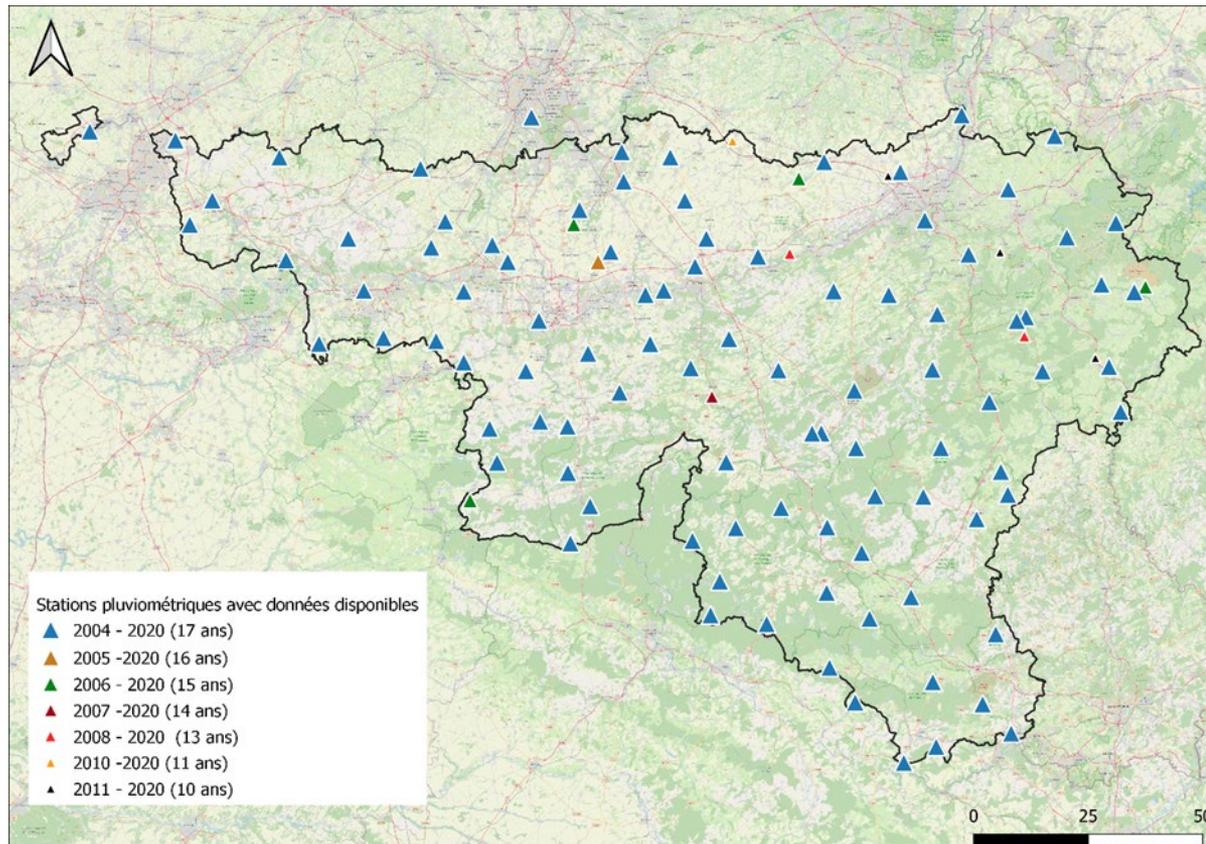
Equation linéaire et  $R^2$  similaires à Panagos et al. (2015)

Relation forte et robuste entre les érosivités 5 min (R5) et horaires (R60) pour les stations du SPW sur la période 2016-2020

□ Possibilité d'exploiter le jeu de données 1h qui sera corrigé avec cette relation

# Facteur R : Erosivité de la pluie

Identification des stations pluviométriques utiles

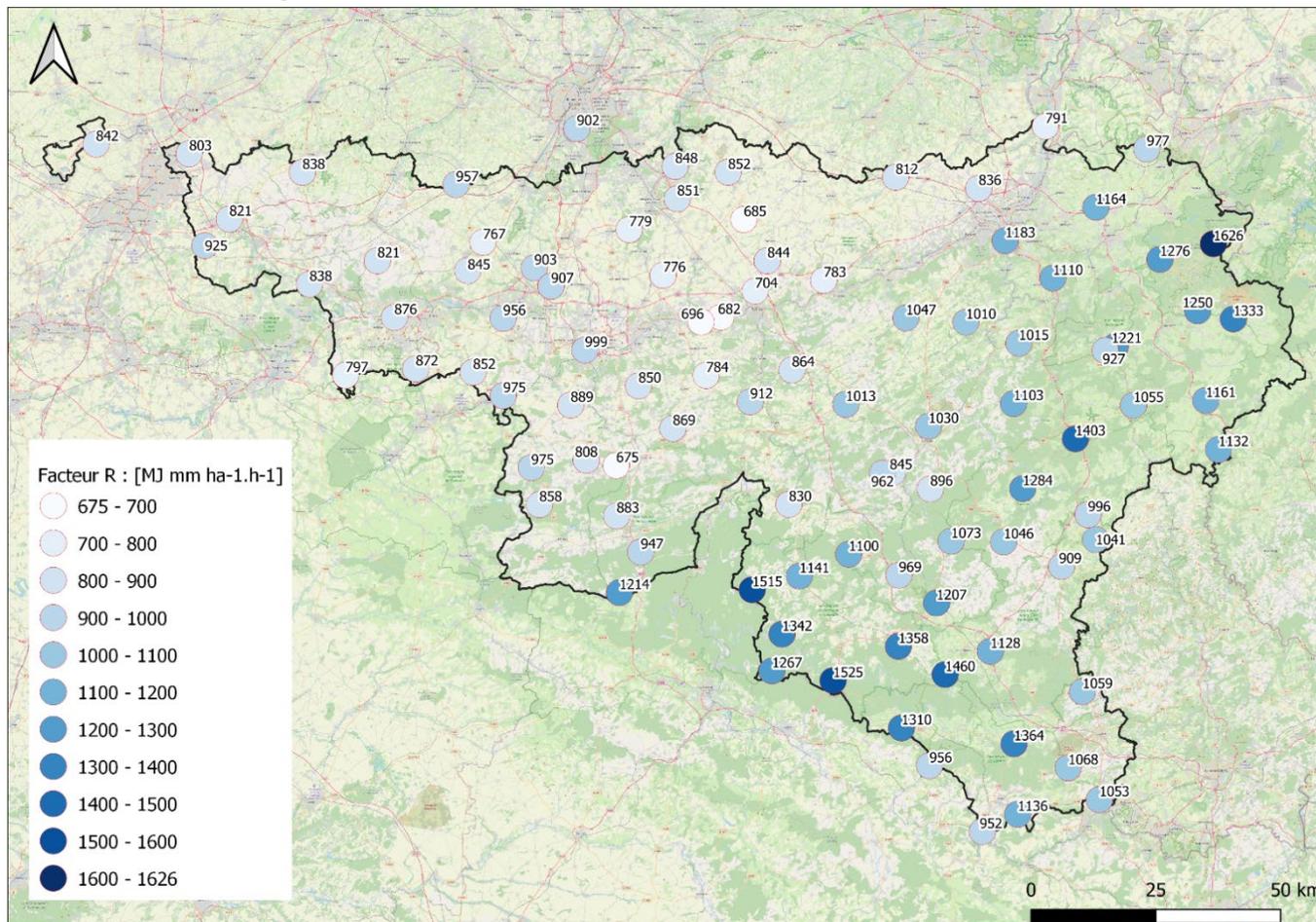


96 Stations (période 2004 – 2020) ✓

# Facteur R : Erosivité de la pluie

## Résultats

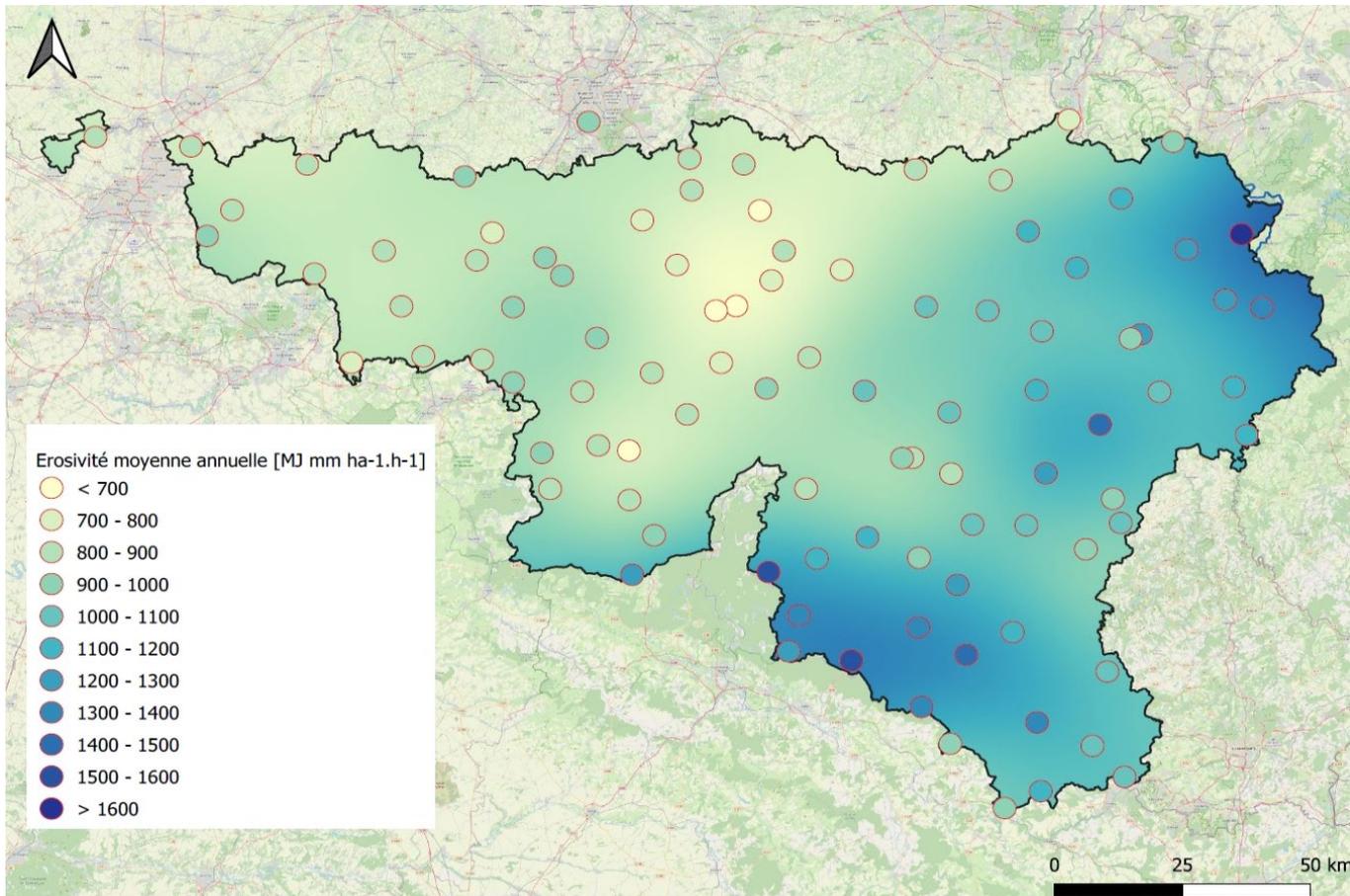
- Calcul de l'érosivité annuelle moyenne des stations pluviométriques couvrant la période 2004 -2020



# Facteur R : Érosivité de la pluie

## Résultats

- Interpolation de l'érosivité annuelle moyenne pour la période 2004 - 2020 sur l'ensemble de la Wallonie



# Facteur K : Erodibilité du sol

## Calcul du facteur K

Le facteur K [t.h/MJ.mm] prend en compte:

- la texture du sol (SPW, 2020)
- la teneur en matière organique du sol (Carbiosol et Requasud)
- la charge caillouteuse

# Facteur K : Erodibilité du sol

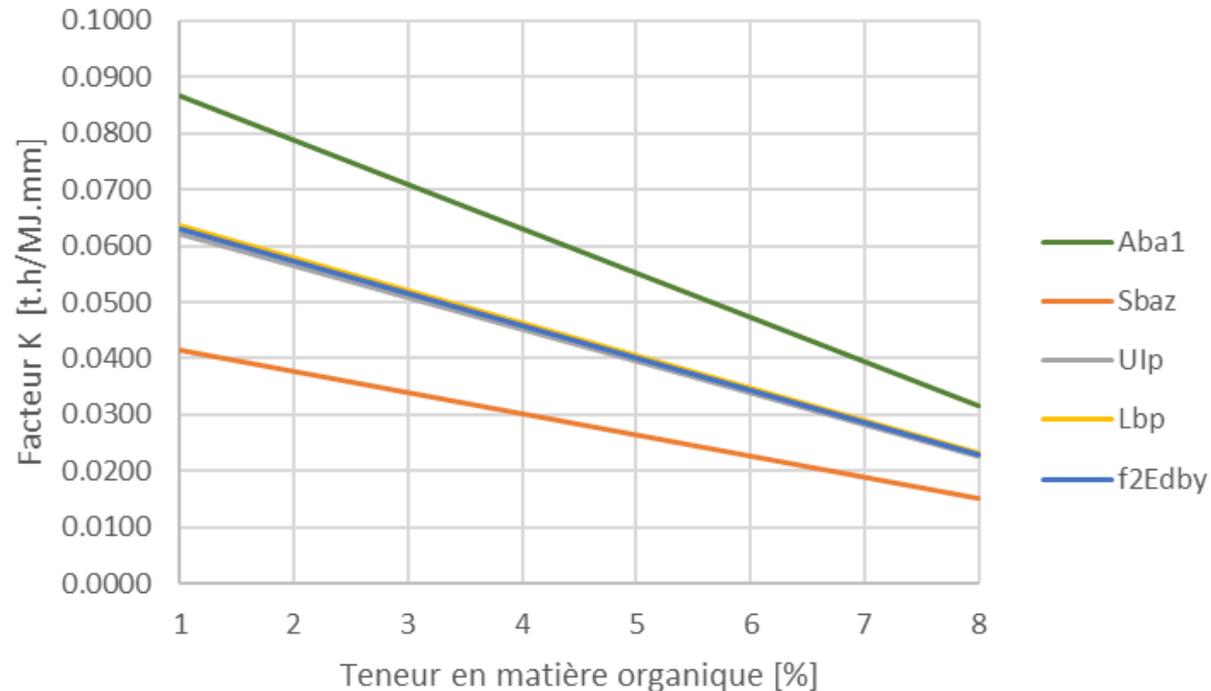
Calcul du facteur K [t.h/MJ.mm]

$$K = 2.8 * 10^{-7} \cdot (12 - MO) \cdot M^{1.14} \quad \text{Equation de Renard et al. (1997), simplifiée}$$

- $MO = \% \text{ de matière organique}$
- $M = (m_{\text{limon}} + m_{\text{sable fin}}) * (100 - m_{\text{argile}})$   $m = \text{pourcentage}$ 
  - *Limon* : 0.002-0.05 mm
  - *Sable fin* : 0.05- 0.1 mm
  - *Argile* : < 0.002 mm

# Facteur K : Erodibilité du sol

Sensibilité du facteur d'érodibilité du sol à la matière organique



L'érodibilité du sol est sensible à la teneur en matière organique

Augmenter la teneur en matière organique de 1% permet de réduire l'érodibilité (et donc la perte en terre) de 9 à 13% selon le type de sol.

# Facteur K : Erodibilité du sol

<i>Couche de base</i>	Carbiosol (2015-2019) & Requasud (2015-2019)
<i>A l'intérieur des parcelles agricoles (2019)</i>	<p>Si &gt; 50% de superficie Carbiosol</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Moyenne</i> Carbiosol de la parcelle</li></ul> <p>Sinon, les valeurs manquantes sont remplacées par :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Percentile 25</i> Requasud 2015-2019 par région agricole (culture ou prairie)</li></ul>
<i>En dehors du parcellaire agricole (2019)</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Percentile 25</i> Requasud 2015-2019 (culture)</li></ul>

# Facteur K : Erodibilité du sol

Prise en compte de la charge caillouteuse

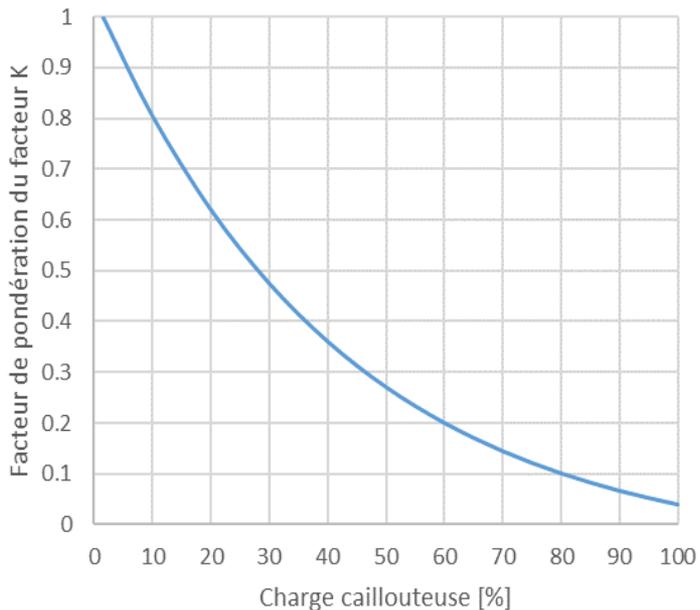
Auerswald et al. (2014)

$$c = 1$$

Charge < 1,5%

$$c = 1.1 \exp(-0.024 * f_{rf}) - 0.06$$

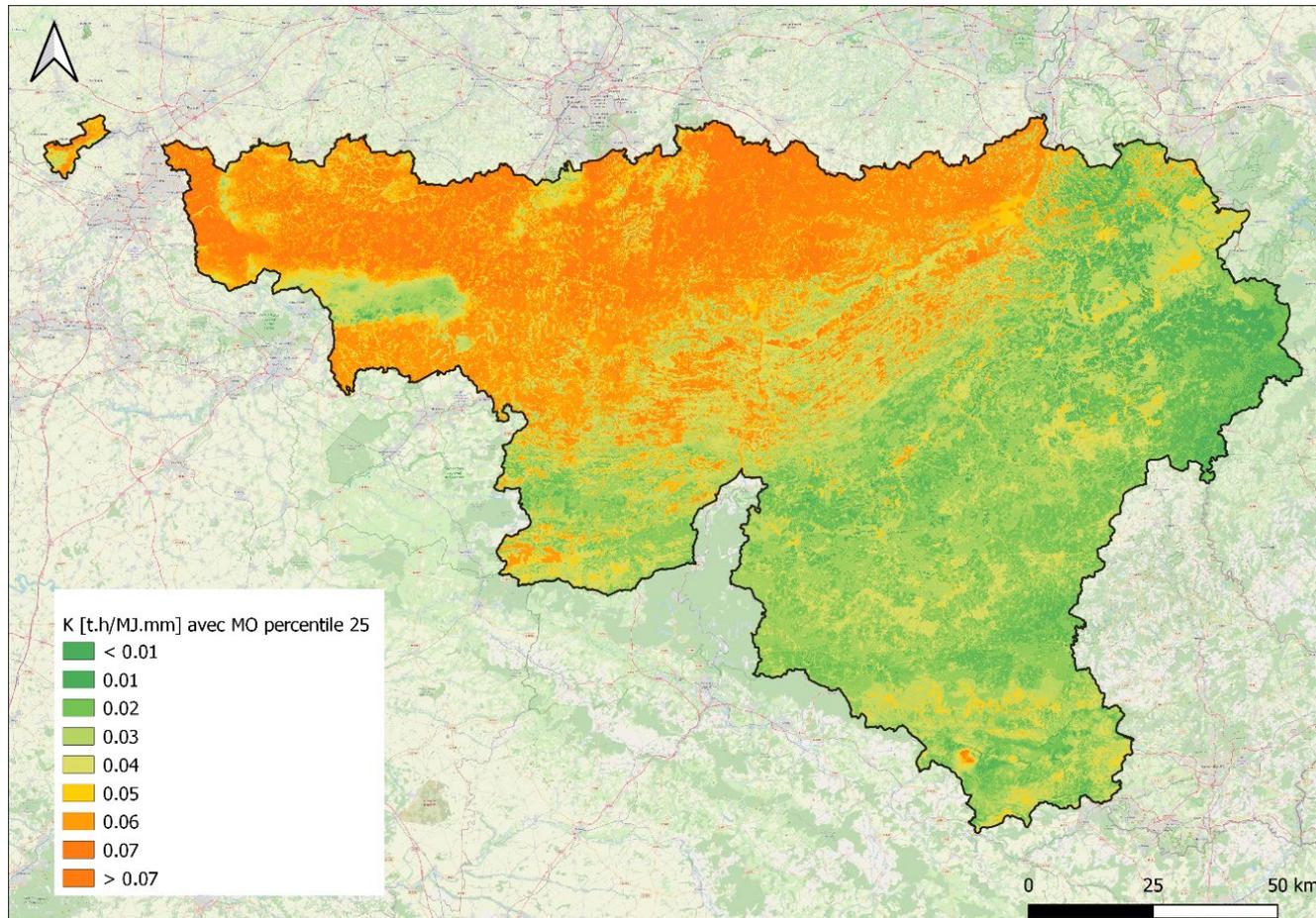
Charge > 1,5%



La CNSW fournit 4 classes de charges caillouteuses sur l'ensemble du profil

- Sols non caillouteux : 0 à 5 %
- Sols peu caillouteux : 5 à 15 %
- Sols caillouteux : 15 à 50 %
- Sols très caillouteux : > 50 %

# Facteur K : Carbiosol & Requasud (P25)



# Facteur LS : Topographie

## Méthode LS (MNT LIDAR 2013-2014)

$$(LS)_{i,j} = S_{i,j} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{st}}\right)^m \cdot \frac{(V_{in-i,j} + D^2)^{m+1} - V_{in-i,j}^{m+1}}{D^{m+2} \cdot \delta_{i,j}^m}$$

*Desmet and Govers (1996)*

$$S = 10.8s + 0.03 \quad (s < 9\%)$$
$$S = 16.8s - 0.50 \quad (s \geq 9\%)$$

*McCool et al. 1987*

$$m = \frac{F}{1+F} \quad \text{avec} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0869}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

- V : Accumulation de flux
- $\delta_{i,j}$  : Directions de flux
- $\lambda_{st}$  : Distance standard de 22,3 m
- D : Largeur d'un pixel
- $\beta$  : angle de la pente (degré)
- s : pente (m/m)

# Facteur LS : Topographie

	LS SAGA-WaTEM
<i>L</i>	Desmet and Govers (1996)
<i>S</i>	McCool et al. (1987)
<i>Algorithme à direction de flux</i>	MDF répartissant le flux dans 2 cellules en aval au maximum

- Le LS SAGA-WATEM prend en compte l'effet des limites de parcelles sur le flux:
- écoulement vers la parcelle voisine seulement dans le cas où il n'y a pas de pixel inférieur au sein de la parcelle elle-même
  - rétention partielle de sédiments (connectivité)

# Facteur LS : Topographie

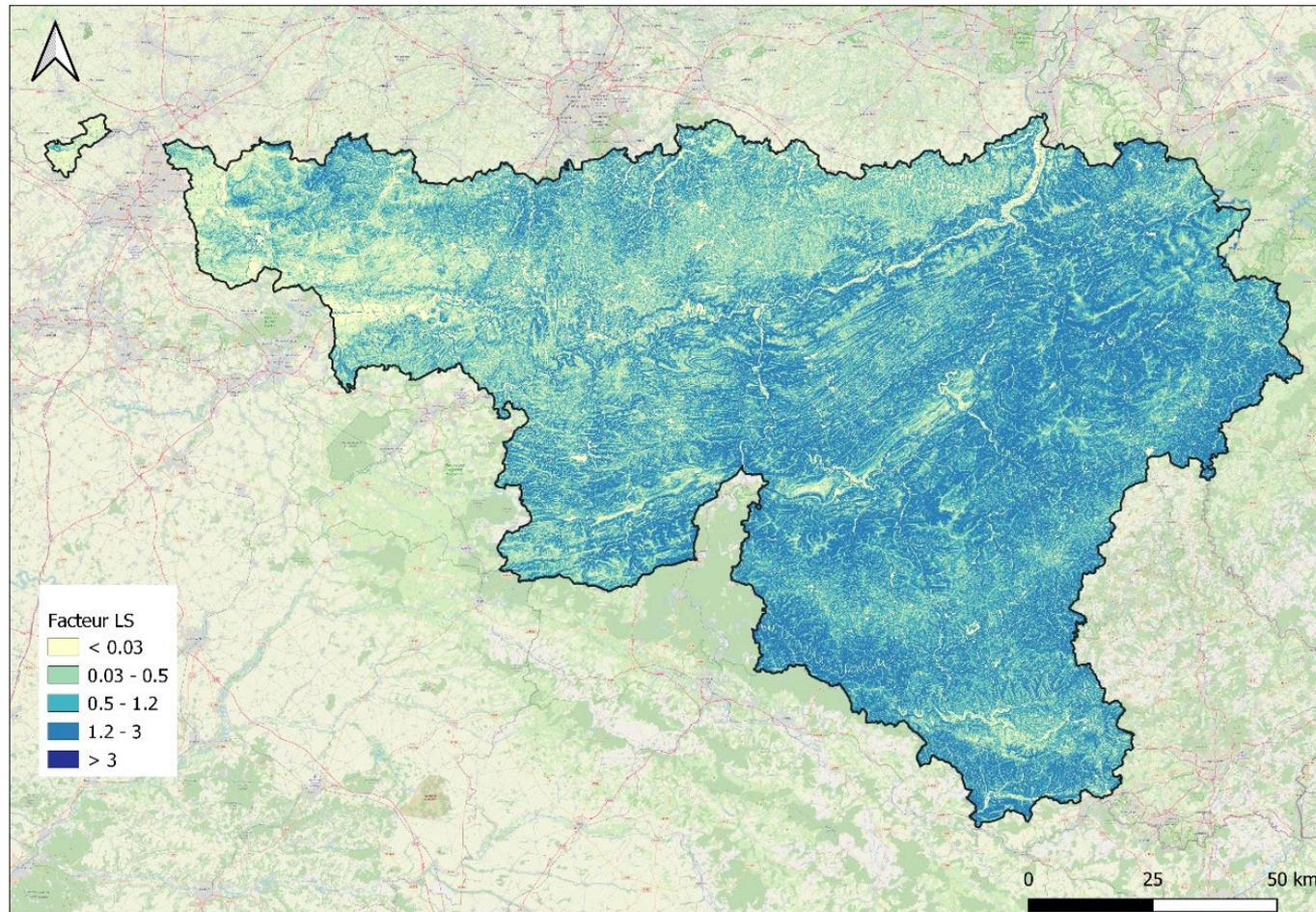
## Choix de la méthode

### ■ SAGA-WATEM :

- Cellule GISER : Comparaison qualitative de différents niveaux de connectivité : 0, 10, 30, 50, 100 % sur 13 BV GISER
- Connectivités 10 et 30% sont les plus représentatives
- Choix du 30% entre parcelles agricoles pour être cohérent avec la méthode flamande

# Facteur LS : Topographie

## Facteur LS



# Conclusions

## L'approche utilisée:

- repose sur un modèle largement utilisée de par le monde pour estimer les risques d'érosion
- a été adapté au contexte wallon (p.ex., type de données disponible, calcul d'érosivité des pluies)
- a été confrontée à la connaissance du terrain (cellule GISER)
- ...peut toujours faire l'objet d'améliorations (données, ...)