



Gembloux Agro-Bio Tech  
Université de Liège

# GISER

## Cartographie de l'aléa inondation par ruissellement

Dans le cadre de la directive 2007/60/CE, une cartographie des zones inondables devait être présentée à l'UE. Le groupe transversal inondation du service public de Wallonie, chargé d'assurer la mise en œuvre de la directive, a sollicité la cellule Giser pour intégrer la cartographie de l'aléa de ruissellement aux cartes de débordement des cours d'eau demandées par l'Europe.

*Convention GISER, UCL-ELLE et ULg-Gx ABT, financée par le SWP-DGO3-DDR.*

*Rapport « stand alone » mars 2015.*

*Résumé non technique disponible sur [www.giser.be](http://www.giser.be).*

En effet, dans la plupart des pays, les cartes du risque inondation incluent seulement le débordement de cours d'eau. Mais en Belgique, les inondations par ruissellement et coulées de boues causent aussi d'énormes dommages : inondations boueuses, transfert de sédiments aux cours d'eau (altération de leur qualité physique et chimique), perte de terre arable, stress psychologique, coût des opérations de nettoyage. Prendre en compte cet aléa lors de la remise d'avis pour des demandes de permis d'urbanisme devrait permettre d'éviter certaines de ces dommages.

# Revue bibliographique

---

Une revue bibliographique des méthodologies de cartographie de l'aléa d'inondation par ruissellement existantes en Europe a été réalisée.

Bien que peu nombreuses, certaines méthodes documentées ont été identifiées. Elles ont été testées sur le bassin versant de la Gette, fortement touchée par les inondations de l'été 2011.

## 1 Méthode de l'Ifsttar, France

### 1.1 Contexte et objectifs

L'Ifsttar (institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) a effectué une mission de réflexion sur la prise en compte des phénomènes de ruissellement (dans le cadre de l'application de la directive Européenne Inondations et de l'Evaluation Préliminaire du Risque (EPRI) associée) et de proposition d'une méthodologie pour la réalisation de l'EPRI volet « ruissellement » (Payraastre et al., 2011).

La mission « ruissellement et crues soudaines » comporte les types d'aléas suivants :

- ruissellement (écoulements en dehors du réseau hydrographique)
- débordement de cours d'eau intermittents
- débordement de petits cours d'eau à réaction rapide
- débordement de torrents de montagnes.

L'objectif de cette méthode est d'identifier les territoires pour lesquels les risques de type ruissellement et crues rapides peuvent être significativement plus élevés qu'ailleurs.

### 1.2 Echelle d'analyse

L'analyse couvre exclusivement les surfaces drainées supérieures à 1 km<sup>2</sup>. Le raster utilisé présente une résolution au sol de 25m. L'analyse est réalisée à l'échelle de la commune.

### 1.3 Détails de la méthode

La méthode se base exclusivement sur la topographie.

### 1.3.1 Construction d'un indicateur communal de risque ruissellement et répartition des communes en classes de risque

$$\text{Indicateur communal de risque} = \text{Nb Catnat} * \text{Surface Bâtiments}$$

Où :

- « Nb Catnat » provient de la Déclaration Catnat : déclaration des communes de la date et du type d'inondation (par une crue (débordement de cours d'eau), par ruissellement et coulée de boue, par lave torrentielle (torrent et talweg), par remontées de nappes naturelles, par submersion marine). Il s'agit de données nationales disponibles concernant les phénomènes dommageables observés dans le passé. Elles sont reprises dans une base de données appelée GASPAR.
- « Surface Bâtiments » provient du calcul par commune de la surface de bâtiments exposés dont le principe est le suivant :

1. Sélection des emprises identifiées via la méthode EXZECO : Relèvement de 1m des talwegs pour les surfaces drainées supérieures à 1 km<sup>2</sup>.

Il s'agit d'une méthode de délimitation des zones de concentration des écoulements à partir d'un modèle numérique de terrain (au pas d'espace de 25m, précision altimétrique de 2-10m) et du tracé du réseau hydrographique correspondant. Le logiciel i-ExZEco est un code d'EXtraction des Zones d'ECOulement. Le principe est d'identifier tous les pixels du MNT qui se trouvent à une altitude inférieure à +H mètres du talweg le plus proche (zone inondée si la hauteur d'eau dans le talweg est de H mètres (H = 1m)) et de ne retenir que les pixels correspondant à un seuil minimum de surface drainée de 1 km<sup>2</sup>. Cette méthode a le mérite de faire ressortir les zones situées à une faible altitude par rapport aux talwegs mais ne peut, en aucun cas, être considérée comme une cartographie de la zone inondable. **Elle est basée uniquement sur une approche topographique et n'intègre encore aucune donnée hydrologiques (pluviométrie, caractéristique des sols...)**. Cette méthode est équivalente au remplissage des fonds de talwegs avec une certaine hauteur d'eau comme paramètre d'entrée. Les zones basses hydrographiques créées sont une approximation des zones potentiellement inondables dans les parties amont des bassins versants.

2. Fusion avec les emprises de zones inondables connues ;
3. Masquage des emprises retenues pour l'évaluation du phénomène débordement de cours d'eau ;
4. Calcul sur chaque territoire communal de la surface de bâtiments située dans l'emprise obtenue.

### 1.3.2 Correction et complément de la répartition

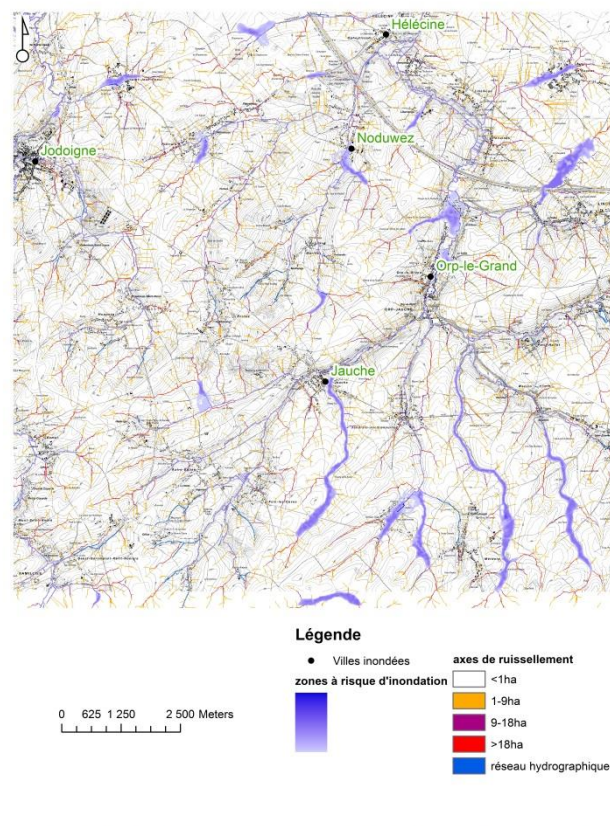
L'étape des corrections et de complétude de la répartition peut s'effectuer de deux façons :

- par la mobilisation des connaissances détenues par les services locaux (dégâts occasionnés lors des événements historiques)

- ou par la réalisation d'enquêtes de terrain en cas d'incohérence entre les différentes informations produites à l'échelle nationale :
  - communes présentant une valeur élevée de l'indicateur de surface de bâtiments en zones basses sans que des événements historiques en nombre significatif soient connus localement :
    - nombre d'arrêtés CATNAT < 3 et surface de bâtiments en zones basses supérieure à 10.000 m<sup>2</sup>
    - nombre d'arrêtés CATNAT > 6 et surface de bâtiments en zones basses inférieure à 1000 m<sup>2</sup>.
  - communes présentant un niveau de sinistralité important avec les catnat sans qu'un risque potentiel important soit identifié ou qu'un risque avéré soit déjà connu des services locaux.

## 1.4 Test de la méthode dans le contexte wallon

L'étape d'extraction des zones d'écoulement de l'Ifsttar a été appliquée à la zone fortement touchée du bassin de la Gette. Cette délimitation des zones potentiellement inondées par ruissellement a été effectuée par l'extension FloodArea dans ArcGis.



**Figure 1. Zones potentiellement inondables extraites (H=1m)**

La Figure 1 présente les zones identifiées par la méthode Ifsttar (dégradé de bleu) superposées à la carte des zones à risque de ruissellement concentré issue du projet ERRUISSOL. On voit que le seuil de 1km<sup>2</sup>

de bassin versant, définit arbitrairement dans la méthodologie, conduit à ignorer bon nombre de vallons secs. Par ailleurs, il faut noter que cette technique, purement topographique, ne prend pas en considération les aspects hydrologiques et est fortement dépendante de la qualité des données altimétriques.

## 2 L'approche IRIP, méthode du Cemagref, France

### 2.1 Contexte et objectifs

L'approche IRIP (indicateur de l'aléa inondation par ruissellement intense pluvial) est d'étudier séparément **l'aléa (temporel) pluie** (durée, fréquence, intensité, extension spatiale) et **l'aléa spatial** qui seront croisés ensuite pour obtenir l'aléa inondation par ruissellement proprement dit pour créer une carte d'aptitude au ruissellement (Dehotin & Breil, 2011). Le croisement de cette carte avec les niveaux de vulnérabilité exposés au transfert et à l'accumulation permet de créer une carte de risque d'inondation par ruissellement.

Cette démarche vise donc à d'étudier le risque à partir de l'aléa spatial ruissellement, indépendamment de l'aléa pluie. Les auteurs mentionnent que la prise en compte de l'aléa temporel n'est pas réaliste sur de grands territoires dans le cadre de l'étude du ruissellement et doit être réservé aux études locales pour lesquelles les données nécessaires pourront être acquises.

### 2.2 Echelle d'analyse

IRIP a été conçu pour les applications au niveau local avec des collectivités, et répond à des questions auxquelles les méthodes uniquement topographiques ne peuvent apporter des réponses. Un raster de résolution 25m au sol est utilisé, la méthode est transposable à des pixels de plus grande taille.

Cette méthode est potentiellement applicable à toute la France. Des tests ont déjà été effectués sur de très grands bassins (7.000 à 10.000 km<sup>2</sup>).

### 2.3 Détails de la méthode

L'évaluation de l'aléa **spatial** inondation par ruissellement est une analyse au sol des conditions de sensibilité au ruissellement. Il s'agit donc de zonage comme il existe des exemples en géomorphologie ou en analyse d'images et cette évaluation est structurée en 2 grandes étapes (d'amont en aval):

#### 2.3.1 La cartographie des zones de production du ruissellement

L'approche prend en compte cinq facteurs (l'occupation des sols, l'épaisseur des sols, l'imperméabilité des sols, l'érodibilité des sols et le relief) qui sont simplement chiffrés sur une échelle arbitraire et additionnés, leur poids est considéré comme équivalent. Il s'agit donc d'une addition des cinq cartes relatives aux facteurs retenus. L'occupation est classée en fonction de son aptitude à favoriser la production du ruissellement. Les zones imperméabilisées prennent donc la valeur maximale (1) et les zones ayant des couverts végétaux (végétation plus ou moins pérenne) prennent au contraire la valeur minimale (0). Les zones agricoles peuvent augmenter la prédisposition d'une zone à la production du ruissellement. Sur de grands territoires les informations permettant de différencier différentes parcelles

agricoles sont soit imprécises soit indisponibles. Par défaut dans la méthode, les zones agricoles sont considérées comme ruisselantes (principe de précaution à vérifier sur les zones à risque).

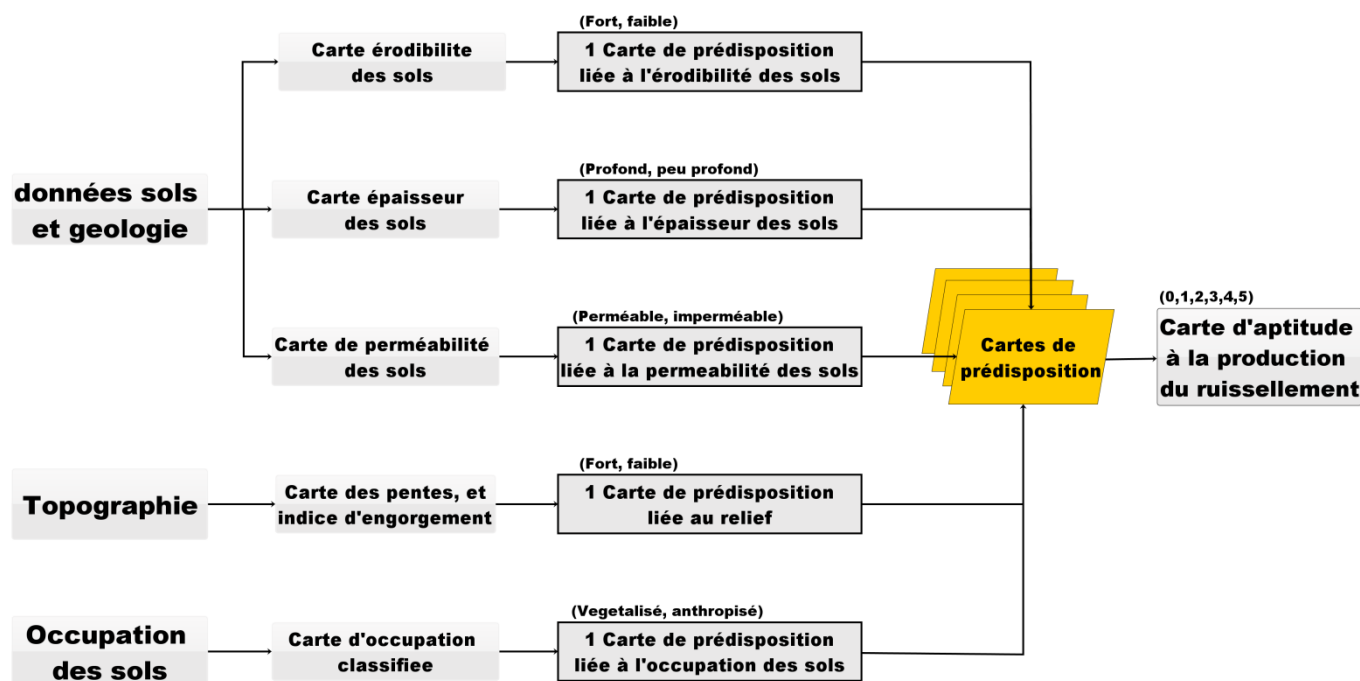


Figure 2. Cartographie de la carte de l'aptitude à la production du ruissellement

### 2.3.2 La cartographie des zones de transferts et d'accumulation

Sont ici cartographiées les zones réellement impactées par le ruissellement et qui ne sont pas forcément situées dans les zones de production ou d'érosion.

Ici la notion de transfert et de dynamique amont aval a été intégrée en utilisant une approche basée sur des indicateurs de cette dynamique. Un ensemble d'indicateurs de sensibilité au transfert et à l'accumulation du ruissellement a donc été formulé et utilisé :

- pentes locales,
- morphométrie des surfaces drainées,
- ruptures de pentes,
- production à l'amont dans la surface drainée,
- indices d'engorgement.

Les auteurs font l'hypothèse que l'exposition au ruissellement est liée à une conjonction de facteurs de sensibilité et non pas à un facteur unique.

#### 2.3.2.1 Transfert

La méthode consiste à générer, pour chaque pixel situé sur des éléments de voirie ou de talwegs, les descripteurs de la sensibilité liés à la production du ruissellement, plus ceux relatifs à la forme (indice de

Gravelius) et la pente des surfaces drainées (Figure 3). La rupture de pente prise en compte est celle qui accélère les flux (passage d'une pente faible à une pente forte).

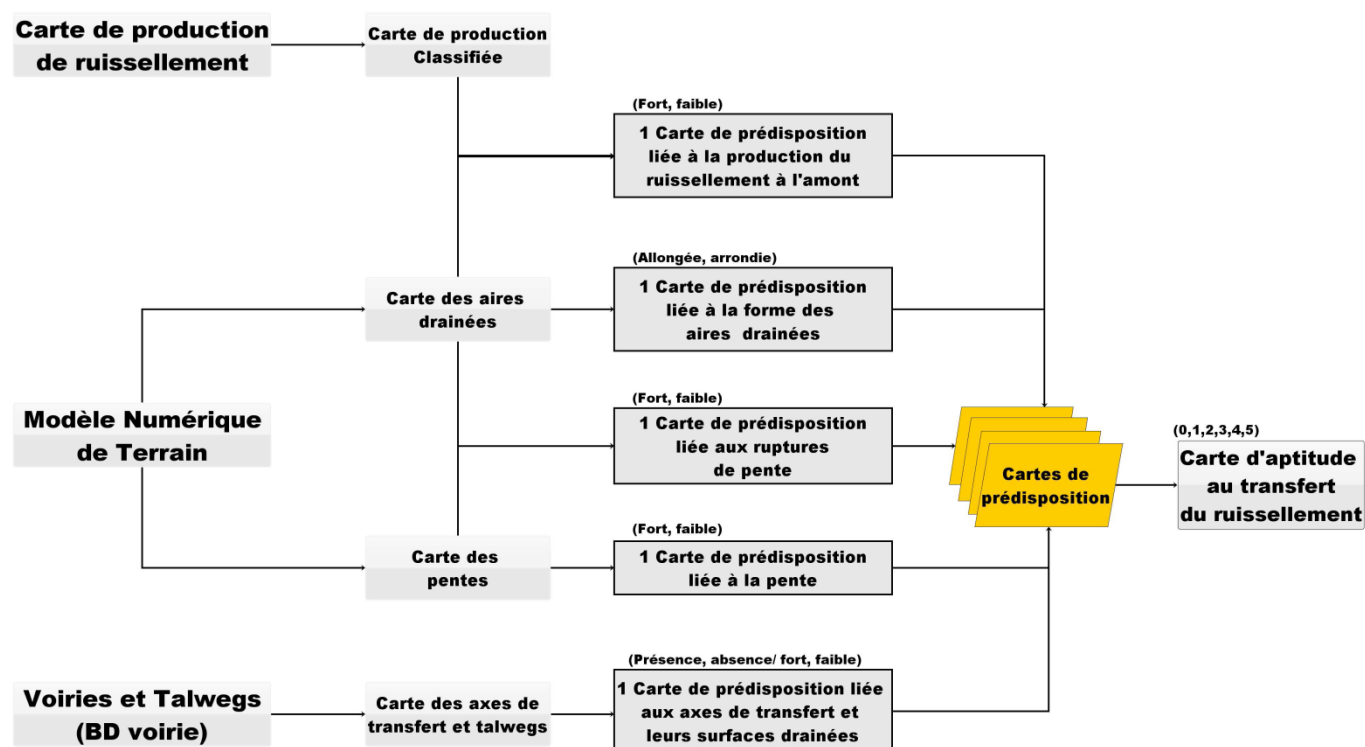


Figure 3. Cartographie de l'aptitude au transfert du ruissellement

### 2.3.2.2 Accumulation

Dans le cadre de la cartographie de l'accumulation, la rupture de pente utilisée est celle qui ralentit les écoulements (passage d'une pente forte à une pente faible).

L'indice d'engorgement est un indicateur du type indice topographique qui traduit ici la capacité d'une zone à se saturer plus souvent qu'une autre. Il est calculé par le logarithme du rapport entre la surface drainée et la pente (Figure 4).

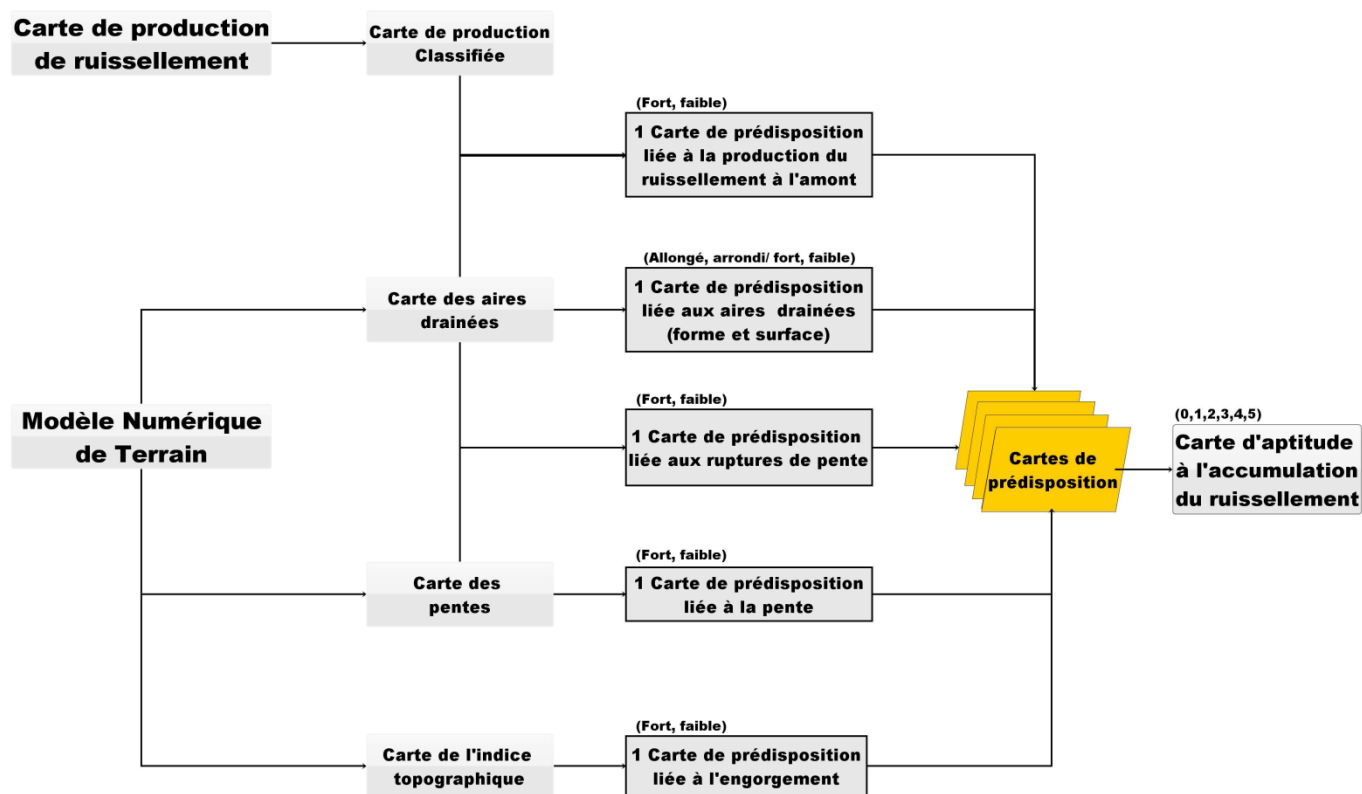


Figure 4. Cartographie de l'aptitude à l'accumulation du ruissellement

### 2.3.3 Les lieux pouvant être impactés par le ruissellement

Les cartes d'aptitude au transfert et à l'accumulation du ruissellement sont fusionnées pour créer la carte dite « d'aptitude aux sinistres » (Figure 5).



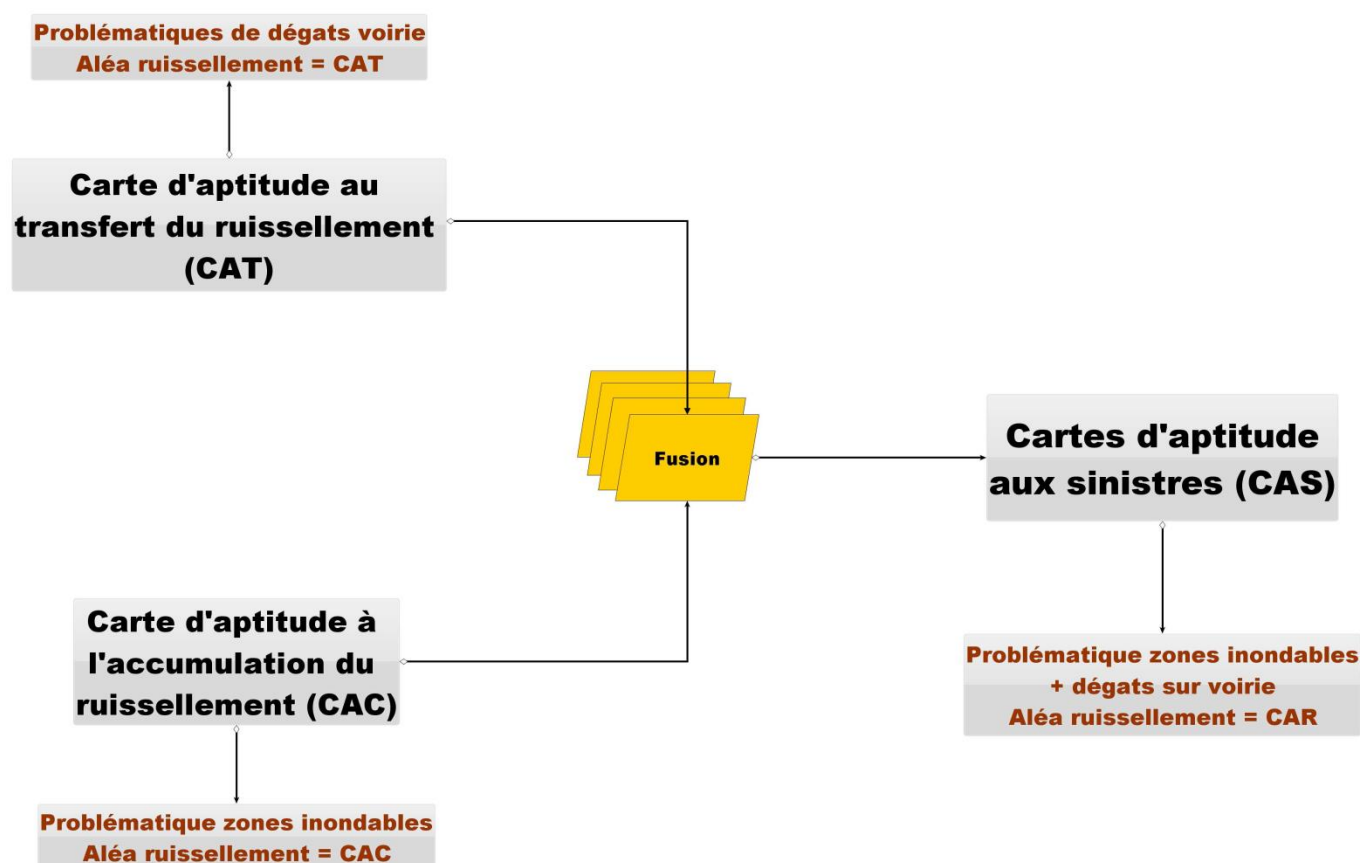


Figure 5. Détermination des cartes de sensibilité aux sinistres

## 2.4 Test de la méthode dans le contexte wallon

Cette méthodologie adopte en ce qui concerne la cartographie de la production du ruissellement, une démarche similaire à celle qui a été développée dans le cadre du projet ERRUISSOL (Gembloux Agro-Bio Tech 2006-2008), à une différence près : les cartes ERRUISSOL ont été réalisées pour des pluies de période de retour données (25, 50, 100 ans et une pluie exceptionnelle).

Les cartes de transfert utilisent des données existantes (carte des risque de ruissellement concentré ERRUISSOL) mais font également appel à des données qui ne sont pas à ce jour cartographiées de manière exhaustive sur toute la Région.

Une transposition de cette méthodologie est donc envisageable, moyennant quelques aménagements.

Un exemple de cartographie du ruissellement diffus, pour une pluie exceptionnelle de 60mm en 1h et avec l'occupation des sols de 2005, est présenté à la Figure 6.

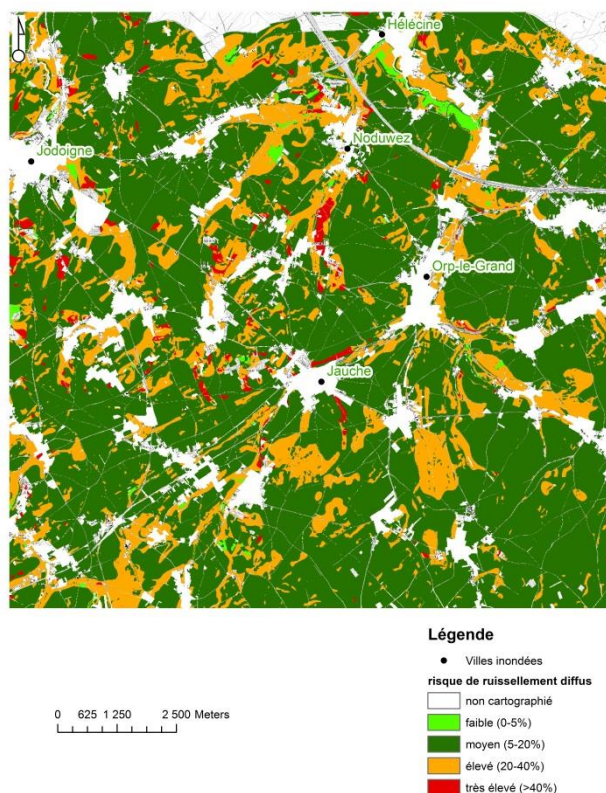


Figure 6. Risque de ruissellement diffus avec l'occupation du sol de 2005 et une pluie de 60 mm en 1h

### 3 Méthode de la DPPR, France

#### 3.1 Contexte et objectifs

A nouveau en France, la Direction de la Prévention des pollutions et des risques (DPPR) vise à réduire la vulnérabilité au ruissellement en effectuant des zonages réglementaires en matière d'aménagement du territoire et en imposant des mesures de maîtrise du ruissellement sur les secteurs amont des bassins versants, en prévoyant des emplacements inconstructibles capables de stocker les eaux pluviales ou préservant les lits majeurs, les axes d'écoulement (Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, 2004).

#### 3.2 Echelle d'analyse

Il s'agit d'une caractérisation au niveau communal du ruissellement.

#### 3.3 Détails de la méthode

##### 3.3.1 La détermination de l'aléa ruissellement

La détermination de l'aléa ruissellement est effectuée par une approche historique couplée à une démarche hydraulique simplifiée dans les zones de tête des bassins versant et une approche hydrologique et hydraulique dans les zones urbanisées.

L'approche historique et hydrogéomorphologique consiste en une identification naturaliste des zones à risque suivant des paramètres spécifiques (historique des épisodes antérieurs, repères de crue, pentes, coefficient de ruissellement, détermination des points sensibles au niveau de l'écoulement, etc.). Cette approche est présentée comme généralement suffisante pour qualifier l'aléa lorsque les enjeux exposés sont faibles.

La méthode hydraulique simplifiée permet une estimation quantitative, réalisée en déterminant les apports par les méthodes de calcul pseudo-déterministes (méthode rationnelle) et d'hydraulique simple (formule de Maning-Strickler, formule d'orifice et de déversoir). Cette approche est présentée comme adaptée pour appréhender les aléas au droit de points singuliers.

La statistique des intensités pluviales par bassin (de quelques hectares à quelques km<sup>2</sup>) est estimée grâce aux données de Météo France (analyses statistiques permettant de connaître aux différents pas de temps (6 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 1 heure, 2 heures, 3 heures, 6 heures, 12 heures et 24 heures) les précipitations pour les fréquences de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans).

Le débit prévisible des crues caractéristiques correspondant à des périodes de retour de 10ans, 100ans et exceptionnelle est déterminé par la formule Rationnelle

$$Q = K * C * I_p * S$$

Q : débit instantané maximal (m<sup>3</sup>/s) ;

K : constante pour homogénéiser les unités (K = 1/3,6) ;

C : coefficient de ruissellement « de pointe », dont la valeur est fixée à 0,9 pour les épisodes rares ;

I<sub>p</sub> : intensité de la pluie de durée égale au temps de concentration (mm/h) ;

S : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>)

Les zones inondables avec leurs hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont déterminées par la formule de Manning

La modélisation hydrologique et hydraulique est présentée comme adaptée en milieu urbain mais les 2 étapes précédentes combinées sont suffisantes sur le bassin versant amont.

Cette méthode comporte 3 étapes :

- La partie hydrologique :

Il s'agit de la transformation de pluie en débit. Les hypothèses de calcul sont introduites dans le modèle, basées sur des transformations de pluie journalière en pluie obtenue sur des plages de temps adaptées (4h, 6h...à définir en fonction du temps de réponse des bassins versants) avec une certaine forme d'hydrogramme (pluie homogène sur une certaine durée, pluie en double triangle).

- Les relevés topographiques
- La modélisation hydraulique :

Il s'agit d'une modélisation hydraulique 2D qui permet de connaître en chaque point du maillage la hauteur et la vitesse de l'écoulement. Une comparaison et un calage sur des événements passés sont toujours nécessaires tout comme un aller-retour entre l'hydrologie et l'hydraulique pour détecter d'éventuelles incohérences : par exemple, qu'un débit de période de retour 10 ans inonde l'ensemble d'un secteur alors que celui-ci n'a rien subi comme dommage depuis 20 ans, ou encore, inversement, qu'un secteur inondé chaque année ne le soit que pour un débit de fréquence rare.

### **3.3.2 Carte d'aléa**

Pour réaliser la carte d'aléa, il faut tenir compte, à l'échelle du bassin versant, de trois types de zones :

- les zones de production et d'aggravation de l'aléa,
- les zones d'écoulement et
- les zones d'accumulation.

Il faut aussi tenir compte de l'ensemble des paramètres de hauteurs d'eau, vitesse d'écoulement, vitesse de montée de l'eau, temps de submersion et transport solide. Il faudra aussi, pour fixer les niveaux d'aléa, tenir compte de la traduction de l'intensité de ces paramètres physiques en termes de dommages aux biens et de la gravité pour les personnes.

## **3.4 Test de la méthode dans le contexte wallon**

Les informations relatives à cette cartographie de l'aléa, bien que permettant une bonne compréhension générale de la démarche, ne permettent pas de reproduire la technique sur base des données wallonnes. Singulièrement la partie hydraulique de la méthode requiert une connaissance fine des sections d'écoulement du ruissellement, ce qui n'est pas disponible de manière systématique sur l'ensemble du territoire.

## **4 Méthode de l'Environment Agency, JBA Consulting, Royaume-Uni**

### **4.1 Contexte et objectifs**

La méthode britannique ici présentée, a été développée pour cartographier les inondations par des événements pluvieux extrêmes sur la région de Venise (Nord de l'Italie) mais pourrait dans son principe être appliquée à n'importe quelle région. Le postulat de base est que les inondations par ruissellement correspondent à l'excès de précipitation ruisselant sur le sol (Stowasser et al., 2011).

### **4.2 Echelle d'analyse**

Un raster de 5 m de résolution au sol est utilisé.

### **4.3 Détails de la méthode**

Les données nécessaires à cette méthode sont des données de pluie (sous la forme d'un hyétogramme), de sol (Coefficient de Manning, considérant 3 valeurs correspondant à 3 zones : urbain, péri urbain et rural) et un MNT.

#### 4.3.1 Calcul des valeurs de débit

Les données de pluie du hyétogramme sont converties en valeurs de débit en incorporant le type de sol et la saturation du sol (CN)<sup>1</sup> par l'équation suivante :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Avec,  $Q$ , le débit ;

$P$ , la hauteur de précipitation [mm] ;

$I_a$ , la perte initiale, qui est la part de l'averse qui s'infiltre en totalité avant le début de la montée de la crue =  $0.2 \cdot S$  ;

$S$ , un paramètre de rétention [mm] directement dépendant du CN.

#### 4.3.2 Modèle hydraulique JFlow

Ces valeurs de débits sont acheminées à travers le modèle 2D JFlow sur le MNT. Chaque pixel du MNT a ainsi une valeur de débit.

Par conséquent, à partir de hyétogrammes, coefficients de Manning et MNT, le modèle produit les données suivantes : la hauteur d'eau, la vitesse et le risque. Celui-ci est déterminé par la combinaison des hauteurs d'eau et des vitesses.

### 4.4 Test de la méthode dans le contexte wallon

L'approche utilisée est très similaire à ce qui a été développé dans le projet Giser (2009-2011) mais notre approche, qui a abouti au module SCS-Giser, tient en plus compte d'une fonction de transfert après la fonction de production citée ci-dessus.

## 5 Méthode des flash flood sur l'Arno, Italie

### 5.1 Contexte et objectifs

Cette méthode est centrée sur le risque de flash flood à l'échelle du bassin versant. La définition d'un flash flood utilisée ici est basée sur une pluie d'intensité fixée et un seuil maximal de dimension du bassin de 500km<sup>2</sup> (Brugioni et al.).

### 5.2 Echelle d'analyse

Les résultats sont calculés par micro-bassins versants et présentés pour le bassin de la rivière Arno (bassin de 9116 km<sup>2</sup>) mais la procédure est applicable à plus large échelle.

---

<sup>1</sup> La méthodologie de détermination du CN n'est pas documentée mais il est précisé que l'occupation du sol n'est pas prise en considération.

## 5.3 Détails de la méthode

### 5.3.1 Carte de période de retour d'un flash flood

La cartographie des périodes de retour d'une crue éclair est basée uniquement sur les courbes IDF et sur l'hypothèse qu'une crue éclair est une pluie de 50mm/h pendant 1h.

Les périodes de retour sont divisées en 4 classes : < 20ans, 20-50ans, 50-100ans, > 100ans (Figure 7).

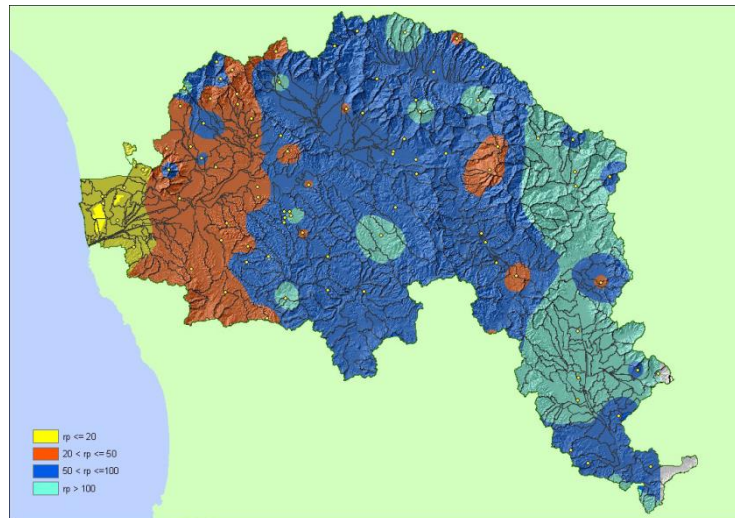


Figure 7. Carte des périodes de retour

### 5.3.2 Carte des temps de réponse

Pour chaque bassin d'une valeur seuil maximale de 500 km<sup>2</sup>, les temps de réponse hydrologiques du bassin sont classés en 4 intervalles (de quelques minutes à 6h) (Figure 8).

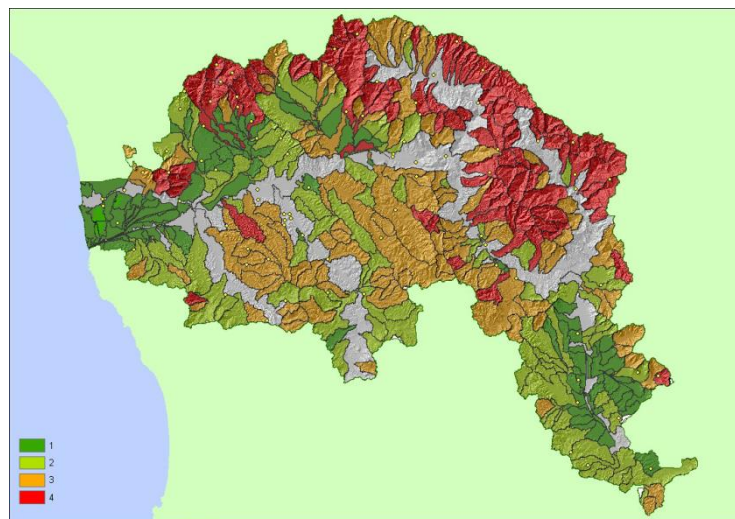


Figure 8. Carte des temps de réponse

### 5.3.3 Carte du risque de flash flood

La carte du risque de flash flood est obtenue par chevauchement des 2 cartes précédentes (Figure 9). La situation la plus probable pour qu'un flash flood se produise est la combinaison d'une probabilité élevée de la pluie définie et d'un court temps de réponse.



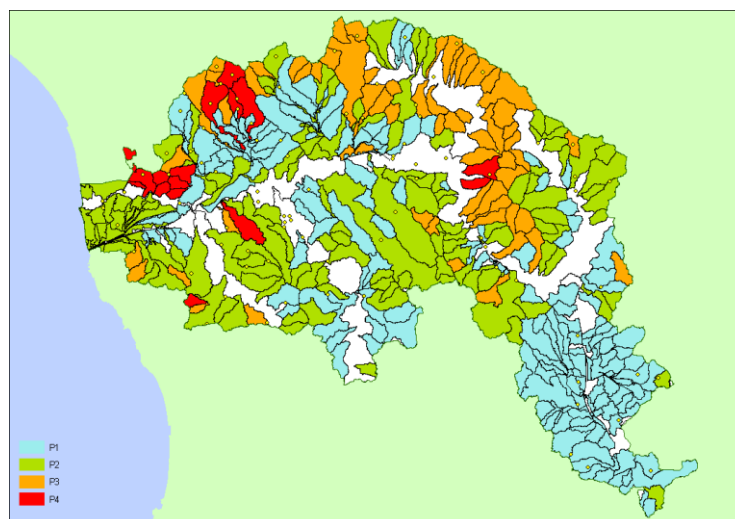


Figure 9. Carte du risque de flash flood (P1 = le plus bas – P4= le plus haut risque)

#### 5.4 Test de la méthode dans le contexte wallon

Les entités hydrologiques du bassin versant de la Gette, identifiées dans le WP2 ULg-GxABT du projet GISER 2009-2011, sont classées en fonction de leur temps de concentration (Figure 10). Celui-ci est estimé par le module SCS-GISER.

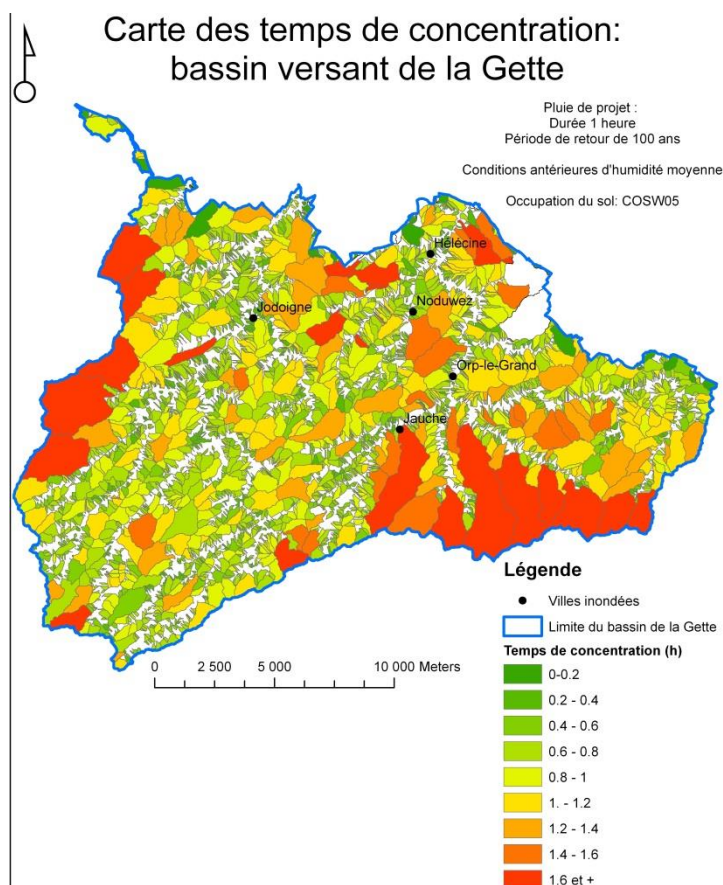


Figure 10. Carte des temps de concentration

Notons toutefois que dans cette carte a été réalisée en appliquant la méthode des autorités du bassin du fleuve Arno (point 5) et en respectant leur code couleur qui n'est peut-être pas le plus intuitif (long temps de concentration en rouge alors que situation plutôt favorable).

GISER – Cartographie de l'aléa inondation par ruissellement (mars 2013)





## 6 Méthode des flash flood sur la Salento peninsula, Italie

### 6.1 Contexte et objectifs

Cette seconde méthode d'origine italienne a pour but d'identifier la distribution des aires de flash flood avec différents degrés de risque dans une région où des flash flood se produisent de manière périodiques (Forte et al., 2005).

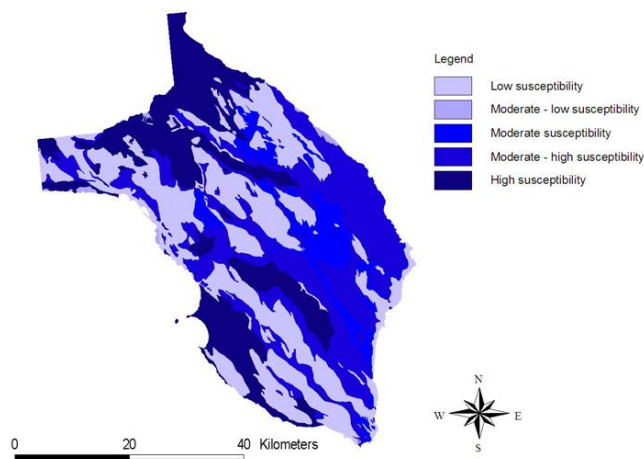
### 6.2 Echelle d'analyse

La méthode a été effectuée sur la Salento peninsula (Italie du sud) qui couvre 7000km<sup>2</sup>.

### 6.3 Détails de la méthode

#### 6.3.1 Identification de la distribution des inondations à l'échelle 1:25 000

Une carte montrant la susceptibilité d'inondation est réalisée avec une base de données contenant les municipalités touchées par des inondations et les études de terrain déjà réalisées et en considérant les facteurs menant aux inondations à savoir la lithologie et le réseau de fractures des unités stratigraphique, la pente et le ruissellement. Cette carte est utilisée pour créer des modèles digitaux afin d'attribuer des taux de susceptibilité (Figure 12).



**Figure 12. Carte du susceptibilité aux inondations de la péninsule Salento**

Une carte de la localisation des inondations est réalisée grâce aux carte de la géo-lithologique, de perméabilité et des précipitations. Cette carte permet d'identifier les facteurs d'aléa et la surface des aléas (Figure 13).

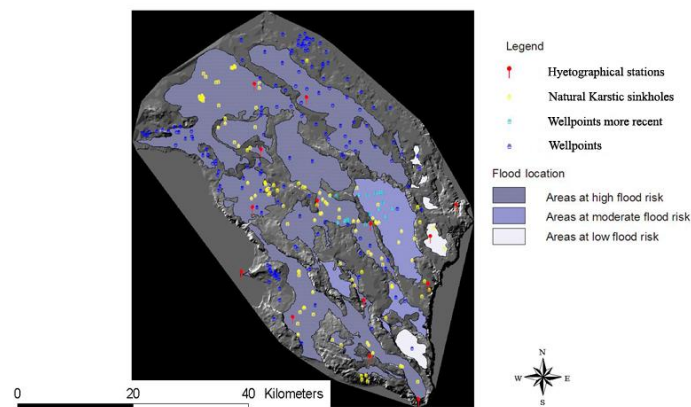


Figure 13. Carte de la localisation des inondations sur le MNT de la péninsule Salento

### 6.3.2 Cartographie du risque d'inondation

La cartographie du risque d'inondation est réalisée en liant les deux cartes précédentes à la carte des sols (le facteur de vulnérabilité aux inondations) et en utilisant, par la suite, des indices obtenus pour identifier les classes de risques.

## 6.4 Test de la méthode dans le contexte wallon

La description pour le moins sommaire de cette méthode permet d'en supposer la philosophie mais limite ses possibilités de tests et/ou de transposition à la Région wallonne.

## 7 Synthèse des méthodes issues de la littérature

Tableau 1. Tableau récapitulatif des méthodes

	<u>Aléa</u>			<u>Cartographie du risque</u>
	<u>Pluie</u>	<u>Hydrologie (sol, occupation du sol, cultures) en tout ou partie</u>	<u>Transfert et accumulation</u>	<u>Vulnérabilité</u>
Ifsttar, France		X (MNT)		
IRIP, France		X (Sol, Occ Sol)	X	X
DPPR, France	X	X (Coeff ruiss)		
JBA, Royaume-Uni	X	X (MNT, sol)		
Arno, Italie	X			
Salento peninsula, Italie		X (sol)		

Le Tableau 1 présente une vision récapitulative des méthodologies de cartographie de l'aléa de ruissellement. Aucune des méthodes n'est complète au sens hydrologique mais on peut identifier l'approche IRIP du Cemagref comme la plus aboutie.

Cette méthode présente en outre l'avantage d'être cohérente avec différentes cartographies précédemment établies en Wallonie, notamment dans le cadre du projet ERRUISSOL. Pour rappel, les cartes ERRUISSOL sont établies au format raster avec une résolution au sol de 10m.

La carte de production de ruissellement comprend un scénario pluie et une modélisation hydrologique. Les cartes de transfert du ruissellement ont aussi été générées par Erruissol mais les axes de concentration ont une limite d'utilisation liée à la résolution.

Un indice tel que l'indice d'engorgement de la méthode française peut être calculé sur base des données existantes. En revanche, il n'existe pas à ce jour de cartographie exhaustive de l'effet des voiries et infrastructures sur les reprises de ruissellement.

De plus, il s'agit d'une analyse qualitative et qui ne prend pas en compte la fréquence des événements.

Parmi les méthodes présentées, la première méthode italienne sur l'Arno se démarque par une cartographie à l'échelle de micro-bassins versants. Cette méthode nécessite le calcul des temps de concentration, ce qui est réalisable sur base des données existantes en Wallonie. De plus, le WP2GxABT du projet GISER1 a produit une cartographie des micro-bassins versants (exutoire = point d'entrée du ruissellement dans le cours d'eau), pouvant servir de base à une transposition de cette technique.

## **8 Transposition des méthodes dans le contexte wallon**

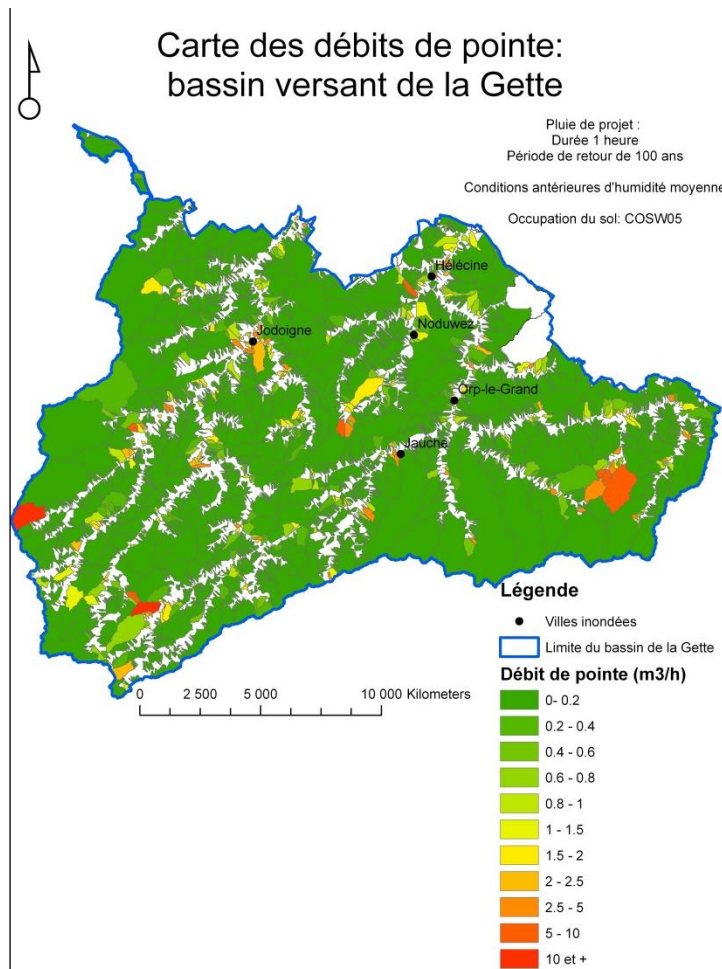
Mieux encore que la première méthode italienne sur l'Arno, sur base du module SCS GISER développé au cours du précédent projet, il est possible de classer les micro-BVs en fonction de leur débit de pointe.

A ce stade, il faut noter que ce calcul suppose la connaissance de l'occupation du sol dans les zones agricoles. Par mesure de précaution, un calcul de ruissellement potentiel devrait être réalisé, considérant toutes les terres agricoles (hors prairies permanentes) comme terre nue.

Ce choix ne doit pas faire oublier le potentiel de réduction du ruissellement que constituent de bonnes pratiques agricoles.

### **8.1 Test du classement des micro-bassins versants en fonction du débit de pointe**

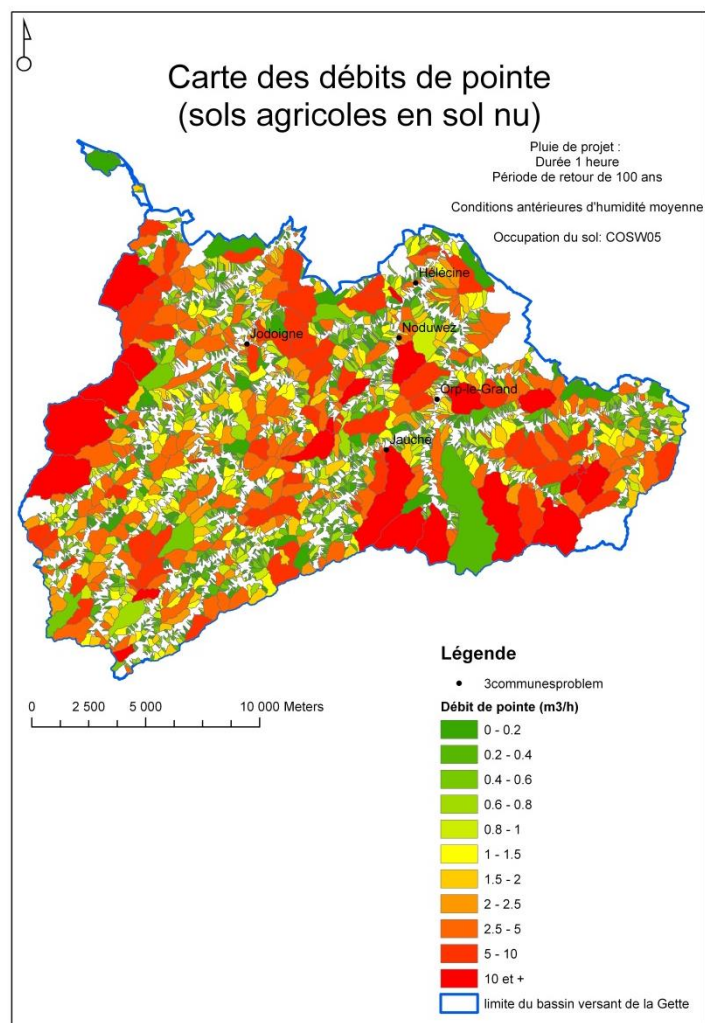
Les entités hydrologiques du bassin versant de la Gette identifiées dans le WP2 ULg-GxABT (projet GISER 2009-2011) sont classées en fonction de leur débit de pointe (Figure 14). Celui-ci est estimé par le module SCS-GISER.



**Figure 14. Carte des débits de pointe à l'exutoire pour le bassin versant de la Senne (pluie de projet 1h, période de retour de 100 ans, CN2, occupation du sol de 2005)**

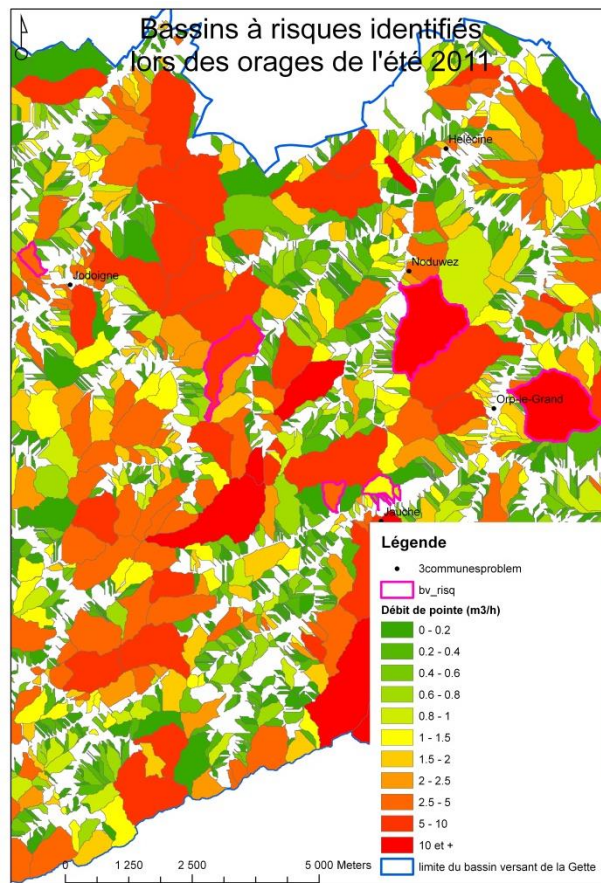
## **8.2 Test du classement des micro-bassins versants en fonction du débit de pointe : option sécuritaire**

Une simulation a aussi réalisée où les sols agricoles ont été considérés nus en veillant à conserver les prairies permanentes (Figure 15).



**Figure 15. Carte des débits de pointe en sol nu**

Les bassins identifiés à risque lors des orages de l'été 2011 ont été superposés à cette carte (Figure 16).



**Figure 16. Bassins à risque superposés sur la carte des débits de pointe en sol nu**

On constate, par ce test de transposition dans le contexte wallon, que les bassins versants problématiques sont parmi ceux identifiés. Cependant, cette méthode présente le désavantage de couvrir tout le territoire des micros bassins versants (Giser 2009-20011) sans identifier les zones d'écoulement.

# Méthodologie wallonne de cartographie de l'aléa d'inondation par ruissellement

---

Sur base des recherches bibliographiques présentées supra, une méthodologie à appliquer en Wallonie a été établie.

Le groupe transversal inondation et son groupe de travail dédié à la directive inondation ont pris attitude pour une utilisation de valeurs de débit de pointe calculé pour des pluies de différentes périodes de retour et ce à l'échelle des petits bassins versants secs. En termes de représentation cartographique, les axes ont été ciblés.

La méthodologie retenue se base sur des données disponibles partout en Wallonie et notamment les cartographies ERRUISSOL et les outils de calcul développés dans le cadre du projet GISER :

- des relations IDF qui permettent de générer différents scénarios de pluie commune par commune (durée et période de retour à déterminer) ;
- un MNT de résolution 10m au sol ;
- une cartographie des groupes hydrologiques de sol ;
- une cartographie de l'occupation du sol ;
- une cartographie des bassins versants secs (exutoires = points d'entrée dans le cours d'eau du réseau hydrographique DGARNE) ;
- Un outil de calcul permettant de modéliser la relation pluie débit et d'extraire l'hydrogramme de crue des petits bassins versants secs, outil construit pour des couches cartographiques de résolution 10m au sol (ERRUISSOL).

Cette méthodologie a été au préalable testée par Giser sur le bassin versant de la Meuse avant sa généralisation à l'échelle de la Région Wallonne.

## 1 Choix de 3 périodes de retour pour les précipitations

Des périodes de retour de 25, 50, 100 ans et une période de retour extrême (100+30%) ont été choisies pour être en cohérence avec la cartographie de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau que demande l'Europe.

## 2 Choix de la durée de pluie

Une pluie courte doit être privilégiée vu les événements que l'on souhaite représenter. La situation la plus critique en terme de débit ayant lieu lorsque la durée de la pluie atteint le temps de concentration, il serait nécessaire de calculer les temps de concentration des bassins versants secs (près de 150000, établi dans le projet GISER 2009-2011). Les temps de concentration sont représentés à la figure 18 pour les



bassins de la Dyle, de la Meuse et de la Senne. Sur base de ces éléments, une durée de la pluie a été fixée à 1h pour tous les micro-bassins versants.

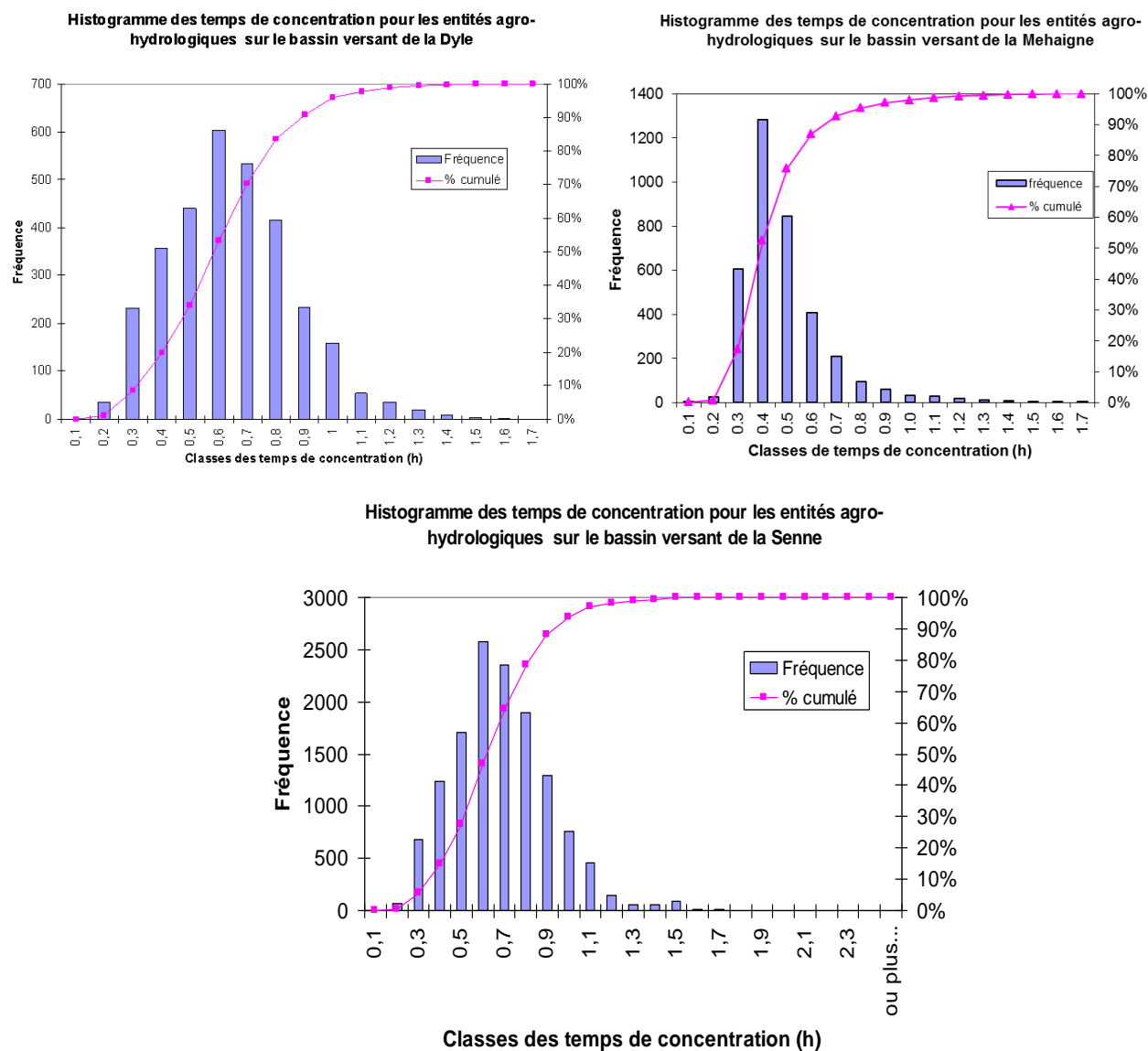


Figure 17. Histogramme des temps de concentration (Senne, Dyle et Meuse)

### 3 L'effet hydrologique de la couverture du sol

L'effet hydrologique de la couverture du sol dans la zone agricole est variable d'une année à l'autre (en fonction du type de culture) mais aussi au cours de l'année (en fonction du développement végétatif et des opérations culturales). Seules les prairies permanentes peuvent être considérées comme ayant un effet hydrologique constant.

Il a donc été décidé de considérer les terres arables comme des sols nus à l'exception des prairies permanentes.



## 4 Matrice de l'aléa de ruissellement

Par analogie avec la matrice de détermination de l'aléa par débordement de cours d'eau, le débit de pointe a été utilisé pour déterminer l'ampleur de l'événement. En effet, il synthétise la propension à ruisseler, la taille et le réseau d'écoulement du bassin versant. La période de retour utilisée est celle de la précipitation (Figure 18).

Le calcul par le module SCS-Giser (projet Giser) est réalisé avec un état hydrologique initial à la capacité au champ permettant de considérer que la période de retour du débit est équivalente à celle de la pluie.

T25	Elevé	M	E	E
T50	Moyen	M	M	M
T100	Faible	F	F	M
Textrême	Très faible	Tf	Tf	Tf
		Faible	Moyen	Elevé
		Qp		

**Figure 18. Matrice d'aléa inondation par ruissellement**

Le débit de pointe est calculé à l'exutoire de chaque petit bassin versant sec. Ensuite, par règle de 3, basée sur la surface contributive, chaque pixel d'un bassin versant peut se voir attribuer un débit de pointe propre au pixel.

$$Q_{pp} = \frac{Q_p * S_p}{S_{bv}}$$

Avec

$Q_{pp}$  : le débit de pointe associé à un pixel donné

$Q_p$  : le débit de pointe de l'exutoire du BV auquel appartient le pixel p

$S_{bv}$  : la superficie du bassin versant

$S_p$  : la surface contributive du pixel p (données de Flow Acc d'ArcGis générées lors d'Erruissol)

## 5 Classification des débits de pointe par pixel

Après analyse des histogrammes (Figure 19) des valeurs de débit de pointe par pixel présentes sur le bassin versant de la Mehaigne pour les 3 périodes de retour et considérant que la première classe ne doit pas commencer à zéro, les 3 classes suivantes ont été fixées :

- 0,5 - 1m<sup>3</sup>/s = faible
- 1 - 5m<sup>3</sup>/s = moyen
- > 5 m<sup>3</sup>/s = élevé

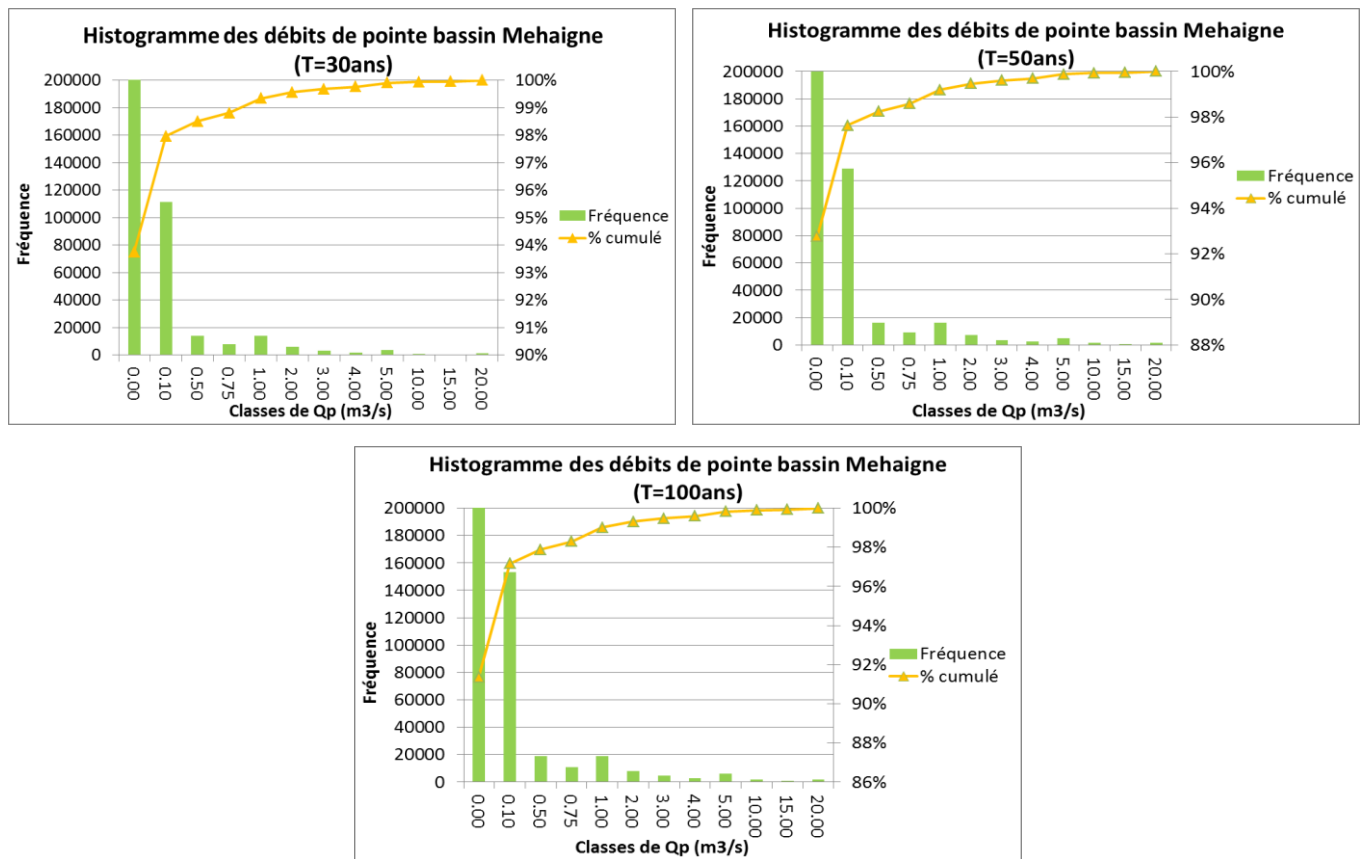


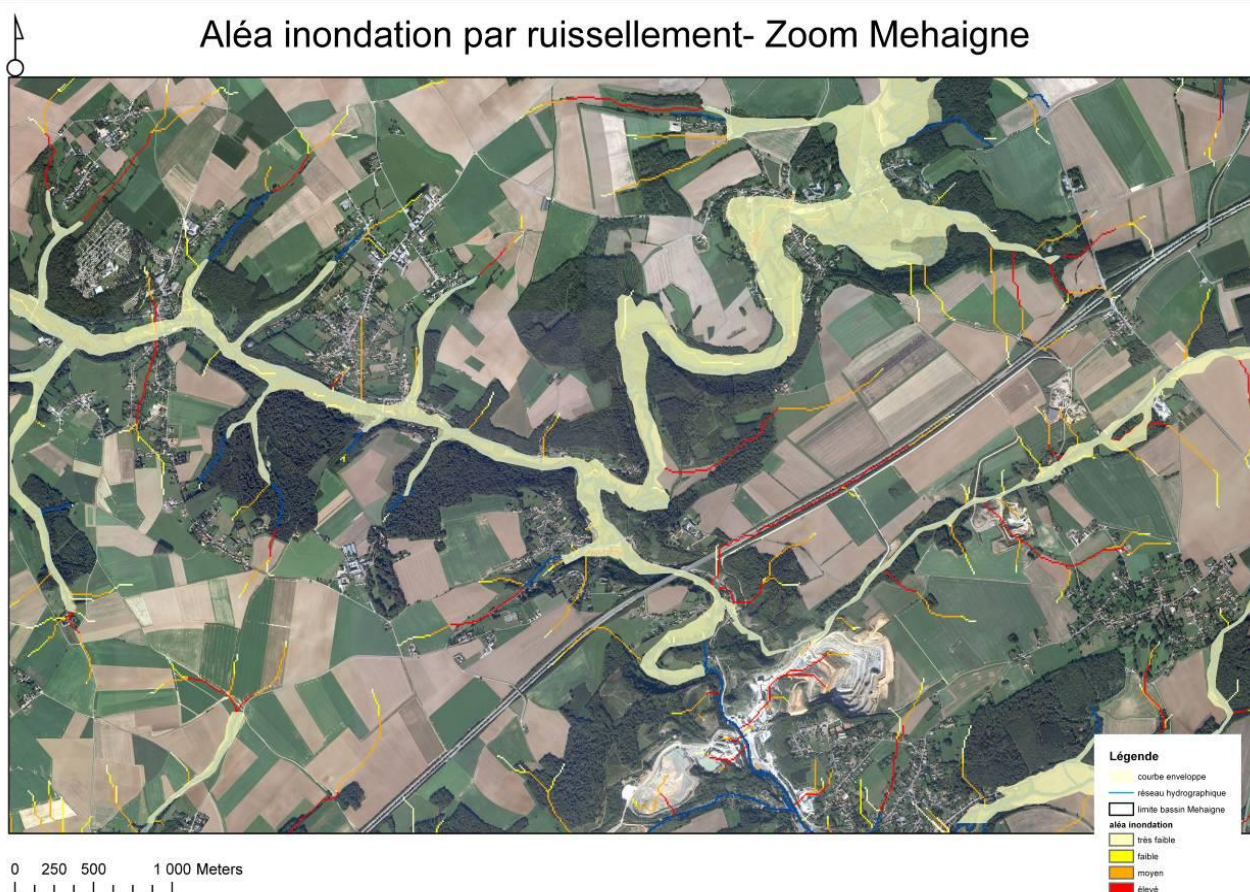
Figure 19. Histogramme des débits de pointe par pixel (Mehaigne)

Ces classes ont, par la suite, été appliquées à l'ensemble de la Wallonie.

## 6 Représentation cartographique

L'aléa inondation par ruissellement est superposé à l'aléa par débordement. Le positionnement des axes de ruissellement est bien entendu dépendant de la précision de la donnée altimétrique de base (10m). De plus, les infrastructures qui peuvent engendrer des reprises de ruissellement ne sont pas prises en compte, par manque d'information systématique sur l'ensemble du territoire wallon.

Il convient donc d'interpréter en conséquence cette carte. Cette méthode a été testée, en première approche, sur la zone de la Mehaigne. A titre d'exemple du résultat, un extrait de la carte d'aléa d'inondation sur la Mehaigne, avec l'aléa par ruissellement superposé aux zones d'aléa par débordement, est présente à la Figure 20.



**Figure 20. Aléa inondation par ruissellement, zoom sur la Mehaigne**

Après développement de cette méthode sur toute la région wallonne de 16 844 km<sup>2</sup>, il ressort qu'avec ces seuils proposés, les surfaces concernées sont les suivantes :

- 21.85km<sup>2</sup> en zone d'aléa très faible
- 16.3km<sup>2</sup> en zone d'aléa faible
- 43.89km<sup>2</sup> en zone d'aléa moyen
- 29.25km<sup>2</sup> en zone d'aléa élevé

pour une superficie totale de 110km<sup>2</sup> couverte par un aléa.

Ci-dessous, la proportion dans chacun des bassins (Figure 21).

Notons encore que le manque de précision de la donnée altimétrique dans les zones urbaines denses ne permet pas le calcul de cet aléa.

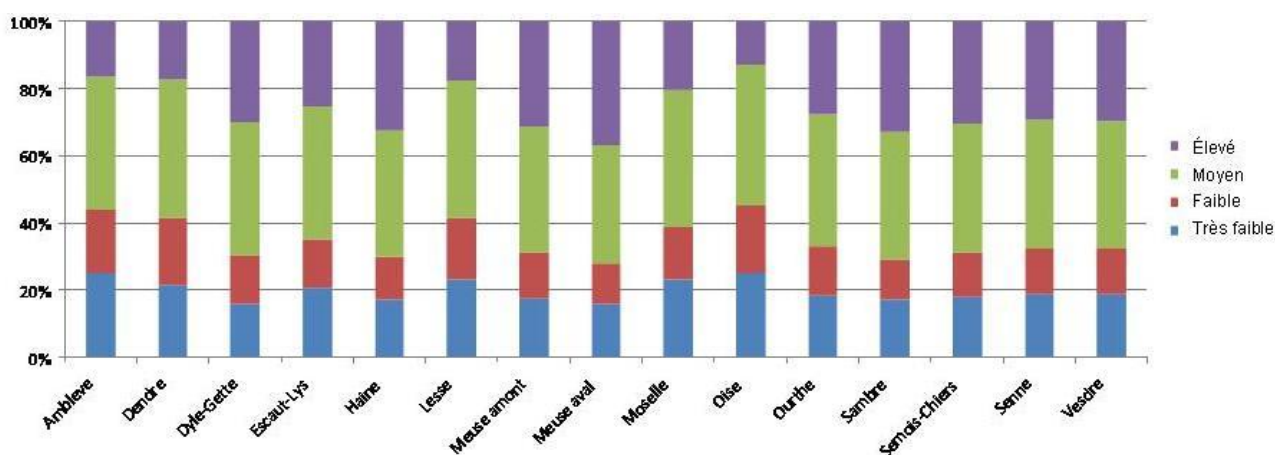


Figure 21. Proportion des surfaces dans chacun des bassins

## 7 Conclusion

La démarche proposée permet de cartographier l'aléa d'inondation par ruissellement dans les zones agricoles à moyennement urbanisées. Cet aléa prend en considération la topographie (axes Erruissol) mais également les types de sols, l'occupation du sol et les courbes IDF de précipitation. Elle propose une cartographie linéaire qui se veut un complément de la cartographie de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau. Cette cartographie de l'aléa d'inondation est disponible sur le géoportail de la Wallonie, qui renvoie au lien suivant : <http://geoapps.wallonie.be/inondations>.

## Bibliographie

Payrastre O., Néron A., Gaume E., 2011. *EPRI, Mission ruissellement et crues soudaines*, Rapport final, Laboratoire central des ponts et Chaussées, Nantes, France.

Dehotin, J., P. Breil, 2011. Rapport technique du projet IRIP : Cartographie de l'aléa ruissellement, Cemagref-Publications, France.

Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, 2004. *Plans de prévention des risques naturels (PPR) Les risques d'inondation Le ruissellement péri-urbain*, Direction de la Prévention des pollutions et des risques, Paris, France.

Stowasser, M., Bánovský, I., Buonomo, E., Buontempo, C., Duveau, T., Ford, C., Toothill, J. and Tschudi, S., 2011. Climate Change and Extreme Surface Flooding in Northern Italy. *Geophysical Research Abstracts*, 13, 2011-7649.

Brugioni M., Mazzanti B., Franceschini S., How meaningful is flash flood risk mapping?, Acte de colloque.

Forte F., Pennetta L., Strobl R. O., 2005. Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy), *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 833–844.

Contact :

Cellule GISER  
c/o SPW-DGO3-DDR  
Av. Prince de Liège 7  
5100 Jambes  
081 336 471  
[nathalie.pineux@ulg.ac.be](mailto:nathalie.pineux@ulg.ac.be)  
[aurore.degre@ulg.ac.be](mailto:aurore.degre@ulg.ac.be)