

Mémoire de Master 2 :  
« *Cartographie et Gestion de l'Environnement* »



***Cartographie des risques de ruissellement  
sur le Bassin de la Sèvre Nantaise***



Réalisé par **Franck BINJAMIN**,  
Sous la direction d'**Antoine CHARRIER**, Coordinateur Rivières / Inondations.

Référents universitaires : **Christine LAMBERTS** et **Fabrice RODRIGUEZ**

Septembre 2009



Mémoire de Master 2 :  
*« Cartographie et Gestion de l'Environnement »*

---

**Cartographie des risques de ruissellement  
sur le Bassin de la Sèvre Nantaise**

---

Sur la première page de couverture, les deux photographies prises en octobre 2008 représentent des exemples de ruissellement concentré sur le Bassin de la Sèvre Nantaise.

**Institution Interdépartementale  
du Bassin de la Sèvre Nantaise**  
16 cours Bayard  
85036 LA ROCHE SUR YON Cedex  
Tél : 02 51 07 02 16 – Fax : 02 51 46 28 81  
[www.sevre-nantaise.com](http://www.sevre-nantaise.com)

**Université de Nantes  
Faculté des Sciences et Techniques**  
2 rue de la Houssinière  
BP92208 NANTES Cedex 3  
Tél : 02 51 12 52 12 – Fax : 02 51 12 52 52  
[www.sciences-techniques.univ-nantes.fr](http://www.sciences-techniques.univ-nantes.fr)

# REMERCIEMENTS

---

Je tiens à remercier Antoine CHARRIER, mon maître de stage pour m'avoir permis de réaliser ce stage, pour tous ses conseils, sa patience et sa bonne humeur pendant toute la durée de ce stage.

Je voudrais remercier M. LUSTGARTEN, directeur de l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise pour son accueil et confiance qu'il m'a accordé durant ce stage.

Je voudrais remercier tout personnellement Sophie BLARD pour toute l'aide qu'elle m'a apporté durant ce stage, ses conseils en SIG, sa relecture du rapport, son écoute et sa cuisine.

Je remercie toute l'équipe de l'IIBSN pour leur accueil, leur disponibilité, leur aide à la relecture, leur soutien.

Je remercie Mme LAMBERTS et M. RODRIGUEZ, mes tuteurs universitaires pour leur suivi, et toute l'aide qu'ils m'ont proposé.

Je voudrais remercier les organismes qui m'ont fourni les données dont j'avais besoin et toutes les personnes qui m'ont accordé du temps pour cette étude.

Enfin, je voudrais remercier mes parents, pour leur soutien depuis toutes ces années.

## **SIGLES ET DES ABREVIATIONS**

---

**ASNA** : Association de la Sèvre Nantaise et de ses affluents

**Bd** : Base de données

**CLC** : Corine Land Cover

**CLE** : Commission Locale de l'eau

**CN** : Curve Number

**CPIE** : Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement

**CRBV** : Contrat Régional de Bassin Versant

**CRE** : Contrat de Restauration et d'Entretien de la Rivière

**DCE** : Directive Cadre sur l'eau

**DDEA** : Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture

**DRAAF** : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Forêts.

**EPTB** : Etablissement Public Territorial de Bassin

**IFEN** : Institut Français de l'Environnement

**IAAT** : Institut Atlantique d'Aménagement des territoires

**IGCS** : Inventaire, Gestion et Conservation des Sols

**IGN** : Institut Géographique National

**IIBSN** : Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise.

**INHP** : Institut National d'Horticulture et de Paysage

**INRA** : Institut National de Recherche Agronomique

**MEEDDAT** : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

**MNT** : Modèle Numérique de Terrain

**PAC** : Politique Agricole Commune

**PAPI** : Programme d'Actions de Prévention des Inondations

**PLU** : Plan Local d'Urbanisme

**PPR** : Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles

**RGA** : Recensement Général Agricole

**RNP** : Référentiel Régional Pédologique

**RPG** : Référentiel Parcelaire Graphique

**RUM** : Réservoir Utile Maximal

**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SCEES** : Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques

**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SCS** : Soil Conservation Service

**SIG** : Système d'Information Géographique

**UCS** : Unités Cartographiques de Sol

**UTS** : Unités Typologiques de Sol

# SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE</b> .....	<b>2</b>
1.1 LE BASSIN DE LA SEVRE NANTAISE.....	2
1.1.1 Situation géographique.....	2
1.1.2 Milieu physique.....	3
1.1.3 Un bassin fortement anthropisé.....	6
1.2 L'IIBSN : UNE GESTION A L'ECHELLE DU BASSIN .....	9
1.2.1 Historique de la structure.....	9
1.2.2 Une structure coordinatrice de l'eau à l'échelle du bassin .....	10
1.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....	12
1.3.1 Le SDAGE Loire Bretagne .....	12
1.3.2 Le SAGE Sèvre Nantaise .....	12
1.3.3 Le PAPI .....	13
<b>2 LA PROBLEMATIQUE DU RUISSELLEMENT</b> .....	<b>16</b>
2.1 DEFINITION DES CONCEPTS .....	16
2.1.1 D'un point de vue hydrologique .....	16
2.1.2 D'un point de vue géographique .....	18
2.2 LES PARAMETRES INFLUENÇANT LE RUISSELLEMENT .....	23
2.2.1 Le ruissellement diffus.....	24
2.2.2 La concentration du ruissellement.....	26
2.3 LES FACTEURS AGGRAVANTS.....	26
2.3.1 L'aléa climatique.....	26
2.3.2 Le ruissellement diffus .....	26
2.3.3 Le ruissellement concentré .....	27
2.3.4 L'apparition de crues .....	28
<b>3 DONNEES ET METHODE</b> .....	<b>29</b>
3.1 OBJECTIFS DU STAGE .....	29
3.2 ECHELLE DE L'ETUDE .....	29
3.3 GENERALITES SUR LES SIG .....	29
3.3.1 Les données vecteur.....	30
3.3.2 Les données raster .....	30
3.4 METHODES.....	30
3.4.2 Les données existantes.....	32
3.4.3 La disponibilité des données nécessaires à l'étude .....	33
3.4.4 Les données demandées.....	37
3.4.5 Les logiciels d'analyse spatiale utilisés.....	37
3.5 ORGANISATION DE L'ETUDE.....	38
3.6 VALIDATION DES RESULTATS.....	38
<b>4 TRAITEMENTS REALISES ET ANALYSES</b> .....	<b>40</b>
4.1 CONSTITUTION DES DIFFERENTES COUCHES D'INFORMATION .....	40
4.1.1 L'aléa pluviométrie.....	40
4.1.2 La déclivité de la pente .....	40
4.1.3 L'occupation du sol .....	41
4.1.4 La sensibilité du sol au ruissellement .....	41
4.1.5 La surface drainée cumulée.....	41
4.1.6 Les arrêtés Catastrophes Naturelles.....	42

---

4.2	CROISEMENTS REALISES .....	42
4.2.1	<i>Le calcul du coefficient de ruissellement par la méthode SCS .....</i>	42
4.2.2	<i>L'établissement de la sensibilité du bassin versant au ruissellement diffus .....</i>	43
4.2.3	<i>La cartographie de l'aléa ruissellement diffus .....</i>	43
4.2.4	<i>La cartographie de l'aléa ruissellement concentré .....</i>	43
4.3	RESULTATS ET ANALYSES .....	43
4.3.1	<i>Les arrêtés Catastrophes Naturelles.....</i>	43
4.3.2	<i>Les différents paramètres.....</i>	44
4.3.3	<i>L'analyse spatiale multicritère .....</i>	45
4.4	VALIDATION DES RESULTATS.....	46
<b>5</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>47</b>
5.1	ASPECTS CRITIQUE DU MODELE .....	47
5.2	RECOMMANDATIONS POUR DES ETUDES A UNE ECHELLE PLUS FINE.....	47
5.2.1	<i>Les données concernant le modèle pouvant être améliorées .....</i>	48
5.2.2	<i>Montrer l'impact des paramètres sur le risque d'inondation.....</i>	49
5.3	RECOMMANDATIONS DE GESTION DES ZONES IDENTIFIEES .....	49
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>51</b>



# INTRODUCTION

Le bassin de la Sèvre Nantaise est structuré par un réseau dense de cours d'eau, sur un territoire fortement anthropisé. Une partie de la population, vivant à proximité des cours d'eau, est ainsi soumise aux risques de crues et d'inondations. Cette situation induit, lorsque les biens et les personnes sont touchés, un coût pour l'Etat et les collectivités territoriales. Ce coût est d'autant plus élevé que la crue est importante, que le cours d'eau est urbanisé et les populations sont peu préparées à faire face à ces événements. La mise en place d'un programme d'actions efficaces dans le cadre d'une stratégie globale de réduction du risque d'inondation sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise nécessite la mobilisation des différents acteurs du bassin et de moyens techniques et financiers.

Le bassin de la Sèvre Nantaise est soumis à des crues rapides de plus en plus fréquentes. Ces crues sont favorisées par un ruissellement important qui accélère le débit de pointe des crues. Les connaissances du fonctionnement du ruissellement sont encore faibles sur le bassin versant et les risques ne sont définis que de manière très générale. Le bassin est le siège d'une agriculture et d'une industrie forte. Cela induit des risques qui peuvent s'avérer localement importants. En effet, Les pratiques agricoles ont fortement évoluées ces trente dernières années, et évoluent encore, modelant toujours différemment le paysage. Certaines de ces pratiques modifient fortement les conditions de ruissellement en cas de pluies fréquentes. En parallèle, l'imperméabilisation des sols du bassin versant par l'extension des zones urbaines ou des voiries contribue elle aussi à l'accélération des écoulements. Les vallées de la Sèvre nantaise, de la Maine et de la Moine sont relativement urbanisées. La maîtrise des ruissellements agricole et urbain par une gestion pertinente de l'occupation des sols est une étape clé dans l'écroulement des crues fréquentes. Avant tout projet de réorganisation du paysage agricole ou urbain, il est important d'avoir une vue précise de ces pratiques permettant de cibler au mieux les actions à mettre en place.

La problématique de cette étude se pose ainsi : Comment prévenir le risque d'inondations sur le bassin de la Sèvre Nantaise ? Pour pouvoir y répondre, nous avons besoin de connaître les principaux facteurs du ruissellement, savoir comment ils se manifestent localement pour pouvoir identifier les zones à risque de ruissellement. Ainsi, les acteurs pourront mieux choisir où doivent être engagées des actions pour limiter les impacts du ruissellement.

Après avoir présenté le contexte général de l'étude et identifié les différents processus en jeu dans le temps et l'espace, la méthode et les données utilisées seront explicités. Puis, les traitements cartographiques réalisés seront présentés et analysés. Enfin, les résultats seront discutés et des recommandations de gestion sur les zones à risque identifiées seront abordées.

# 1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Afin de bien comprendre pourquoi cette problématique a été posée, il convient de présenter le bassin versant et ses contraintes, puis de montrer la manière dont est gérée l'eau et son territoire et enfin le cadre réglementaire où s'inscrit cette étude.

## 1.1 Le bassin de la Sèvre Nantaise

La Sèvre Nantaise prend sa source en amont de Moncoutant (sur la commune du Beugnon) dans le département des Deux-Sèvres (79) et s'écoule sur 136 km à travers les départements de la Vendée (85), de Maine-et-Loire (49) et de la Loire-Atlantique (44). Elle se jette dans la Loire au niveau de la ville de Nantes.

### 1.1.1 Situation géographique

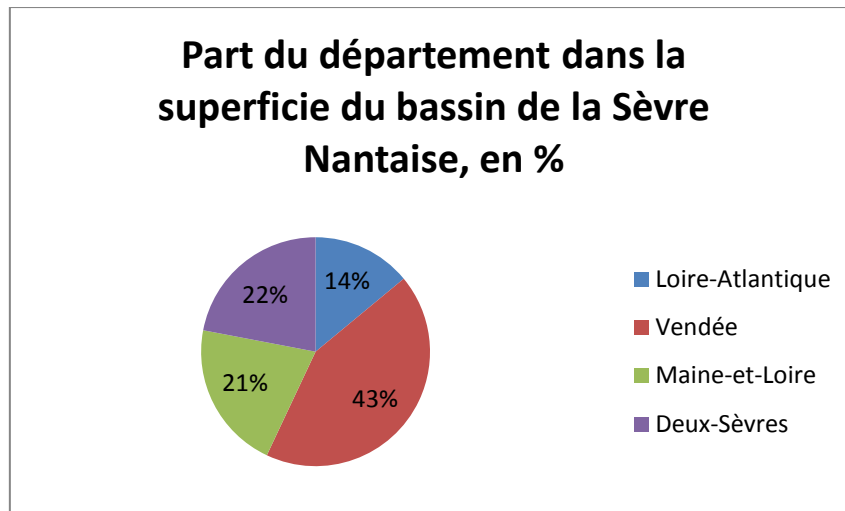
Le bassin versant de la Sèvre Nantaise appartient au bassin Loire-Bretagne (carte 1a).

Suite à la mise en place d'un SIG et à l'utilisation d'un MNT, la délimitation du bassin versant a été précisée.

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise s'étend sur 2350 km<sup>2</sup>. Il est drainé sur 136 km par la Sèvre Nantaise et par ses affluents principaux que sont la Maine, la Moine, la Sanguèze et l'Ouin. Il s'étend sur deux régions (Pays de la Loire et Poitou-Charentes), 4 départements (Vendée, Maine-et-Loire, Loire-Atlantique, et Deux-Sèvres). 134 communes sont concernées en totalité ou en partie (tableau 1, figure 1, carte 1b).

Département	Nombre de communes concernées par le SAGE	Superficie du département dans le bassin, en km <sup>2</sup>	Part du département dans la superficie du bassin, en %
Loire-Atlantique	24	331	14
Vendée	52	1019	43
Maine-et-Loire	29	492	21
Deux-Sèvres	29	508	22
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>2350</b>	<b>100</b>

**Tableau 1** : Nombre de communes concernées par département et superficie du département incluse dans le bassin. (IIBSN, Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin de la Sèvre Nantaise, 2003).



**Figure 1** Part du département dans la superficie du bassin (ce travail).

## 1.1.2 Milieu physique

### 1.1.2.1 *Un relief amont-aval contrasté*

La Sèvre Nantaise prend sa source dans le département des Deux-Sèvres, à 215 m d'altitude, et après un parcours de 136 km, se jette dans la Loire à Nantes, à une altitude de 5 m.

On distingue deux zones : une zone en amont de Mallièvre où les reliefs sont peu marqués mais entaillés par des vallées profondes et étroites et une zone aval où les reliefs sont plus marqués mais avec des vallées plus ouvertes (carte 1c).

La dénivellation totale est d'environ 210 mètres, soit une pente moyenne de 0,16 %. La Sèvre Nantaise a une pente assez forte mais irrégulière le long de sa trajectoire.

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise est localisé au sud du massif Armoricaïn. Le substratum est formé par des roches métamorphiques (schistes principalement) issues de dépôts sédimentaires du primaire ancien au précambrien (carte 1d).

L'orogénèse hercynienne, qui a donné à l'ensemble du massif Armoricaïn ses orientations structurales Est-Ouest a favorisé l'intrusion de massifs plutoniques (granites principalement).

Les formations sédimentaires sont quasiment absentes ; on retrouve des sables, argiles et cailloutis sur les plateaux en limite ouest de bassin versant et des dépôts alluvionnaires subactuels dans les fonds de vallées.

Le sous-sol est donc majoritairement imperméable et dépend du degré de fissuration de ces roches (SCE et IIBSN, 2000).

### *1.1.2.2 Des sols hydromorphes*

Les sols sont à prédominance acides, de texture sablo-limoneuse, relativement hydromorphes, ce qui explique l'importance de la pratique du drainage (SCE et IIBSN, 2000).

### *1.1.2.3 Une pluviométrie moyenne*

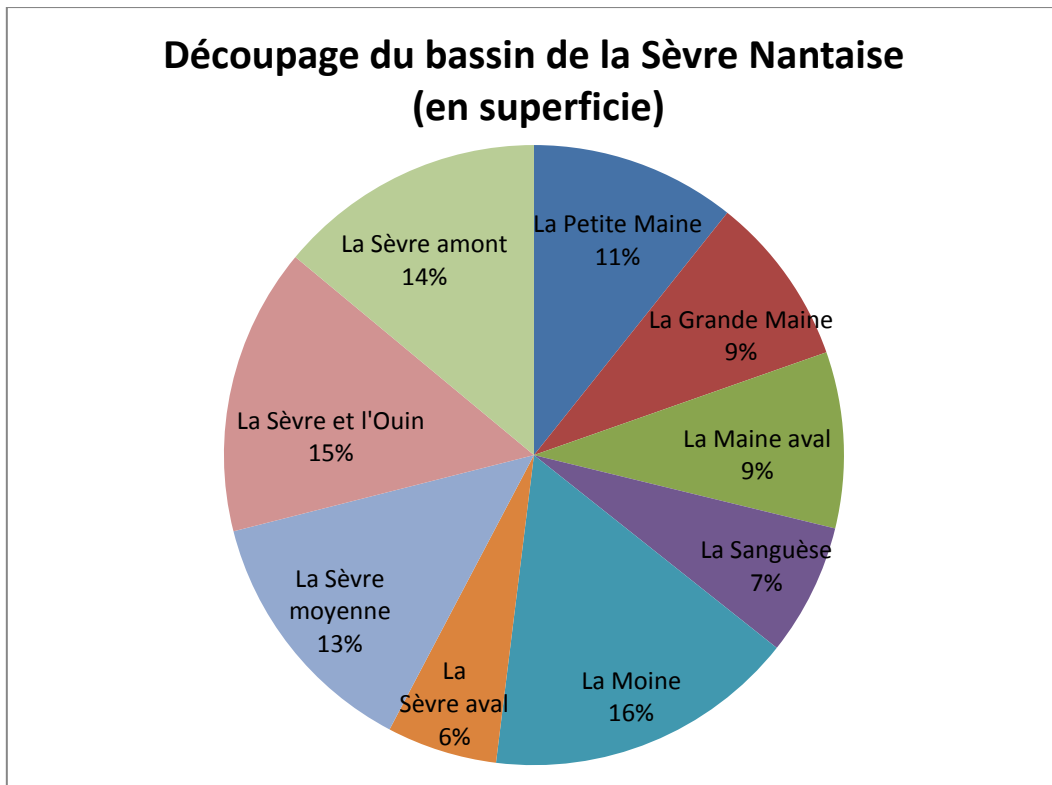
Le bassin de la Sèvre Nantaise est caractérisé par une pluviométrie moyenne : moyenne annuelle de 810mm avec des pointes (pluviométrie moyenne) à Secondigny (amont de bassin versant) de 1052 mm.

Les altitudes maximales sont de 288 mètres au Puy du Crapaud, 290m à St Michel-Mont-Mercure et 231 mètres au mont des Alouettes, en amont de bassin versant. Ces hauteurs offrent un obstacle aux circulations atmosphériques d'Ouest et de Sud-Ouest, ce qui génère de fortes précipitations (SCE et IIBSN, 2000).

La pluie centennale moyenne sur le bassin de la Sèvre nantaise est de 64 mm (SOGREAH consultants et IIBSN, 2006).

### *1.1.2.4 Un écoulement semi-torrentiel*

Les principaux affluents de la Sèvre Nantaise sont d'amont en aval l'Ouin, la Moine, la Sanguèze, et les Maines. Ce bassin a été découpé en 9 sous-bassins durant la phase d'élaboration du SAGE : Sèvre Amont, Sèvre et Ouin, Sèvre Moyenne, Moine, Sanguèze, Petite Maine, Grande Maine, Maine Aval et Sèvre Aval (carte 1e, figure 2).



**Figure 2** : Part des sous-bassins dans la superficie du bassin de la Sèvre Nantaise (ce travail).

Les débits observés sur la Sèvre Nantaise sont en moyenne de  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  à Nantes au niveau de la confluence.

La Sèvre Nantaise a un régime d'écoulement de type fluvial avec des profils en long ne présentant jamais de pente supérieure à 5%.

Pourtant, sur certains secteurs où la vallée a tendance à s'encaisser entre les coteaux (entre Mallièvre et Clisson), la réduction du champ d'inondation entraîne une augmentation des vitesses d'écoulement. Le régime hydraulique normalement fluvial devient alors torrentiel (SCE et IIBSN, 2000).

La Sèvre Nantaise présente de fortes fluctuations saisonnières, avec des hautes eaux de fin d'automne-hiver portant le débit mensuel moyen à un niveau situé entre  $33$  et  $68 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Banque Hydro, 2008) et des basses eaux de fin d'été début d'automne, amenant une baisse du débit moyen mensuel jusqu'à  $2,49 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  au mois d'août. Le débit maximal en crue de retour décennal est estimé à  $250 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

La réponse du bassin versant est très rapide avec une montée des crues soudaine et une décrue bien que rapide un peu plus lente (SOGREAH consultants et IIBSN, 2006). Les crues sur les différents affluents sont en avance sur la pointe de crue de la Sèvre Nantaise ; la Maine fait exception et arrive à la confluence avec la Sèvre Nantaise avec un léger retard.

### 1.1.3 Un bassin fortement anthropisé

#### 1.1.3.1 *Les aménagements sur les cours d'eau et les espaces aquatiques*

La Sèvre Nantaise et ses affluents se caractérisent par la forte présence d'ouvrages hydrauliques sur tout le bassin versant. Ils sont de 2 types : seuils de moulins ou d'usine, pour la plupart abandonnés aujourd'hui et clapets afin de maintenir artificiellement un débit d'étiage pour les besoins de l'irrigation.

Ces ouvrages ont une influence plus ou moins importante sur la ligne d'eau en amont (SCE et IIBSN, 2000).

Puisque leur gestion est abandonnée, leur présence entraîne des déséquilibres : blocage de la dynamique sédimentaire et banalisation des faciès sédimentaires, stagnation des eaux et mauvaise épuration entraînant une baisse de l'oxygénation et favorisant la prolifération d'algues, obstacles physiques à la migration écologique, dégradation du débit en le rendant artificiel et discontinu, créant ainsi des plans d'eau de prélèvements pour l'irrigation et réduisant les débits disponibles pour le milieu (Michel, 2008).



**Figure 3** : Seuil du moulin de Gervaux (IIBSN)



**Figure 4** : Clapet automatique de Braud (IIBSN)

Les travaux de recalibrage (rectification des méandres) et curage des cours d'eau ont été nombreux dans les années 80 et 90 dans le cadre du remembrement des communes et de l'assainissement agricole (SCE et IIBSN, 2000).

### *1.1.3.2 Les aménagements sur le bassin*

Les aménagements de mise en valeur agricole des terres peuvent avoir une incidence sur le fonctionnement hydrologique global. Ils représentent 11% de l'ensemble du bassin versant. Les travaux de drainage ont été particulièrement intenses sur les sous-bassins de la Grande Maine et de la Petite Maine (20% de la superficie du territoire des sous-bassins). Les moins touchés sont la Sèvre amont et la Sèvre aval (5%) (SCE et IIBSN, 2000).

Le bocage est très présent sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise. Dans les années 70-90, de nombreuses haies ont été arrachées dans le cadre des opérations de remembrement. Le maillage serré a disparu au profit d'un maillage plus lâche qui permet d'agrandir les parcelles agricoles de manière significative. Dans certains secteurs, les arrachages ont été excessifs.

Les haies jouent un rôle important dans les phénomènes d'inondation : elles favorisent le ralentissement de la circulation des eaux de ruissellement et l'écrêtement des crues.

### *1.1.3.3 L'occupation du sol en bordure de cours d'eau*

La densité de couverture végétale des cours d'eau est globalement moyenne à éparse. Certains cours d'eau présentent parfois une absence totale de végétation rivulaire sur certains secteurs.

L'occupation du sol en bordure de cours d'eau est constituée majoritairement par des prairies pour tous les sous-bassins (plus de 50% sur l'ensemble des cours d'eau). Les rives boisées représentent 10 à 20% de l'occupation du sol à l'exception de l'Ouin. Les cultures sont peu présentes en bordure immédiate des cours d'eau.

Les zones bâties correspondent classiquement à la traversée d'agglomérations et sont plus étendues dans la partie aval du bassin en raison de la proximité de l'agglomération nantaise (SCE et IIBSN, 2000).

Les milieux humides correspondent aux vallées des cours d'eau (lit majeur) et à leurs milieux associés : étangs, prairies humides, etc. Ces milieux jouent un rôle de champs d'expansion de crue.

Ces zones humides sont dispersées sur tout le bassin versant mais il n'existe pas d'inventaire exhaustif à ce jour. Des inventaires viennent d'être lancés sur quelques communes dans le cadre du CRBV : Contrat Régional de Bassin Versant (contrat tripartite d'une durée de 3 ans établi entre la Région, la commission locale de l'eau et la structure "chef de file" du SAGE qui permettra aux maîtres d'ouvrages qui s'engageront dans des actions en faveur de la préservation des ressources en eau et des milieux aquatiques en cohérence avec le SAGE de bénéficier de financements pour les études, les

travaux, la coordination, le suivi et l'évaluation des travaux.). Cet inventaire est l'une des actions du SAGE.

#### *1.1.3.4 L'occupation du sol du Bassin versant*

L'occupation du sol sur le bassin est à dominante rurale. Les sites urbains existent mais n'occupent qu'un faible pourcentage de la superficie du bassin versant.

Le bassin versant est marqué par la prédominance de l'élevage bovin et des élevages hors sol (SCE et IIBSN, 2000).

Le bassin versant s'étend sur 6 régions agricoles : La partie aval du bassin versant, située en Loire-Atlantique est dominée par la viticulture avec la production de muscadet, c'est la région du vignoble nantais. L'amont du bassin versant correspond à une zone arboricole. Entre ces deux zones, l'agriculture est vouée à l'élevage bovin associé à une production hors sol très diversifiée : volailles, porcs, lapins, veaux de boucherie. Les différentes zones agricoles sont la Gâtine et le bocage bressuirais en Deux-Sèvres, le bocage vendéen et les Mauges en Maine-et-Loire.

Selon le diagnostic préalable à la mise en place du SAGE, l'agriculture est responsable de pressions sur les cours d'eau. Celles-ci sont liées à la gestion des effluents d'élevage (des cantons classés en zone d'excédents structurels, l'utilisation d'engrais pour la production céréalière (maïs et blé) et l'utilisation des produits phytosanitaires (surtout en viticulture et en arboriculture).

Le vignoble nantais n'est pas enherbé car les interrangs ne sont pas assez larges et l'enherbement accroît considérablement les risques de gelée. Toutefois, cette pratique tend à se développer (SCE et IIBSN, 2000).

L'évolution du bassin versant a surtout porté sur la modification des pratiques culturales, l'extension de l'urbanisation restant faible et limitée (SOGREAH consultants et IIBSN, 2006).

L'évolution des pratiques culturales - suppression de haies et talus, mise en place de fossés de drainage, recalibrage et curage des cours d'eau - a engendré une concentration des écoulements dans le lit mineur qui se traduit par une augmentation de la propagation des crues et une diminution du laminage des crues dans le lit majeur qui se traduit par une augmentation des vitesses d'écoulement et donc une augmentation des débits de pointe .



## **1.2 L'IIBSN : Une gestion à l'échelle du bassin**

La gestion de l'eau est une préoccupation majeure des structures territoriales. Différents acteurs institutionnels assurent celle-ci au niveau de grand bassin versant et de sous bassin.

### **1.2.1 Historique de la structure**

#### *1.2.1.1 L'association de la Sèvre Nantaise et de ses affluents*

L'histoire de la gestion de l'eau sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise est déjà longue, avec des actions concertées menées dès le début des années 70. Les premières actions coordonnées autour de la Sèvre Nantaise datent de 1972, avec une opération « Rivière Propre » menée en Vendée.

En 1978, l'Association de la Sèvre Nantaise et de ses Affluents (ASNA) fut créée, afin de permettre aux différents acteurs du bassin de se réunir et de mettre en commun leurs compétences, et ainsi de renforcer la solidarité au sein du bassin. Elle est composée des acteurs locaux investis sur le bassin versant : collectivités locales, riverains et usagers (pêcheurs...)

Cette association, régie par la loi de 1901, avait pour mission essentielle de coordonner la réflexion et les efforts entrepris pour atteindre les objectifs suivants :

- améliorer la qualité de l'eau et veiller à sa bonne circulation,
- sauvegarder les sites et paysages,
- favoriser le développement des activités et le tourisme,

Aujourd'hui, l'association poursuit son action en accompagnant l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise dans les différents projets mis en œuvre.

#### *1.2.1.2 Les syndicats de rivière*

Pour mettre en œuvre la politique de gestion de l'eau, 7 syndicats de rivière ont été créés sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise le plus souvent à l'initiative et sous l'impulsion de l'Association et de l'Institution (carte 1f).

Leur rôle est de réaliser des programmes pluriannuels de travaux dans le domaine de la gestion des milieux aquatiques. Les syndicats doivent intégrer dans leurs actions, la prise en compte du contexte local.

### *1.2.1.3 L'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise*

Suite aux lois de décentralisation de 1982-1983, les Conseils Généraux des 4 départements, détenteurs de la compétence en matière d'hydraulique sur les rivières non navigables depuis 1982, ont décidé de mettre en œuvre une politique cohérente et concertée sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise afin de gérer et de valoriser d'amont en aval le réseau hydrographique de la Sèvre Nantaise et de ses affluents. Pour ce faire, un Etablissement Public Territorial de Bassin (EPTB) a été créé en 1985 : l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise. Cette émanation des 4 Conseils Généraux a un rôle complémentaire de l'association dans le domaine de l'eau. Elle participe activement aux actions entreprises par les différents partenaires, notamment au niveau financier.

## 1.2.2 Une structure coordinatrice de l'eau à l'échelle du bassin

### *1.2.2.1 Ses rôles*

L'IIBSN assure la coordination et la cohérence des actions visant à la planification de la politique d'ensemble sur le bassin versant. Elle fournit un soutien méthodologique, technique et financier aux opérations de restauration ou d'entretien du cours d'eau entrepris par les syndicats de rivière en mettant à disposition des syndicats 6 techniciens de rivière et en leur apportant des retours d'expériences, et de l'aide pour le suivi technique des travaux. Elle est maître d'ouvrage d'études et de travaux de portée générale sur le bassin.

L'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Nantaise est la structure porteuse du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Elle en assure l'animation, contribue à sa bonne exécution et travaille à son évolution.

L'Institution est la structure porteuse du PAPI (Programme d'Actions pour la Prévention des Inondations) du bassin de la Sèvre Nantaise. Elle en assure le Co-pilotage, avec les services de l'Etat (DDEA 85). Elle gère l'équipe projet pour le pilotage du programme et assure par ailleurs la maîtrise d'ouvrage de certaines actions : communication, étude de mise en place de repères de crues, étude hydrologique....

### *1.2.2.2 Ses moyens humains*

L'organigramme de l'IIBSN est présenté en annexe 1.

Le directeur de l'IIBSN, M. Lustgarten, a pour fonction d'orienter les actions et services, d'apprécier les opérations prioritaires et de coordonner les services, il donne des directives annuelles, après concertation avec le président.

Les employés sont regroupés en deux pôles :

Le pôle administratif regroupe trois personnes qui assurent les ressources humaines, le budget, les marchés publics, le secrétariat et la comptabilité.

Le pôle technique est composé de quatre personnes et des six techniciens de rivière mis à la disposition des syndicats de rivière.

Le coordinateur rivières et inondations, Antoine Charrier, propose et réalise des outils, prépare les programmes d'action (exemple du CRE), coordonne et suit les actions des syndicats de rivières dans le cadre du SAGE et du PAPI sur les thèmes de la restauration et l'entretien des rivières et la prévention des inondations. Pour se faire, il collabore étroitement avec les techniciens de rivière.

L'animatrice SAGE, Astrid Gadet, est chargée d'animer la CLE, de proposer et réaliser des outils pour la gestion de l'eau, d'élaborer des programmes de travaux prioritaires pour atteindre les objectifs du SAGE, de réaliser des bilans des travaux du SAGE, met en application la DCE et est chargée du suivi des zones humides et du CRBV. Ses partenaires étroits sont les membres de la CLE et les usagers du bassin.

La chargée de communication et de valorisation du patrimoine, Annabel Dreillard, produit des outils de communication, de sensibilisation et de pédagogie et porte des projets de valorisation des usages respectueux des vallées de la Sèvre et du patrimoine. Ses partenaires sont les Comités Départementaux du Tourisme, les offices de tourisme, les CPIE et les associations locales.

La géomaticienne, Sophie Blard, s'occupe de l'administration des données et du SIG, de la cartographie, assure leur mise à jour, organise les informations pour une meilleure exploitation, traite les données et leur interprétation, diffuse les informations aux différents partenaires et au grand public, assure la gestion du parc informatique et administre le site internet et l'extranet. Ses partenaires sont les organismes fournisseurs de données.

Les techniciens de rivière ont une situation particulière : ils sont employés par l'IIBSN et mis à la disposition des syndicats de rivières. Ce sont les relais locaux du SAGE, ils assurent les missions générales liées au cours d'eau, les missions de programmation et suivis des travaux liés au cours d'eau et de communication et de sensibilisation des acteurs locaux (riverains, élus, associations...).

### *1.2.2.3 Ses moyens financiers*

Le budget de l'IIBSN est voté chaque année en Conseil d'Administration. En tant qu'Etablissement Public de Coopération Interdépartementale sans fiscalité propre, elle n'a ni redevances ni impôts. Ses recettes propres sont uniquement la participation des quatre départements. Cette participation statutaire est obligatoire et l'apport équivaut à 50% du budget total. L'IIBSN perçoit aussi des subventions pour la rémunération de ses agents et

pour les actions régulières de l'Agence de l'eau et des Conseils Régionaux (Pays de la Loire et Poitou-Charentes). Des subventions exceptionnelles sont obtenues sur des actions précises (par exemple, l'Etat subventionne le PAPI).

### **1.3 Contexte réglementaire**

On observe 4 grandes périodes dans la politique de l'eau :

Lois françaises de 1964 et de 1992

Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) de 2000

Loi française de 2006 (transposition de la DCE en droit français)

C'est la loi de 1964 qui a permis la création des Agences de bassin mais il faudra attendre la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 qui sous-entend une gestion collective de la ressource en eau et une responsabilisation de toutes les catégories d'acteurs, pour voir apparaître les SDAGE et les SAGE, véritables outils de gestion équilibrée de la ressource en eau qui veillent à sa bonne répartition entre les différents usages tout en s'assurant de sa préservation à long terme. Enfin, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 transposée ensuite en droit français par la loi de 2006 a précisé de nouvelles exigences et notamment l'obligation d'atteindre le bon état écologique des eaux d'ici 2015. Le SAGE Sèvre Nantaise approuvé en 2005 devra être révisé en 2010 suite à l'approbation du SDAGE en 2009.

#### **1.3.1 Le SDAGE Loire Bretagne**

La loi sur l'eau de 1992 a conduit à la création d'un outil réglementaire de planification à l'échelle de grand bassin hydrographique : le SDAGE. En 1996, sur le bassin Loire-Bretagne un premier SDAGE a défini les grandes orientations de la gestion de l'eau sur le bassin Loire-Bretagne. Ces objectifs vitaux sont :

- Gagner la bataille de l'alimentation en eau potable ;
- Poursuivre l'amélioration de la qualité des eaux de surface ;
- Retrouver des rivières vivantes et mieux les gérer ;
- Sauvegarder et mettre en valeur les zones humides ;
- Préserver et restaurer les écosystèmes littoraux ;
- Réussir la concertation, notamment avec l'agriculture ;
- Savoir mieux vivre avec les crues.

Actuellement, le SDAGE est en cours de révision et une nouvelle version plus ambitieuse sera arrêtée en 2009. Elle s'appuiera sur la Directive Cadre sur l'Eau.

#### **1.3.2 Le SAGE Sèvre Nantaise**

Le SAGE est la transcription à l'échelle plus locale du SDAGE. Il est élaboré par la Commission Locale de l'Eau (92 personnes : élus, représentants d'administrations et représentants des acteurs locaux), désignée par le préfet. Le bassin de la Sèvre Nantaise

est couvert par un SAGE approuvé depuis février 2005. Il s'agit d'un outil de planification de la gestion de l'eau établi à l'issue d'un processus de concertation à l'échelle locale. Sa portée réglementaire est forte puisqu'il est opposable aux décisions administratives ainsi qu'au tiers.

A l'aboutissement du travail engagé dans le cadre du diagnostic, la CLE lors de sa séance du 4 juillet 2000, a souhaité formaliser les objectifs fondamentaux du SAGE :

- Reconquérir la qualité de l'eau brute par la maîtrise des rejets ponctuels et des pollutions diffuses,
- Maintenir, préserver, développer la diversité de la ressource en eau (qualité, quantité, continuité hydraulique)
- Sensibiliser, informer, former et responsabiliser,
- Maintenir, préserver, développer la diversité des milieux aquatiques, du patrimoine biologique et du patrimoine bâti et historique lié à l'eau
- Prévenir et gérer les risques d'inondations,
- Favoriser la concertation autour des sites touristiques (équilibre entre les différents usages).

Dans le cadre de l'élaboration du SAGE, le « risque inondation » a été recensé sur une soixantaine de communes.

Un des objectifs du SAGE est de Prévenir et gérer les risques de ces inondations.

Il préconise la réalisation de Plan de Prévention des Risques d'Inondation sur tous les cours d'eau importants (Sèvre Nantaise, Maine et Moine). Il souligne la nécessité d'améliorer et d'étendre les dispositifs d'alerte de crue, en cohérence avec la mise en place des Services de Prévision des Crues (SPC). Il prévoit des actions de communication sur la gestion des grands barrages (Ribou/Verdon et la Bultière). Plus globalement, il propose la mise en œuvre d'une politique d'information et de sensibilisation des élus et des riverains à la compréhension des crues et à la réduction de la vulnérabilité.

### 1.3.3 Le PAPI

Ma mission s'intègre dans le cadre de la convention relative au Programme d'Actions de Prévention des Inondations sur le bassin de la Sèvre nantaise.

Ce programme a été élaboré suite à l'appel à projet lancé par la circulaire Bachelot du 1<sup>er</sup> octobre 2002. Il constitue la première étape, sur les années 2004 à 2006, d'un programme d'actions publique à long terme sur le bassin de la Sèvre Nantaise visant un objectif de réduction progressive et durable des dommages aux personnes et aux biens pouvant découler des inondations susceptibles de se développer sur ce bassin.

Le programme d'actions, soutenu conjointement par les partenaires territoriaux et l'Etat, comporte plusieurs volets. De manière générale, le projet intègre des actions liées au développement de la connaissance des phénomènes d'inondation, des actions liées à la

sensibilisation du public et des élus, des actions de renforcement de la prévision des inondations, des actions d'amélioration de la prévention des crues :

- a) **Mise en place d'une équipe projet par le porteur de projets :**
  - 1. Equipe projet pour le pilotage du projet
  - 2. Aide à la réalisation des plans de secours communaux
- b) **Amélioration des connaissances et renforcement de la conscience du risque par des actions de formation et d'information :**
  - 3. Etude de mise en place de repères de crues historiques
  - 4. Plaquettes d'information pour le grand public
  - 5. Information à destination des entreprises
  - 6. Formation à destination des élus locaux
- c) **Amélioration de la surveillance des précipitations et des dispositifs de prévision et d'alerte :**
  - 7. Amélioration de la prévision des crues – Etude de propagation
- d) **Elaboration et amélioration des plans de prévention des risques d'inondation :**
  - 8. Plans de prévention des risques
  - 9. Atlas des zones inondables
  - 10. Etude hydrologique-hydraulique sur le bassin de la Sèvre nantaise
- e) **Réduction de la vulnérabilité des bâtiments implantés en zone de risques et ralentissement des écoulements en amont des zones exposées :**
  - 11. Etude de réduction de la vulnérabilité en zone inondable sur le bassin de la Moine
  - 12. Etudes pour la recherche de sur-stockage sur le bassin de la Moine et autres mesures correctrices

Le PAPI 2008-2013 vient en continuité du PAPI 2004-2006, il est plus « opérationnel », 16 actions sont portées par l'IIBSN, l'Etat mais aussi des collectivités locales (appel à projet) :

- a) **Moyen humain pour le suivi des actions**
  - 1. Mise en place de moyens humains internes à l'IIBSN pour le suivi des actions
- b) **Amélioration des connaissances et renforcement de la conscience du risque par des actions de formation et d'information :**
  - 2. Communication sur les sources d'information sur le risque « inondation »  
Plaquettes d'information pour le grand public
  - 3. Communication sur les techniques de réduction du ruissellement d'origine agricole
  - 4. Communication sur le rôle des barrages de la Bultière et du Ribou-Verdon et Pont Rousseau
  - 5. Etat des lieux précis des pratiques culturelles et des risques de ruissellement
- c) **Amélioration de la surveillance des précipitations et des dispositifs de prévision et d'alerte :**
  - 6. Mise en place d'un système de prévision des crues sur la Sèvre Nantaise

- d) **Elaboration et amélioration des plans de prévention des risques d'inondation et des mesures de réduction de la vulnérabilité des bâtiments et activités implantés en zone de risque :**
  - 7. Elaboration des PPRI de la Maine et de la Moine
  - 8. Elaboration des Atlas de Zones Inondables de la Sanguèze et l'Ouin
  - 9. Mise en place de mesures de réduction de la vulnérabilité
- e) **Action de ralentissement des écoulements à l'amont des zones exposées:**
  - 10. Expérimentation sur des bassins test (Sèvre aval en zone de vignoble et amont Bultière)
  - 11. Renaturation des fonds de vallées
- f) **amélioration et développement des aménagements collectifs de protection localisée des lieux habités:**
  - 12. Etude de faisabilité de protections locales collectives
- g) **Actions d'accompagnement**
  - 13. Mise en place d'un service de diffusion d'informations sur les crues sur la Moine et la Maine
  - 14. Déplacement des stations d'épuration situées en zone inondable
  - 15. Maîtriser le ruissellement urbain
  - 16. Maîtriser le ruissellement routier

Les actions conduites dans le cadre de ce programme sont menées conformément aux préconisations du SAGE du bassin de la Sèvre Nantaise. Elles répondent aux actions inscrites dans le SAGE de façon plus ou moins directe. Elles répondent aux fiches actions SAGE et vont parfois au-delà : elles portent sur des sujets liés à la sensibilisation des riverains, et apportent des éléments techniques (aide à la réalisation des plans de secours communaux, information à destination des entreprises, étude hydrologique-hydraulique sur le bassin de la Sèvre Nantaise...)

**Ainsi, le bassin de la Sèvre Nantaise subit de fortes pressions qui ne sont pas sans répercussions sur les débits et les inondations. Dans un cadre réglementaire fort, où l'on cherche à mieux prévenir et gérer les risques de crues et d'inondations, il faut désormais réduire l'impact des inondations en agissant à la source du phénomène.**

## 2 LA PROBLEMATIQUE DU RUISSELLEMENT

Afin de bien répondre à la problématique posée, il convient de comprendre le phénomène en question pour mieux le localiser.

### 2.1 Définition des concepts

#### 2.1.1 D'un point de vue hydrologique

Le ruissellement désigne la partie des précipitations qui s'écoule à la surface du sol. Il résulte d'un contexte pluie-infiltration qui favorise les excès d'eau. Il peut prendre la forme d'une lame d'eau diffuse, d'un chenal à ciel ouvert ou d'un cours d'eau (AYRAL, 2005). Il existe deux modes principaux d'écoulement :

##### 2.1.1.1 *Le ruissellement hortonien*

Du nom de celui qui a édicté la théorie : il se développe sur des sols non saturés lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol.

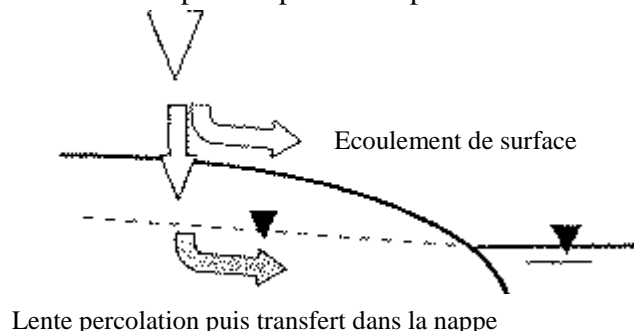


Figure 5 : Ruissellement hortonien ( d'après Gineste, 1995)

##### 2.1.1.2 *Le ruissellement par saturation*

Il se produit lorsque la couche sol est saturée. La pluie tombant sur ces zones ne peut alors que ruisseler.

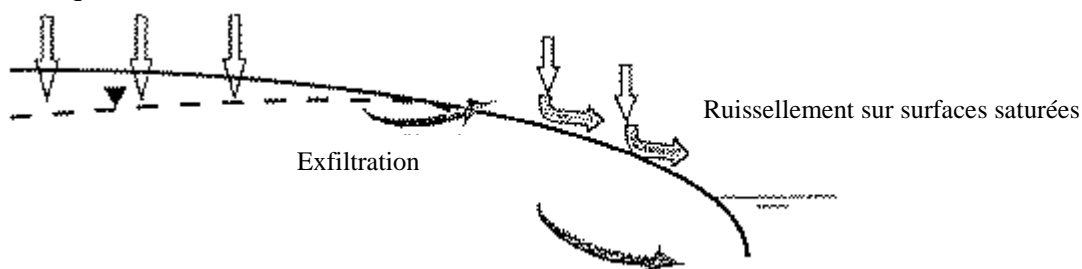


Figure 6 : Ruissellement sur surface saturée ( d'après Gineste, 1995)



## 2.1.1.3 Autres types d'écoulements

Le ruissellement hypodermique (figure 7) aussi appelé écoulement de subsurface résulte de phénomènes superficiels de percolation liés à des gradients de potentiels hydriques latéraux, il dépend essentiellement de la structure du sol, la présence d'une couche imperméable à faible profondeur favorise ce genre d'écoulement. Cet écoulement est dit retardé car il allonge la durée de l'hydrogramme (débit en fonction du temps) (figure 9), les vitesses d'écoulement étant plus faibles.

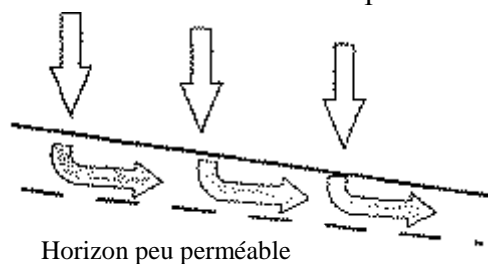


Figure 7 : Ruissellement hypodermique (d'après Gineste, 1995)

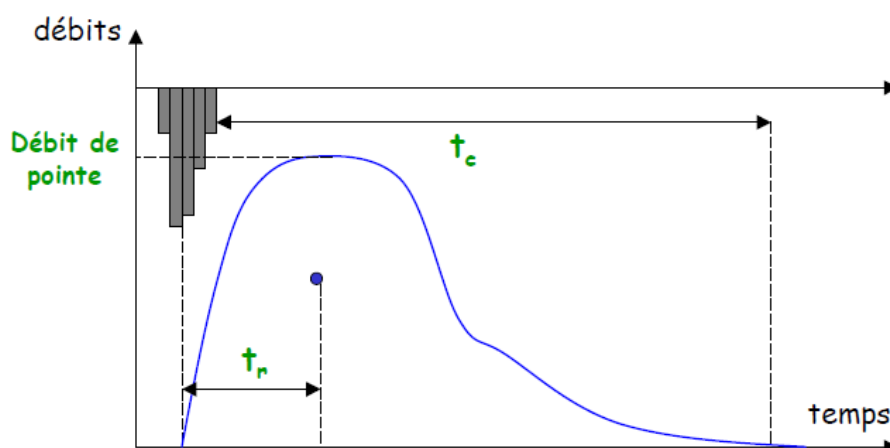


Figure 8 : Hydrogramme (débit en fonction du temps) avec  $t_r$  : temps de réponse du bassin à une pluie et  $t_c$  : temps de concentration du bassin (durée que met une goutte d'eau pour parcourir le plus long chemin hydrologique) (d'après Rodriguez, 2008)

Le ruissellement par exfiltration se produit lorsque la nappe affleure en surface. Ce type de ruissellement n'est pas pris en compte ici du fait des faibles réserves aquifères sur le bassin.

Enfin, l'écoulement souterrain correspond à la fraction des précipitations qui atteint la nappe phréatique. L'importance de cet apport dépend de la structure et de la géologie du sous-sol ainsi que du volume précipité. A cause des faibles vitesses de l'eau dans le sous-sol, cet écoulement est très retardé et n'intervient que pour une faible part dans l'écoulement des crues. Il n'est pas pris en compte du fait des faibles réserves aquifères sur le bassin.

### 2.1.1.4 Bilan hydrique

Ce sont les précipitations qui sont à l'origine du ruissellement mais toutes les précipitations n'atteignent pas le sol, des pertes sont liées à l'évapotranspiration du sol et des plantes, à l'interception par le couvert végétal, au stockage dans les rugosités du sol et à l'infiltration dans le sol (Ponsaud, Modélisation du ruissellement hivernal des sols agricoles drainés. Application du modèle STREAM sur le bassin versant de Goins (77), 2007).

La hauteur ruisselée est reliée à la hauteur précipitée par une fonction de production qui diffère selon les modèles utilisés (figure 9).

La hauteur ruisselée est elle-même reliée au débit par une fonction de transfert (hydrogramme unitaire). Selon la théorie des aires contributives aujourd'hui communément admise, c'est la somme des hydrogrammes unitaires de tout le bassin versant qui est à l'origine des crues (AYRAL, 2005), aussi bien les crues torrentielles que fluviales.

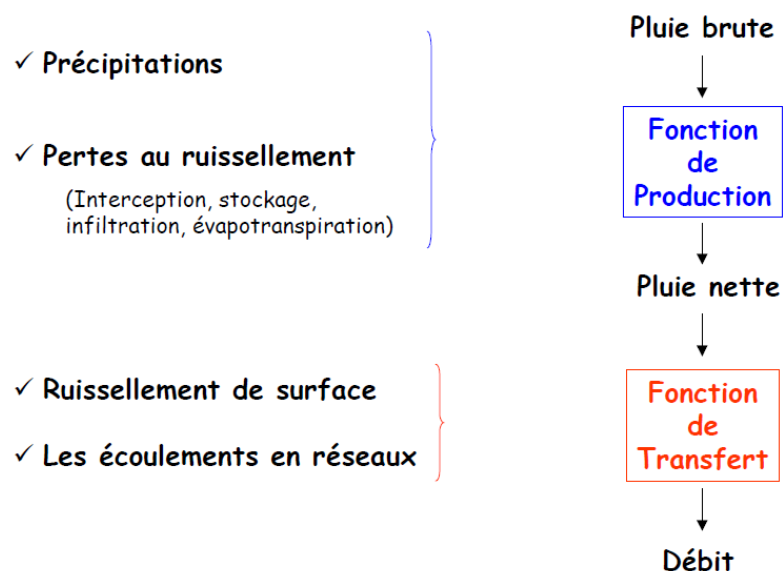


Figure 9 : Comportement hydrologique et modélisation (d'après Rodriguez, 2008)

## 2.1.2 D'un point de vue géographique

Le phénomène du ruissellement est plus complexe qu'il n'y paraît et doit être compris à la fois dans l'espace et le temps.

### 2.1.2.1 La notion de risque

Le risque est la combinaison d'un aléa (événement, plus ou moins suivi ou répété dans le temps) et d'une vulnérabilité (capacité des sociétés à répondre à l'aléa).

### 2.1.2.2 *Le risque de ruissellement*

Lorsque l'on parle de cartographier les risques de ruissellement en y incluant les effets de l'occupation du sol, on veut ici cartographier les zones très ruisselantes, contributives au ruissellement. Ce qui est croisé ici est l'aléa climatique avec la vulnérabilité du bassin au ruissellement. Cette vulnérabilité est ici entendue comme le potentiel de ruissellement des surfaces. Les enjeux (habitats, usines, parcelles agricoles...) étant déconnectés géographiquement de l'aléa ruissellement et situés plus en aval dans les zones inondables, il est faux de parler de risque ici, il est cependant utilisé dans la littérature et sera utilisé dans ce rapport par commodité. En réalité, cartographier les risques de ruissellement veut dire cartographier l'aléa ruissellement par croisement d'autres aléas.

On distingue 2 types de ruissellement dans l'espace et le temps (GUITON, 1998; Dautrebande & Colard, 2003) : le ruissellement diffus et le ruissellement concentré (figure 10).

Le **ruissellement diffus** est lié à la fonction de production du bassin versant. Il caractérise la lame d'eau ruisselée en chaque point du bassin versant. Il désigne un écoulement en petits filets d'eau, anastomosés, circulant parfois rapidement entre les obstacles. Ils sont également appelés pelliculaires, embryonnaires, aréolaires ou en nappe. Le ruissellement diffus se forme au niveau de la tête de vallon et des versants qui encadrent le thalweg (fond de vallée) (Delahaye, Langlois, & Gaillard, 2005).

Le risque de ruissellement diffus (ou risque de génération de ruissellement) est la combinaison de l'aléa pluviométrie et du potentiel de génération de ruissellement (vulnérabilité des surfaces du bassin au ruissellement diffus). Ce croisement s'effectue dans l'espace et nécessite l'outil SIG pour le mettre en évidence.

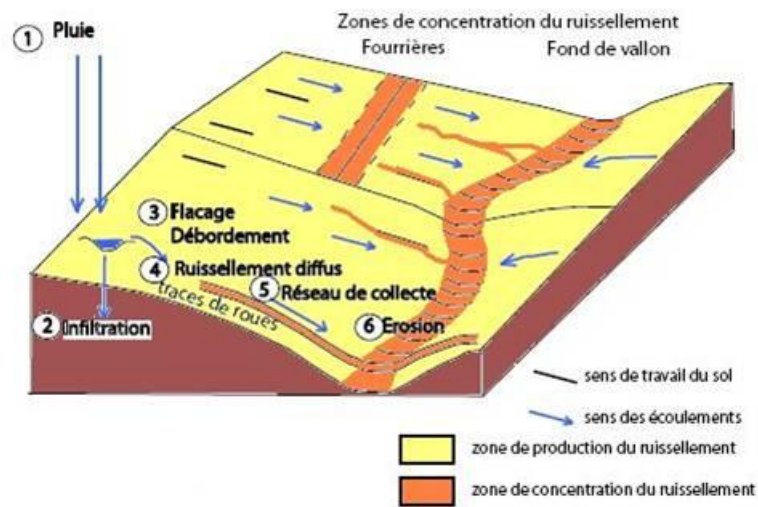
Le **ruissellement concentré** est lié à la fonction de transfert du bassin versant. Il caractérise les axes de concentration du ruissellement : les chenaux, thalwegs ou fonds de vallée puis les cours d'eau. Certains auteurs le divisent selon la durée écoulée depuis l'averse :

- ruissellement en rigoles (incisions élémentaires temporaires) de quelques cm à 50 cm pour la profondeur et de quelques dm à 2m pour la largeur.
- ruissellement en ravines de 50cm à 2m de profondeur et de 2m à 10m pour la largeur.
- ruissellement en ravins de 2m à 10m de profondeur, 10 à 20m pour la largeur et 200 à 1000m pour la longueur

La concentration intervient lors de l'arrivée du ruissellement dans les thalwegs des bassins élémentaires (Delahaye, Langlois, & Gaillard, 2005).

Le risque de concentration du ruissellement est donc la combinaison de l'aléa ruissellement diffus et du potentiel de concentration du ruissellement (vulnérabilité des

surfaces du bassin au ruissellement concentré). Ce croisement est plus complexe car il s'effectue dans le temps et l'espace. Les SIG ne suffisent plus. Il faut passer aux automates cellulaires.



**Figure 10** : Schéma et processus simplifié de l'érosion en haute Normandie (d'après Bussière, 1996)

### 2.1.2.3 Le risque d'apparition d'une crue

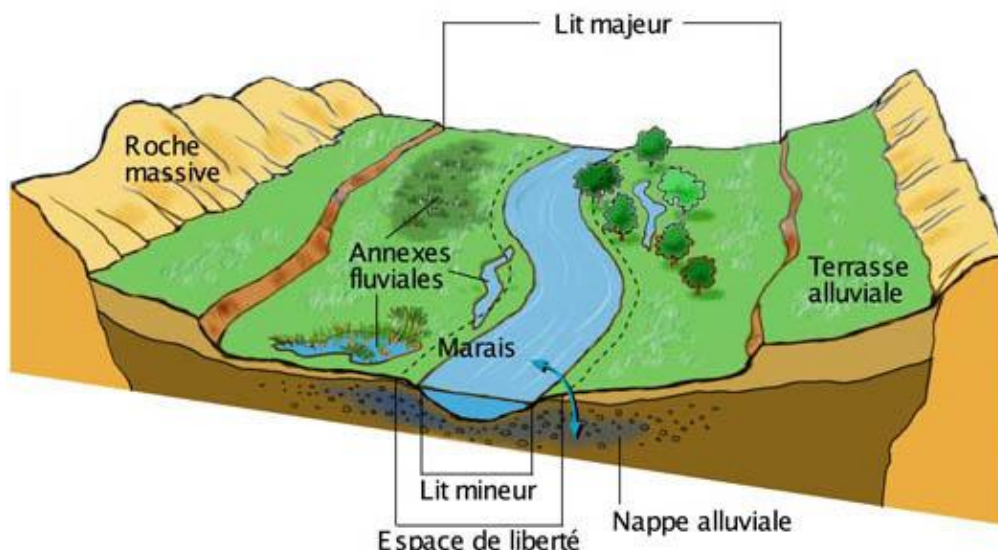
Une crue correspond à l'augmentation du débit moyen (exprimé en  $m^3/s$ ) d'un cours d'eau. Elle se traduit par une augmentation de la hauteur d'eau, des vitesses d'écoulement et des transports solides. En fonction de son importance, la crue peut-être contenue dans le lit mineur ou bien déborder, il s'agit alors du phénomène d'inondation (BRGM, 2007).

Selon les caractéristiques hydrogéomorphologiques du bassin (temps de concentration, temps de réponse, superficie) et en entrant une pluie caractéristique, d'une certaine période de retour, un modèle pluie débit peut produire des hydrogrammes de crue et calculer les débits caractéristiques des crues en certains points du bassin (généralement des exutoires de sous-bassins) qui servent à caler le modèle.

### 2.1.2.4 Le risque d'inondations par ruissellement

L'inondation désigne une submersion (recouvrement d'eau) liée au débordement des eaux lors d'une crue. L'inondation peut concerner un cours d'eau pérenne ou intermittent, une dépression ou même une plaine littorale. Dans le lit mineur s'écoulent les eaux en temps ordinaire. Après des pluies fortes ou persistantes, les ravines peuvent déborder et leurs eaux s'écoulent alors à la fois en lit mineur et majeur : zones basses situées de part et d'autre du cours d'eau. Le lit majeur (figure 11) peut-être scindé en deux zones:

- une zone d'écoulement, au voisinage du lit mineur, où le courant a une forte vitesse,
- une zone de stockage des eaux, où la vitesse est faible. Ce stockage est fondamental, car il permet le laminage de la crue, c'est-à-dire la réduction de la montée des eaux en aval.



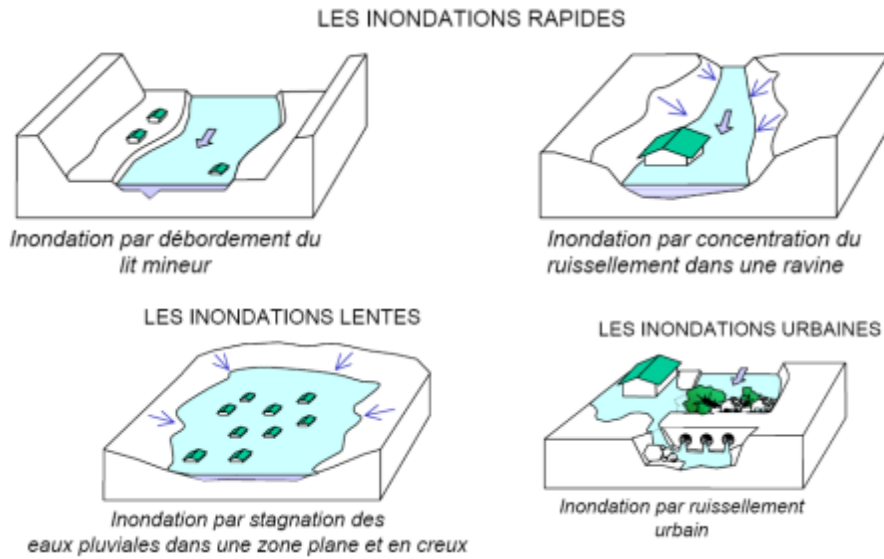
**Figure 11** : Principales structures hydrogéomorphologiques (d'après l'Agence de l'Eau)

On distingue plusieurs types d'inondations : d'une part les inondations lentes par stagnation des eaux pluviales dans les dépressions ou par remontée de nappe lorsque le sol est saturé en eau. Le risque d'inondation est alors la combinaison de l'aléa stagnation ou remontée et d'une vulnérabilité (habitat, usine, parcelle agricole...), et d'autre part les inondations rapides de deux types :

Les inondations de plaine par débordement de cours d'eau : suite à des pluies violentes ou durables qui génèrent d'importants volumes ruisselés, l'augmentation du débit des cours d'eau peut être telle que ces cours d'eau peuvent gonfler au point de déborder de leur lit mineur, pour envahir des zones généralement de faible altitude et de faible pente (cours aval des rivières).

Les inondations par crues torrentielles : Lorsque des précipitations intenses tombent sur tout un bassin versant, les eaux ruissellent et se concentrent rapidement dans le cours d'eau, d'où des crues brutales et violentes dans les torrents et les rivières torrentielles. Le lit du cours d'eau est en général rapidement colmaté par le dépôt de sédiments et des bois morts pouvant former des barrages, appelés embâcles. Lorsqu'ils viennent à céder, ils libèrent une énorme vague, qui peut engendrer dégâts importants. Cette concentration des eaux de ruissellement peut provoquer de l'érosion en milieu rural si les propriétés du sol et la topographie rendent le sol sensible à l'érosion. Ruissellement concentré, érosion et accumulation de matières solides pourront alors provoquer des coulées de boues causant de nombreux dégâts. (Dautrebande & Colard, 2003; BRGM, 2007) (Figure 12).

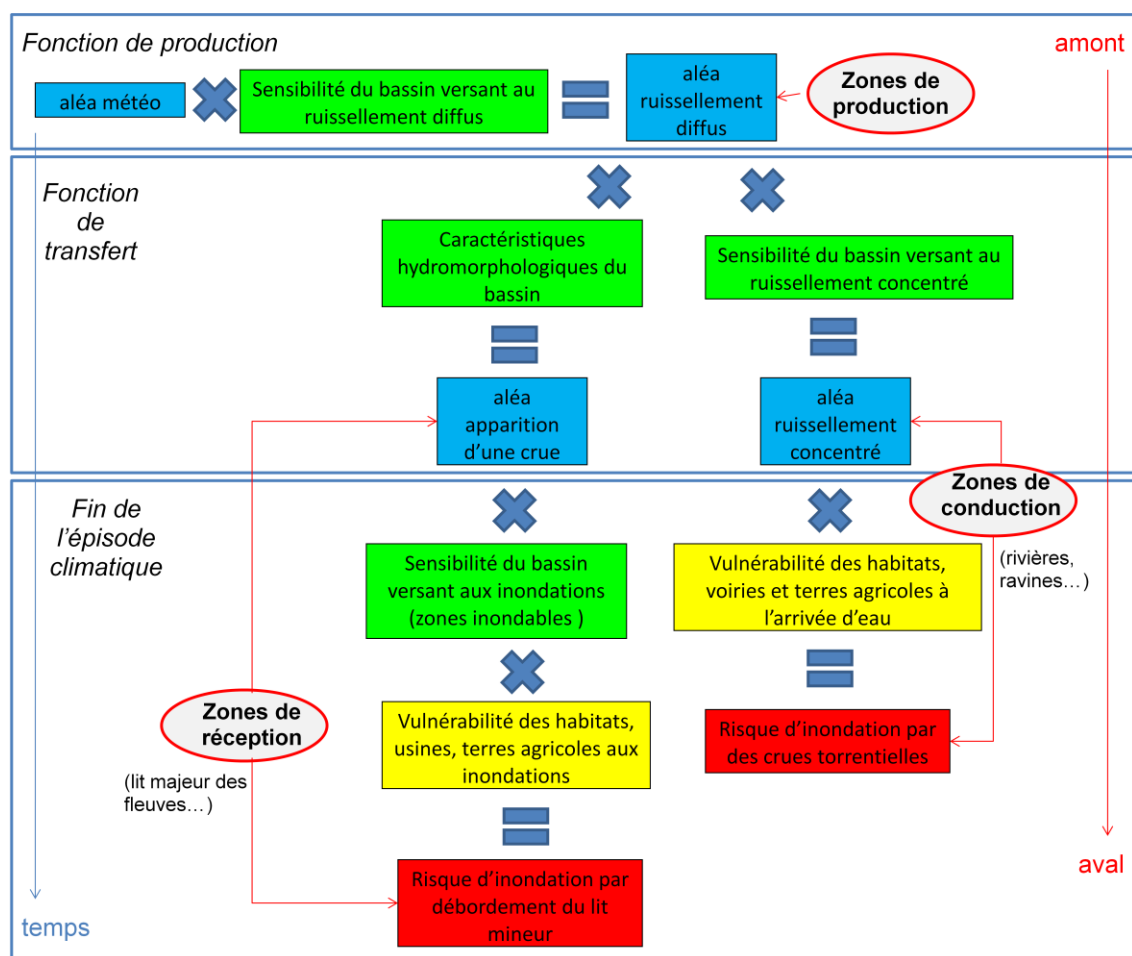
Inondations par des crues torrentielles et coulées de boue et inondations par débordement du lit mineur sont des risques majeurs en France (BRGM, 2007), définis par la survenue soudaine et inopinée d'une agression d'origine naturelle ou anthropique dont les conséquences pour la population sont tragiques en raison du déséquilibre brutal entre besoins et moyens de secours disponibles (GUITON, 1998).



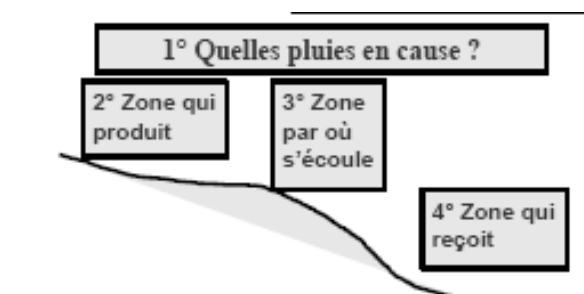
**Figure 12 :** Différents types d'inondation (BRGM, 2007)

Les inondations urbaines sont un cas particulier d'inondations se réalisant sur des bassins périurbains, où l'imperméabilisation des surfaces augmente le risque de saturer le réseau d'assainissement des eaux pluviales et provoquer ainsi des inondations.

La synthèse des processus spatio-temporels sont représentés dans les figures 13 et 14.



**Figure 13** :Schéma de synthèse des relations entre les différents aléas et les liens entre hydrologie et géographie (ce travail)



**Figure 14** : zonage des risques (d'après Dautrebande & Colard, 2003)

## **2.2 Les paramètres influençant le ruissellement**

Les paramètres du ruissellement possèdent une hétérogénéité et variabilité spatiale et temporelle. On peut effectuer plusieurs distinctions : les paramètres influençant le ruissellement diffus ou le ruissellement concentré et le caractère endogène et exogène des paramètres du point de vue du sol.

## 2.2.1 Le ruissellement diffus

### 2.2.1.1 *L'aléa pluviométrie*

Nous avons vu précédemment que la hauteur ruisselée était reliée à la hauteur précipitée via une fonction de production. On peut citer la méthode américaine du Soil Conservation Service (SCS) dont la fonction de production s'exprime ainsi :

$$R(t) = ( P(t) - I(t) )^2 / ( P(t) - I(t) ) + S$$

Avec  $I(t) = 0.2S$

$P(t)$  : Hauteur de pluie tombée (en mm)

$R(t)$  : lame ruisselée (hauteur d'eau ruisselée) (en mm)

$S$  : capacité maximale d'infiltration (sans unités)

$I(t)$  : rétention initiale (en mm)

Les événements pluvieux s'expriment différemment selon la saison. En automne et en hiver, les pluies sont plus longues mais moins intenses. Au printemps et en été, les pluies sont plus courtes et plus intenses (orages) (Delahaye, Langlois, & Gaillard, 2005).

Certains modèles tiennent compte de l'intensité des pluies et peuvent ainsi tenir compte de la durée de l'évènement pluvieux.

### 2.2.1.2 *Les paramètres exogènes*

**La pente** : le taux de ruissellement augmente significativement avec l'angle de la pente (AYRAL, 2005). Elle favorise le ruissellement au dépend de l'infiltration.

**L'occupation du sol** : regroupe plusieurs paramètres :

La densité et le type de couvert végétal d'une part jouent un rôle dans l'interception des précipitations (fraction d'eau qui n'atteint jamais le sol), l'évapotranspiration mais surtout dans le ralentissement de l'écoulement de l'eau à la surface, lui donnant plus de temps pour pénétrer dans le sol. La densité du couvert végétal favorise l'infiltration aux dépens du ruissellement.

L'imperméabilisation d'autre part rend les surfaces inaptes à l'infiltration. Sur les surfaces imperméables, l'infiltration est nulle et le ruissellement maximal. L'imperméabilisation peut être considérée comme étant à la fois un paramètre endogène (pas d'infiltration) et exogène (pas de couvert végétal).



## 2.2.1.3 Les paramètres endogènes

Ils regroupent les propriétés des sols favorisant le ruissellement ou l'infiltration.

Ils sont résumés dans le tableau 2 qui reprend les paramètres identifiés par l'INRA :

phénomène hydrologique	paramètre lié aux caractéristiques du sol et du sous-sol	Implication dans les processus de ruissellement, Intérêt	importance dans la circulation de l'eau dans le sol
Ruissellement hortonien	<i>Sensibilité à la battance</i>	La battance est le phénomène de dégradation de la structure superficielle des sols sous l'action de la pluie, ce qui forme un croûte imperméable qui favorise le ruissellement au dépend de l'infiltration.	+++
	<i>Rugosité de surface (Teneur en éléments grossiers)</i>	Les microdépressions du sol vont augmenter la capacité de stockage de la surface du sol. Elle est liée à la teneur en éléments grossiers du sol qui améliore d'autre part la porosité (améliore l'infiltrabilité).	+++
	<i>Texture de l'horizon de surface</i>	Teneur en argile, limon et sable : détermine l'infiltrabilité (perméabilité) ou vitesse d'infiltration et donc la part eau infiltrée / eau ruisselée.	+++
	<i>Structure de l'horizon de surface (Fissuration des argiles)</i>	En période estivale, les texture argileuses se fissurent, augmentant ainsi l'infiltration aux dépend du ruissellement.	+++
Ruissellement par saturation	<i>Hydromorphie</i>	Le sol en condition saturée va provoquer davantage de ruissellement. Les sols hydromorphes ou drainés favorisent donc le ruissellement au dépend de l'infiltration.	+++
	<i>Présence d'un plancher imperméable</i>	Constitue un obstacle physique à l'infiltration, peut générer un engorgement temporaire, voire une circulation latérale de l'eau.	+++
	<i>RUM (réservoir utile maximal)</i>	C'est la quantité maximale d'eau stockée dans le sol utilisable par les plantes. Plus elle est faible, plus le sol va être saturé rapidement et plus le ruissellement va se produire rapidement.	++
	<i>Vitesse de percolation dans le substrat géologique</i>	A son importance dans les conditions de saturation du sol, c'est l'infiltrabilité du substratum et non pas du sol qui définit la proportion d'eau ruisselée. Elle traduit la capacité de la roche sous-jacente au sol à évacuer ou retenir l'eau. Dépend de sa porosité et de son état de fracturation.	+

**Tableau 2** : Récapitulatif des paramètres endogènes du ruissellement (ce travail, d'après Rabot E., 2008)

## 2.2.2 La concentration du ruissellement

### 2.2.2.1 *L'aléa ruissellement diffus*

Les volumes ruisselés sur les surfaces unitaires vont conditionner ceux qui seront concentrés.

### 2.2.2.2 *La topographie*

La topographie et notamment la pente va jouer un rôle très important dans la concentration des écoulements. L'eau s'accumule dans le sens de la pente.

### 2.2.2.3 *La rencontre de zones potentiellement ruisselantes ou réinfiltrantes*

Pour que l'eau accumulée sur une zone ruisselante puisse circuler sur le bassin, il ne faut pas qu'elle rencontre de zones potentiellement réinfiltrantes (Ponsaud, Modélisation du ruissellement hivernal des sols agricoles drainés. Application du modèle STREAM sur le bassin versant de Goins (77), 2007). Ainsi, les zones à couvert végétales denses, les haies vont ralentir les écoulements qui vont pouvoir s'infiltrer, écrétant ainsi les crues.

## 2.3 Les facteurs aggravants

Ces facteurs sont entendus comme des pratiques ou des évolutions de notre société ayant un impact négatif sur le ruissellement.

### 2.3.1 L'aléa climatique

Le dérèglement climatique causé par l'augmentation des rejets de gaz à effet de serre pourrait favoriser l'apparition d'épisodes violents de plus en plus fréquents.

### 2.3.2 Le ruissellement diffus

#### 2.3.2.1 *L'urbanisation*

Le développement d'infrastructures imperméabilisant les sols autour des villes existantes ou de territoires attractifs (industriel et commercial) contribue à l'augmentation de la part ruisselée. L'impact sur les crues du bassin est d'autant plus grand que les surfaces imperméables sont importantes. L'impact sur les villes dépend des dimensions, de l'état (vétusté) et de l'entretien des réseaux d'assainissement et du système de gestion des eaux pluviales.

### 2.3.2.2 *L'évolution des pratiques culturales*

Déboisements, réduction des zones enherbées (prairies) et suppression des haies diminuent la densité du couvert végétal donc limitent le ralentissement et l'infiltration et augmentent le ruissellement.

Les types de cultures ont une plus ou moins grande densité en termes de couvert végétal et constituent ainsi un facteur plus ou moins aggravant selon les cultures. Mais la densité de couvert végétal varie dans le temps pour une même culture. Ainsi, en juin, les cultures d'hiver, comme le blé ou l'orge, couvrent largement le sol tandis que des cultures de printemps, comme le maïs, offrent un couvert végétal peu dense. Si le sol est nu pendant une partie de l'année (absence d'interculture), cela constitue un facteur aggravant. La succession culturale doit donc être prise en compte. Seule une très bonne connaissance des périodes de croissance des végétaux et des calendriers culturaux peut permettre d'identifier les zones agricoles à risque (zones de sol nu à telle date) (Ruelland, Laurent, & Trébouet, 2004). Les types de cultures ont un espace interrangs plus ou moins important qui peut être enherbé ou non. Les intracultures sont donc à prendre en compte au même titre que les intercultures.

Le drainage augmente artificiellement l'infiltration mais cet effet est réduit aux épisodes pluvieux court et peu intenses. En effet, les sols drainés, caractérisés par la présence d'une nappe perchée, font l'objet d'un ruissellement sur sol saturé, lorsque la nappe est proche de la surface. Plusieurs études montrent en effet que l'affleurement de la nappe est un facteur prédominant à l'origine du ruissellement sur sols drainé (Ponsaud, 2007). Le drainage peut aussi influencer la formation d'une croûte de battance en surface due à un affleurement fréquent de la nappe. C'est donc un facteur aggravant du ruissellement pour les épisodes pluvieux intenses ou longs.

### 2.3.3 Le ruissellement concentré

Pratiques agricoles, éléments du paysage canalisant le ruissellement sont susceptibles d'influencer les chemins de l'eau.

#### 2.3.3.1 *Les éléments permanents du paysage perturbant ou canalisant de réseau d'écoulement*

Les éléments permanents sont les routes, les haies, les fossés et talus.

La création de fossés de drainage canalise le ruissellement et provoque une accélération du débit, aggravant les problèmes d'inondation.

#### 2.3.3.2 *Les pratiques agricoles variables dans le temps perturbant ou canalisant de réseau d'écoulement*

Sens de travail du sol, motifs agraires tels que les sillons de labours et les fourrières (zone en bout de parcelle sur laquelle l'agriculteur manœuvre entre chaque aller retour de la

parcelle, son sens de travail du sol est perpendiculaire au reste du champ) et traces de roue forment des lignes conductrices du ruissellement sur le bassin. Souchère (1995) montre que le fait de prendre en compte ces facteurs anthropiques améliore la représentation des directions d'écoulement observées sur le terrain (Ponsaud, 2007).

L'organisation parcellaire : disposition spatiale des cultures et succession culturales et types de cultures mis en place vont jouer également un rôle dans les trajectoires au sein des parcelles (Echeverria, 2006). En effet, si deux parcelles ayant des cultures de capacité d'infiltration réduite à une date  $t$  (exemple : deux cultures de printemps en juin) sont contiguës, alors les résultats de ruissellement cumulé seront plus importants que pour deux parcelles contiguës différentes (Echeverria, 2006).

### 2.3.4 L'apparition de crues

#### 2.3.4.1 *Les aménagements sur les cours d'eau et les espaces aquatiques modifiant les débits*

La présence de nombreux ouvrages hydrauliques sur certains tronçons de cours d'eau et leur manque d'entretien peuvent engendrer localement des pertes de charges hydrauliques importantes et provoquer des augmentations de niveaux d'eau au moins pour les petites crues ou localement (SCE et IIBSN, 2000).

Les travaux de recalibrage (rectification des méandres) et curage des cours d'eau parfois excessifs ont des répercussions sur les écoulements des eaux en accélérant les débits et en réduisant la capacité naturelle du cours d'eau à stocker l'eau dans les zones sans enjeux, au niveau des prairies inondables, aggravant ainsi les problèmes d'inondations (SOGREAH consultants et IIBSN, 2006).

La réduction du champ d'expansion des crues consécutive à l'urbanisation et parfois aggravée par l'édification de digues ou de remblais a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écèlement des crues de ces zones humides.

#### 2.3.4.2 *Les aménagements sur le bassin modifiant les débits*

On retrouve ici tous les éléments aggravant le ruissellement diffus et concentré des paragraphes précédents qui vont accélérer ou écèlement les débits de crue en aval.

**Ainsi, l'ensemble des paramètres intervenant dans le phénomène du ruissellement a ici été abordé dans sa dimension spatiale et temporelle suivant la chronologie (de la pluie à la crue) et le déplacement des processus dans l'espace (d'amont en aval). Le ruissellement n'est donc pas uniforme dans le temps et l'espace. Il s'agit maintenant de trouver la méthode la mieux adaptée pour localiser les zones à risque et répondre à la problématique posée.**

## **3 DONNEES ET METHODE**

Cette partie aborde la méthode utilisée pour répondre à la problématique posée, les données utilisées et les limites par rapport à l'échelle d'étude.

### **3.1 Objectifs du stage**

L'étude doit permettre d'avoir une vue précise de l'étendu des **phénomènes de ruissellement**, et de dégager des notions de coefficients de ruissellement par secteur : Cette étude doit mettre en évidence à partir d'analyses multicritères les **zones à risques**.

L'ensemble de ce travail d'étude devra caractériser les dynamiques de ruissellement sur le bassin de la Sèvre Nantaise, les territoires à risque, ceux où les enjeux sont importants. Il aboutira à la proposition de préconisations voire des opérations concrètes sur les secteurs pertinents.

La fiche de poste du stage est présentée en annexe 3.

### **3.2 Echelle de l'étude**

L'étude concerne l'ensemble du bassin versant de la Sèvre Nantaise et de ses affluents, soit environ 2350 km<sup>2</sup>.

L'analyse du fonctionnement hydrologique du bassin versant en terme de ruissellement, les traitements et la cartographie est restituée à l'échelle du bassin versant de la Sèvre Nantaise.

Cette échelle a l'avantage de caractériser une unité de fonctionnement hydrologique (de collecte du ruissellement) mais suivant la taille du bassin, précision et homogénéité des données limitent les résultats. Ce n'est pas une unité décisionnelle en termes d'aménagements.

### **3.3 Généralités sur les SIG**

Les SIG sont des outils d'aide à la décision en matière de risque et permettent d'élaborer des PPR (Plan de Prévention des Risques) qui s'impose aux PLU (Plan Local d'Urbanisme) des communes.

Il représente la réalité sous forme de couches d'informations.

L'IIBSN dispose du logiciel MapInfo. La structure de son SIG est présentée en Annexe2. Le SIG utilise le système de projection Lambert II Carto étendu.

### 3.3.1 Les données vecteur

Les données vectorielles sont représentées, de manière aussi exacte que possible, sous la forme de point, de ligne ou de surface.

### 3.3.2 Les données raster

Le mode raster correspond à une division régulière de l'espace sous la forme de cellules carrées appelées pixels, formant un maillage ou grille. La taille de ces pixels va déterminer la résolution de l'image. A chaque pixel est associé de l'information numérique ou alphanumérique (Barbier, 2002).

Le mode raster est utilisé classiquement en analyse spatiale multicritère c'est-à-dire pour croiser les différentes couches d'information et établir des cartes de vulnérabilités. C'est le module Vertical Mapper qui permet de réaliser ces fonctions.

Les MNT (Modèles Numériques de Terrain) sont des représentations numériques du relief selon une grille régulière (raster) ou irrégulière (tin) (Cemagref, 2004).

## 3.4 Méthodes

La prévision des crues peut s'organiser à l'échelle d'un bassin versant suivant plusieurs méthodes spatialement différenciées. La figure 15 fait état de ces outils.

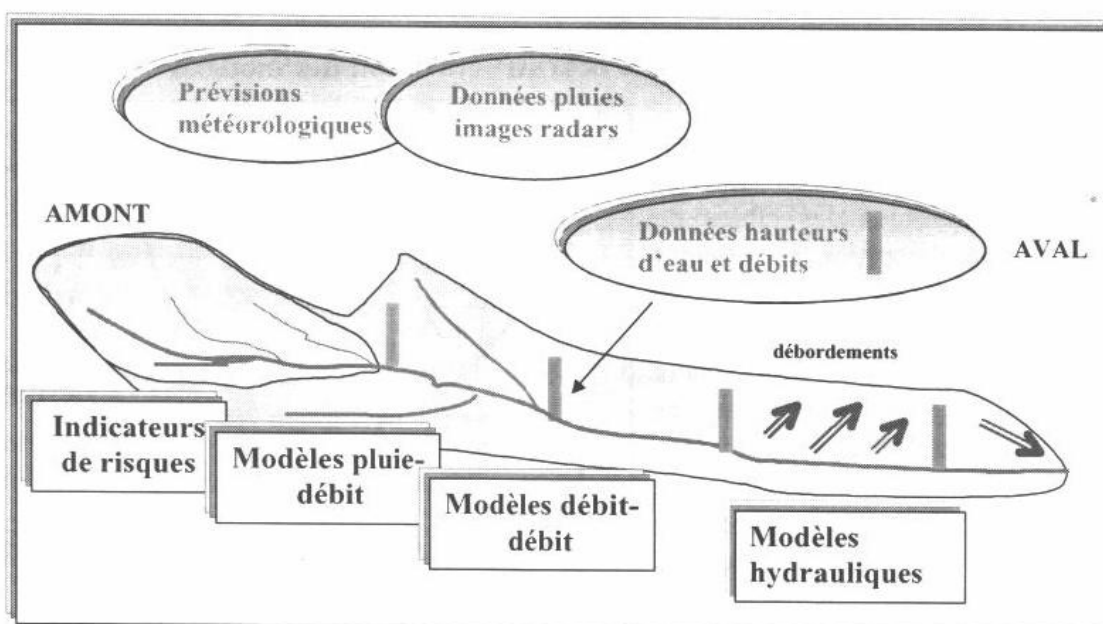


Figure 15 : Structuration des modèles de l'amont vers l'aval (AYRAL, 2005)

### 3.4.1.1 Les modèles pluie-débit

Les modèles Pluie-Débit permettent comme son nom l'indique de retrouver les débits caractéristiques de crues à partir d'une pluie d'entrée et des caractéristiques hydromorphologiques du bassin. Avec l'apport des SIG, ces modèles ont évolué pour devenir distribués, c'est-à-dire que à chaque maille du MNT est associé un hydrogramme (MERCEDES et Althair). Ces modèles sont parfois complexes et nécessitent de nombreux calages mais permettent une fois opérationnels de servir d'outil de prévisions des crues. Les modèles représentent la réalité, ils sont calés à l'aide de données mesurées et à partir d'une pluie, ils peuvent calculer l'hydrogramme en sortie.

Ils permettent d'identifier les risques en aval au niveau des zones de réception et montrent qu'il existe une relation évidente entre la taille des sous-bassins et les volumes écoulés. Mais ces modèles ne rendent pas toujours bien compte des paramètres pouvant influencer le ruissellement, notamment l'occupation du sol et ne permettent pas d'identifier les zones à risque du point de vue du ruissellement où des aménagements pour ralentir et stocker les écoulements doivent être mis en place.

Ces modèles répondent à une démarche de **prévision** des crues sur les cours d'eau.

### 3.4.1.2 Les méthodes par indicateurs

Une approche par indicateur de risque correspond à la prévision du dépassement d'un ou de plusieurs seuils précédemment établis. Ces indicateurs de risque présentent une alternative intéressante à la modélisation plus traditionnelle évoquée précédemment, notamment pour des bassins versants urbains ou des petits bassins versants avec des enjeux importants. Il faut noter toutefois que l'utilisation de ces approches nécessite des bases de données importantes. Il permet d'approcher la problématique de manière qualitative en utilisant des classes de risque.

Le principe est de passer de la variable à l'indicateur en utilisant des seuils fixés par la communauté scientifique. Ces indicateurs sont ensuite croisés pour tenir compte de l'ensemble du phénomène. L'inconvénient de la méthode est que le croisement multicritère est statique et ne prend pas en compte la dimension temporelle, dynamique du phénomène. Ils ne permettent pas de mesurer l'incidence de la position d'une surface contributive lors d'évènements pluvieux sur l'intensité de l'écoulement plus en aval. (Delahaye, Langlois, & Gaillard, 2005).

Ces modèles répondent à une démarche de régionalisation (cartographie) des surfaces contributives au ruissellement dans une logique de **prévention** des crues pour une bonne gestion de l'occupation des sols, et une démarche d'aménagement du bassin pour le ralentissement dynamique sur les cours d'eau.

### 3.4.1.3 Les automates cellulaires

Les automates cellulaires reposent sur une partition de l'espace d'études en cellules régulières reliées par leur topologie de voisinage. Chaque cellule est un automate à un nombre d'états fini. Des règles de transition s'appliquent à toute cellule (programmation orientée objet) permettant de calculer son état à un instant donné à partir de son état et de celui des cellules voisines, à l'instant précédent. Ces cellules contiennent des informations (occupation du sol, sol...) Dans le logiciel Ruicells toujours en projet, un graphe d'écoulement est généré et permet de cartographier les circulations d'eau à une échelle bien plus fine que les modèles hydrologiques des SIG classiques (Delahaye, Langlois, & Gaillard, 2005). L'avantage est d'avoir une dynamique dans le temps.

### 3.4.1.4 Choix d'une méthode

La première raison du choix de l'approche par indicateurs est la volonté de cartographier les zones à risque de ruissellement pour réduire la vulnérabilité aux inondations en amont, où la bonne gestion de l'occupation des sols et la mise en place d'aménagements permettant le ralentissement dynamique des écoulements doit être un objectif prioritaire pour l'écrêtement des crues en aval.

Disposant du logiciel MapInfo à l'IIBSN, les modèles STREAM (étude du ruissellement érosif à l'échelle de la parcelle agricole) et SWAT (étude des transferts de à l'échelle du bassin versant) implémentés dans ArcGis ne pouvait pas être utilisés dans cette étude. L'absence de modules hydrologique sur MapInfo est une autre raison plus en terme de moyens pour le choix de l'approche par indicateurs.

Cependant, dans la littérature, cette approche est utilisée pour cartographier le risque de ruissellement érosif ou les transferts par ruissellement. Elle doit être adaptée pour représenter le phénomène de ruissellement uniquement.

## 3.4.2 Les données existantes

L'IIBSN dispose des données numériques suivantes :

- la BdCarthage V3 du bassin de la Sèvre nantaise
- les Scan 25 du bassin de la Sèvre nantaise
- la BdAlti au pas de 50m du bassin de la Sèvre Nantaise
- BdOrtho pour les départements 44 et 79

Les référentiels IGN qui manquaient ont été acquis dans le cadre de cette étude : Bd Ortho 49 et 85), Bd Topo remplaçant la Bd Carto périmée pour avoir la couche communes, le réseau hydrographique et le réseau routier.



### 3.4.3 La disponibilité des données nécessaires à l'étude

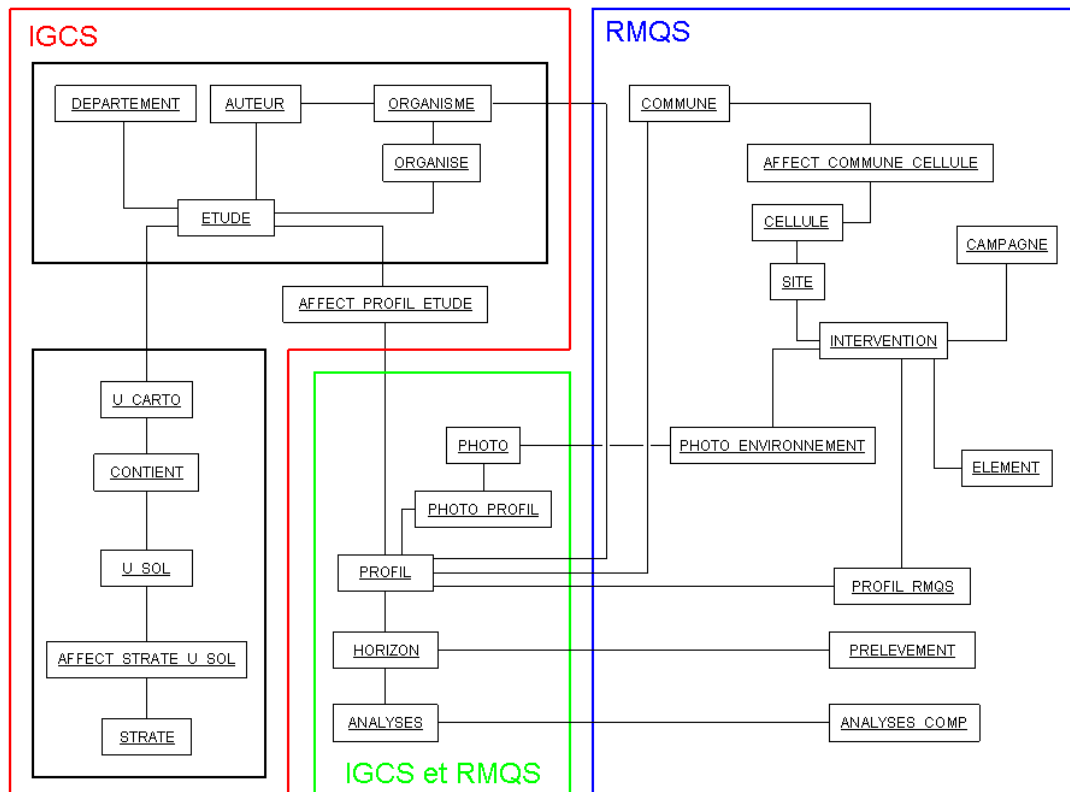
#### 3.4.3.1 *Le Ruissellement diffus*

**L'aléa pluviométrie** est caractérisé par la hauteur et l'intensité. Ces données sont fournies au près de METEO FRANCE. Des données mensuelles moyennes ont été demandées pour pouvoir tenir compte des variations saisonnières. Ces moyennes sont disponibles sur 30 ans, ce qui fournit un bon échantillon. Cependant les stations pluviométriques sont peu nombreuses sur le bassin ce qui engendre une résolution spatiale mauvaise lorsque l'on interpole ces données ponctuelles. Les intensités ne sont pas mesurables sur toutes les stations, ce qui diminue encore plus la résolution spatiale de la couche. Le manque de points sur le bassin ainsi que la difficulté de caractériser des intensités moyennes sont les raisons de la non intégration de ce paramètre dans le modèle.

**La pente** est donnée à partir de l'analyse spatiale d'un MNT. Le MNT dont dispose l'IIBSN est le MNT de la Bd Alti au pas de 50m. Cette résolution va conditionner l'échelle d'analyse multicritère. A la lumière des résultats obtenus, la nécessité de passer à un MNT de plus haute résolution (Bd Topo) sera discutée. Le calcul de pente est réalisé par le logiciel Vertical Mapper, module de MapInfo, acquis pour les besoins de l'étude. Une faible résolution du MNT a tendance à sous-évaluer les fortes pentes (Le Bissonais Y. *et al.*, 2006).

Une longue réflexion a accompagné le choix des données concernant **l'occupation du sol**. Seule la Bd CLC (Corine Land Cover) de l'IFEN fournit une couche d'information homogène sur tout le bassin versant. D'autres bases de données existent mais sur un seul département (Bd MOS du 44 fournit par la DDEA 44 et occupation du sol 79 fournit par l'IAAT). L'échelle est au 1/100000<sup>e</sup>. Cela convient pour la cartographie du bassin versant dans son ensemble. Des données plus précises d'occupation du sol nécessitent du temps et ont un coût élevé (campagne de télédétection et vérification terrain, utilisation d'une base de données commerciale de type Spot Thema). Les données de l'enquête Teruti-Lucas du SCEES Agreste ne permettent d'avoir que des statistiques d'occupation du sol, utilisables à l'échelle du département.

Les données des **caractéristiques du sol** couvrant l'ensemble du bassin n'existent qu'à l'échelle du 1/250 000<sup>e</sup>. Ces données constituent le RNP (Référentiel Régional Pédologique) du programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols). Ces données sont organisées dans la base de données Donesol (figure 16). Les cartographies au 1/50 000<sup>e</sup> ne couvrent pas la totalité du bassin. L'échelle du 1/250000<sup>e</sup>, bien que régionale permet à l'échelle du bassin versant de constituer une couche d'information homogène sur l'ensemble de la zone. Les informations de Donesol ont été demandées au près des Chambres d'agriculture des Deux Sèvres et de l'Agrocampus – INHP (données Pays de la Loire)(tableau 3).



**Figure 16 :** schéma conceptuel général du modèle de données DoneSol (d’après INRA, 2008).

Les profils de sol sont constitués d’horizons. Les UTS (Unités Typologiques de Sol) sont des profils moyens constitués de strates (horizons moyens). Cependant, des regroupements d’UTS doivent être réalisés pour les besoins de la cartographie en UCS (Unités Cartographiques de Sols), espaces localisés composés d’UTS bien identifiés dont on connaît la proportion au sein de l’UCS. La méthode de croisements des indicateurs pour l’estimation du risque de transferts de produits phytosanitaires vers les eaux établit par Rabot (2008) identifie la sensibilité à l’infiltration des sols par un score (attribution d’une note) par paramètre pour prendre en compte l’importance du paramètre dans l’infiltration puis un cumul des points et une reclassification permet de d’obtenir une classe de risque. Cette méthode a été adaptée pour correspondre à la sensibilité au ruissellement.

	Paramètre méthode RABOT (INRA)	Donnée dans la base Donesol associée	Table	Champs
Ruissellement hortonnien	Battance	Calcul IB (dépendant du Ph) ou IB simplifié	STRATE	TAUX ARGILE TAUX LIMON
	Teneur en éléments grossiers	direct	STRATE	ABONDANCE_EG
	Texture de l'horizon de surface	triangle des textures de l'Aisne	STRATE	TEXTURE_AISNE
	Fissuration des argiles (structure de l'horizon de surface)	méthode différente selon saison, pas d'utilisation de Donesol	/	/
Ruissellement par saturation	Hydromorphie	direct	U_SOL	DRAI_NAT
	Présence d'un plancher imperméable	direct	U_SOL	RPF_PROF_DIS_MOD
	RUM (réservoir utile maximal)	Calcul	STRATE AFFECT_STRATE_SOL AFFECT_STRATE_U_SOL	TEXTURE_AISNE ABONDANCE_EG NOM_STRATE PROF_APAR_MOY
	Vitesse de percolation dans le substrat	direct, liste régionale prédéfinie	U_SOL	NOM_MAT

**Tableau 3 :** Liste des paramètres et de leurs tables associées dans la base de données Donesol qui a servi à l'établissement d'un devis (ce travail)

L'accès aux données concernant les **pratiques agricoles** est plus problématique. Les données disponibles sont le RPG (Référentiel Parcellaire Graphique) représentant le pourcentage de types de cultures par îlots. Ces données ne permettent pas d'accéder à la succession culturale. Un autre problème est son échelle trop fine pour le bassin versant entier. L'entrée de données concernant les pratiques agricoles dans le modèle pose la question de l'échelle. En effet, pour pouvoir prendre en compte les pratiques agricoles dans le phénomène du ruissellement, il faut se placer à l'échelle de l'échantillon de parcelle sur un petit bassin versant.

Un autre type de données est celles qui sont rapportées à la commune, ce qui pose un problème méthodologique si on veut croiser des informations spatiales représentant un paramètre particulier. En effet, la commune n'est pas un territoire qui représente de façon fonctionnelle un phénomène. Ainsi, les données du RGA et de la PAC sont dans ce cas. On peut connaître la quantité de surfaces drainées, de surfaces d'un type de culture donnée, leur évolution (ceci a déjà fait l'objet d'une cartographie dans l'étude SAGE de la Sèvre Nantaise). Les données statistiques de l'enquête pratiques culturelles du SCEES Agreste sont quand à elles inutilisables à l'échelle considérée puisque l'on peut analyser les résultats qu'au niveau des départements, ce qui est insuffisant. Les données agricoles ne seront donc pas prises en compte dans le traitement cartographique mais des recommandations en termes de gestion et de futures études à une autre échelle sur de zones localisées seront abordées dans la dernière partie.

#### 3.4.3.2 Le ruissellement concentré

La **surface drainée cumulée** peut être calculée à partir du MNT. Cependant, le logiciel Vertical Mapper ne permet pas l'analyse hydrologique. Le traitement a donc été effectué avec le logiciel libre SAGA GIS.

Pour prendre en compte l'**aléa ruissellement diffus** et la **rencontre de surfaces potentiellement infiltrantes**, il faut pondérer la surface drainée cumulée avec la couche d'aléa ruissellement diffus cartographié.

Les effets de canalisations des écoulements ne sont pas pris en compte dans ce modèle. Cependant, le linéaire de haie, les talus ainsi que l'organisation parcellaire sont des données qui se collectent à une grande échelle, du petit bassin versant ou de l'exploitation.

### 3.4.4 Les données demandées

Paramètres	Données	Description de la donnée	Echelle / Résolution	Organisme propriétaire	Coût en euros	Utilisation dans le modèle	Limites
Déclivité de la pente	MNT Bd Alti	raster : grille de points	50 m	IGN	/	ruissellement diffus et concentré	fixe l'échelle d'analyse
Surface drainée cumulée	MNT Bd Alti	raster : grille de points	50 m	IGN	/	ruissellement concentré	fixe l'échelle d'analyse
Caractéristiques physiques du sol et du sous-sol	BD Donesol	vecteur : données surfaciques	1 / 250 000	IAAT et Chambre d'agriculture(Deux Sevres) INH (Pays de la Loire)	2394,388	ruissellement diffus dans des conditions non saturées	Résolution spatiale
Occupation sol	Corine Land Cover	vecteur : données surfaciques	1 / 100 000	IFEN	/	ruissellement diffus	Résolution spatiale, dates disponibles : 1990, 2000, 2006
Hauteurs (moyennes mensuelles sur 30 ans, normalisé par saison)	Météo France	vecteur : grille de points	interpolation 3 km	Météo France	735,54	ruissellement diffus	Résolution spatiale grossière mais bonne résolution temporelle
Intensité (moyennes mensuelles sur 30 ans, normalisé par saison)	Météo France	vecteur : grille de points	interpolation 3 km	Météo France	non demandé	ruissellement diffus	Résolution spatiale et temporelle grossière
Réseau hydrographique plans d'eau, communes et réseau routier	BD Topo	vecteur : données surfaciques	1/ 25 000 pour Topo	IGN	10056,7875	Fond de carte, ne participe pas au traitement, mise à jour de la BD Carto périmée	résolution spatiale bonne, pas une vraie couche d'occupation du sol
BD Ortho	IGN	raster	2m	IGN	1675,17	pas de participation au traitement, visualisation des surfaces incriminées	/
Pratiques agricoles	RGA	fichier excel	commune	DDRAAF Pays de la Loire	210	suivi des pratiques agricoles	Information rapportée à la commune
Types de cultures	RGP 2007	vecteur : données surfaciques	îlot	DDRAAF Pays de la Loire et DDEA 79	/	suivi des pratiques agricoles	types de cultures mais pas les pratiques
Arrêtés Catastrophes Naturelles	BD Gaspar	fichier excel	commune	MEDDAT	/	validation	Information rapportée à la commune

**Tableau 4 :** Récapitulatif des données demandées (ce travail)

### 3.4.5 Les logiciels d'analyse spatiale utilisés

Les logiciels qui ont d'analyse spatiale qui ont été acquis pour les besoins de l'étude sont :

Nom	Organisme	Coût (TTC)
Vertical Mapper	MapInfo	3384,68
SAGA GIS	SAGA User Group Association	/

**Tableau 5 :** Logiciels utilisés pour les besoins de l'étude (ce travail)

### 3.5 Organisation de l'étude

Les délais de l'étude est de 6 mois.

phases \ mois	février	mars	avril	mai	juin	juillet
bibliographie et élaboration de la méthode						
acquisition des données nécessaires à l'étude						
acquisition des logiciels nécessaires à l'étude						
traitements des données						
analyse des résultats						
recommandations de gestion						

**Tableau 6 : Organisation des différentes phases du stage**

Une réunion avec un comité de pilotage réunissant les partenaires de l'IIBSN dans la mise en œuvre du PAPI (DDEA, DIREN, AELB, chambres d'agricultures) a été organisée fin mars pour présenter et valider la méthode employée pour l'étude.

Une notice explicative de la méthode a été réalisée pour les financeurs (organismes d'Etat) faisant office de cahier des charges (annexe 4).

La collecte de données est l'étape la plus longue (identification des possesseurs de données, contact, établissement d'un devis ou d'une convention jusqu'à réception des données). La phase de traitements s'est avérée beaucoup plus longue que prévue, des paramètres n'ayant pas été pris en compte comme la « propreté des tables », c'est-à-dire le respect de règles topologiques (comme par exemple, la règle de non contigüité des objets) des données reçues.

Une réunion de présentation associée à la validation finale de l'étude sera programmée à l'issue de ces 6 mois.

### 3.6 Validation des résultats

Les cartes sont validées par comparaison avec les données de la Bd Gaspar des arrêtés Catastrophes Naturelles du MEEDDAT. Tous les risques majeurs y sont recensés. Les communes, lorsqu'elles subissent des dommages, prennent un arrêté préfectoral pour se faire rembourser. L'utilisation de cette donnée est une recommandation de la DDEA 49 qui a été effectuée au cours de la réunion du comité de pilotage mis en place pour valider

la méthode au mois de mars 2009. On trouve également cette recommandation dans la bibliographie (Le Bissonais Y. *et al.*, 2006). Ne disposant d'aucune donnée de terrain sur les thalwegs, c'est la Bd topo du réseau hydrographique qui permet de vérifier les bons axes d'écoulement.

## 4 TRAITEMENTS REALISES ET ANALYSES

Cette partie résume le travail de traitement de données qui a été réalisé. L'atlas cartographique fournit en A3 ainsi que les annexes descriptives des traitements est à regarder en parallèle.

### 4.1 Constitution des différentes couches d'information

#### 4.1.1 L'aléa pluviométrie

Après réception des données METEO France, Les données hauteurs de pluie moyennes mensuelles de 1976 à 2005 par station sont entrées dans le SIG grâce aux coordonnées géographiques des stations. Ensuite, le logiciel Vertical Mapper préalablement commandé et installé permet d'interpoler les données vectorielles ponctuelles en une grille raster numérique qui recalcule les valeurs pour chaque pixel entre les stations pluviométriques.

Les moyennes mensuelles de précipitations sur 30 ans sont additionnées par saison pour rendre compte de la variabilité temporelle de l'aléa. Ceci permet de rendre compte de la différence de comportement hydrologique du bassin : les crues hivernales et automnales étant liées à de longues pluies et les crues estivales étant liés aux orages (courtes pluies intenses). La saison hivernale est considérée comme se déroulant de novembre à avril tandis que la saison estivale se déroule de mai à octobre.

Il existe différentes méthodes d'interpolation des données qui ont toutes été testées. Leur comparaison est fournie en annexe 5 du rapport. La méthode d'interpolation choisie est *natural neighbor* (plus proche voisin).

#### 4.1.2 La déclivité de la pente

Elle est calculée sous Vertical Mapper à partir du MNT au pas de 50m (Carte3a). Le principe de la méthode de calcul et le déroulement du traitement est présenté en annexe 6. La carte 3b en présente les résultats.

La carte des pentes a été reclassée selon les classes largement admises et utilisées dans les approches par indicateurs. Sur les pentes supérieures à 10 %, les ruissellements sont considérés comme inéluctables.



### 4.1.3 L'occupation du sol

Les classes Corine Land Cover 2006 et 1990 sont reclassées selon une abaque de correspondance avec les classes d'occupation du sol américaines de la méthode américaine du SCS classées par ordre de sensibilité au ruissellement. (annexe 7)

Les cartes 4a et 4b montrent cette classification.

### 4.1.4 La sensibilité du sol au ruissellement

L'adaptation de la méthode de croisements des indicateurs pour l'estimation du risque de transferts de produits phytosanitaires vers les eaux établit par Rabot (2008) a modifié les classes de risques correspondant à l'infiltration par des classes correspondant au ruissellement. Les seuils restent identiques, seul l'ordre des classes est modifié. Le reste de la méthode est identique. Pour chaque paramètre, une note est affectée selon la classe. Cette note est plus ou moins élevée selon l'importance du phénomène. Puis, les points sont cumulés pour chaque UTS. Les UCS sont ensuite agrégés par modalité dominante et la carte de sensibilité du sol au ruissellement établie. Le détail du traitement est présenté en annexe 8.

### 4.1.5 La surface drainée cumulée

A l'aide de données topographiques et d'un logiciel permettant l'analyse hydrologique des modèles numériques de terrain, on peut calculer la quantité de surface drainée pour chaque pixel du bassin versant, ce qui permet de visualiser les trajets préférentiels du ruissellement ainsi que leur importance sur le bassin en fonction de la topographie. Ce calcul ne tient pas compte des fossés de drainage agricoles qui peuvent canaliser les écoulements.

L'accumulation de flux dans chaque maille est calculée avec l'aide du logiciel libre SagaGIS (figure 15).

Le détail du traitement est présenté en annexe 9.

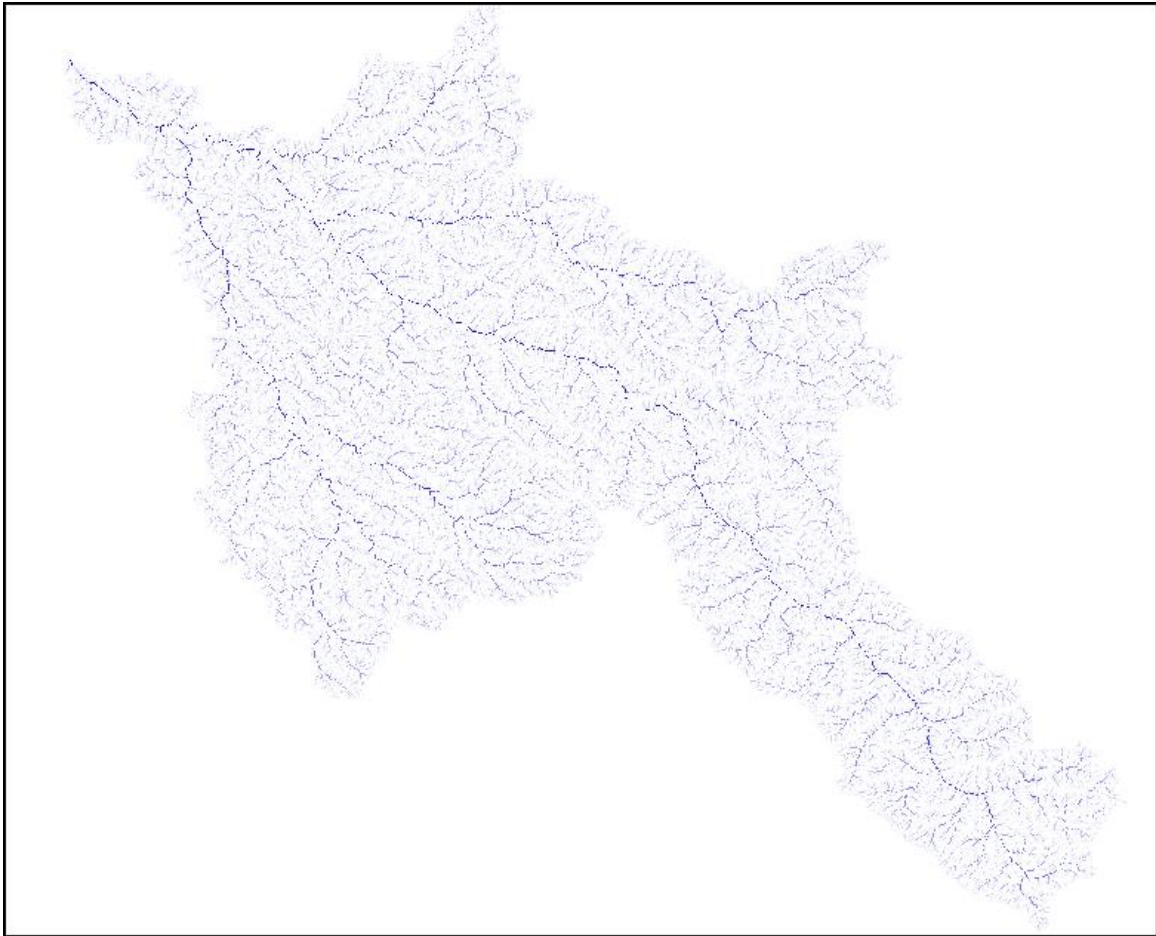


Figure 17 : Raster d'accumulation de flux obtenu avec SagaGIS (ce travail)

#### 4.1.6 Les arrêtés Catastrophes Naturelles

La base des arrêtés Catastrophes Naturelles (inondations et coulées de boue) permet d'identifier le nombre d'arrêtés par communes. Les données ont demandées des prétraitements sur Access et Excel avant de pouvoir en faire l'analyse sous SIG. Les cartes 10a et 10b montrent le nombre d'arrêtés par communes en hiver et en été.

## 4.2 Croisements réalisés

### 4.2.1 Le calcul du coefficient de ruissellement par la méthode SCS

La méthode du Soil Conservation Service consiste en la détermination pixel par pixel des taux de coefficients de ruissellement en réponse à une pluie de référence centennale moyenne sur le bassin pour des sols et des occupations des sols donnée. Pour cela, on calcule le Curve Number (CN) à partir d'une table de croisement. La pluie centennale moyenne sur le bassin est de 64mm (SOGREAH consultants et IIBSN, 2006).

La classification des sols diffère de la méthode SCS car la classification américaine est ici remplacée par la classification française selon la méthodologie de croisement des indicateurs de la sensibilité au ruissellement de l'INRA (annexe 10) (carte 6a et 6b).

#### 4.2.2 L'établissement de la sensibilité du bassin versant au ruissellement diffus

Le croisement des indicateurs pentes, sol et occupation du sol permet de déterminer spatialement les zones potentiellement ruisselantes du bassin (carte 7a et 7b).

#### 4.2.3 La cartographie de l'aléa ruissellement diffus

Ce dernier croisement permet d'identifier les surfaces contributives au ruissellement (carte 8a et 8b).

Cependant les zonages de l'aléa « précipitations » très grossiers, du fait de l'uniformité de la couche précipitations dans l'espace limitent la pertinence des résultats.

#### 4.2.4 La cartographie de l'aléa ruissellement concentré

La surface drainée cumulée peut être calculée via un poids qui augmente ou diminue la concentration. Ainsi la couche aléa ruissellement va pouvoir pondérer la surface drainée et ainsi se rapprocher des modèles en temps réels. La classification des surfaces drainées permet ensuite de visualiser des chemins d'écoulement, les thalwegs plus ou moins concentrés en eau (carte 9).

Cependant, en superposant le réseau de ruissellement à une carte de l'IGN, on observe tout de suite les limites d'utilisation d'un réseau construit à l'aide d'un MNT 50m, qui ne peut pas être utilisé à l'échelle de l'aménagement. La carte étant statique, elle ne représente pas la dynamique des ruissellements.

### **4.3 Résultats et analyses**

#### 4.3.1 Les arrêtés Catastrophes Naturelles

On remarque qu'il y a plus de communes sont touchées en hiver qu'en été. (55 en hiver et 42 en été), ce qui est cohérent avec les hauteurs de pluie cumulées plus importantes en période hivernale. Mais si les arrêtés touchent moins de communes, ils sont plus nombreux sur une même commune (orages fréquents). Les communes de Cholet et de la Séguinière sur le bassin de la Moine sont les plus touchées par le risque en été.

Globalement, ce sont les mêmes communes en hiver et en été qui sont touchées par le risque d'inondations et de coulées de boue mais pas avec la même importance.

Les arrêtés sont de plus en plus nombreux d'amont en aval, ce qui est logique car les écoulements sont de plus en plus concentrés et génèrent plus de débit. Cependant,

certaines communes qui sont en amont de bassin versant sont touchées par le risque : Secondigny et le Beugnon pour la Sèvre amont, la partie sud du bassin de la grande Maine, de la Sèvre moyenne et Sèvre et Ouin (de L'Oie à Saint Pierre du Chemin en suivant les limites du bassin versant d'ouest en est) et des communes en amont du bassin de la Moine également (Yzernais).

### 4.3.2 Les différents paramètres

#### 4.3.2.1 *Les pluies*

A l'issue de ce traitement, 2 cartes sont produites (carte 2a et 2b). On observe qu'il pleut plus en hiver qu'en été et que la répartition spatiale des pluies se modifient peu entre les deux saisons. Les parties amont au sud du bassin sont les plus touchées (relief plus important) et la zone au nord du bassin de la Sanguèze est la région qui reçoit le moins de pluie.

#### 4.3.2.2 *Les pentes*

Assez logiquement la carte des pentes (carte 3b) fait ressortir le réseau hydrographique, s'écoulant selon la plus grande pente. Deux secteurs sont particulièrement pentus : L'amont du bassin de la Crême et la rive gauche de la Sèvre nantaise au niveau du sous-bassin Sèvre et Ouin.

#### 4.3.2.3 *L'occupation du sol*

L'urbanisation reste limitée de 1990 à 2006 (carte 4a et 4b). Les principaux changements concernent les cultures. Les zonages de risque seront vraisemblablement inchangés entre ces dates. Cholet, Nantes et Les Herbiers sont les régions les plus urbanisées du bassin. On remarque les zones à risque peuvent donc être dues à un seul facteur important ou à des facteurs moyens qui regroupés peuvent donner une sensibilité forte (carte 7a et 7b).

#### 4.3.2.4 *Le sol*

Les cartes obtenues (5a et 5b) issues du croisement des paramètres pentes, occupation du sol, et sol montrent peu de différence de sensibilité entre les saisons hivernales et estivales : seul le bassin de la Petite Maine présente une sensibilité moins élevée à cause des textures argileuses susceptibles de se fissurer et d'améliorer ainsi l'infiltration en été. Les sols sensibles sont localisés en hiver sur le bassin des Maines Vendéennes. Les surfaces urbaines ont la plus grande sensibilité.

### 4.3.3 L'analyse spatiale multicritère

#### 4.3.3.1 *L'aléa ruissellement diffus*

Ce dernier croisement permet d'identifier les surfaces contributives au ruissellement (carte 8a et 8b).

Nous pouvons remarquer sur les cartes produites que les zonages de l'aléa précipitations qui ont servi au traitement sont très grossiers du fait de l'uniformité de la couche précipitations dans l'espace.

Une zone peut devenir à risque à cause d'un seul facteur important ou de facteurs moyens qui regroupés qui peuvent donner une sensibilité forte.

Les résultats permettent de montrer des zones à risque sur le bassin (carte 11a et 11b) :

Eté comme hiver, les surfaces les plus contributives au ruissellement sont les secteurs urbanisés de Nantes, Cholet, les Herbiers, Mauléon, Montcoutant mais également sur le bassin de la Sèvre Amont des communes de La Forêt sur Sèvre, Menomblet et Saint Pierre du Chemin.

Uniquement en hiver, l'amont du bassin des Maine Vendéennes est très producteur de ruissellement, ce qui est dû aux textures argileuses imperméables sur la zone. La région de Montaigu passe en zone très productrice l'été alors qu'elle ne l'était pas en hiver car la pluie y était moins fréquente.

Les secteurs de l'amont du bassin de la Crême et la rive gauche de la Sèvre nantaise au niveau du sous-bassin Sèvre et Ouin très pentus voient leur note de risque finale diminuée du fait des 3 autres paramètres.

#### 4.3.3.2 *L'aléa ruissellement concentré*

La surface drainée cumulée peut être calculée via un poids qui augmente ou diminue la concentration. Ainsi la couche aléa ruissellement va pouvoir pondérer la surface drainée et ainsi se rapprocher des modèles en temps réels. La classification des surfaces drainées permet ensuite de visualiser des chemins d'écoulement, les thalwegs plus ou moins concentrés en eau (carte 9).

Cependant, en superposant le réseau de ruissellement à une carte de l'IGN, on observe tout de suite les limites d'utilisation d'un réseau construit à l'aide d'un MNT 50m, qui ne peut pas être utilisée à l'échelle de l'aménagement. La carte étant statique, elle ne représente pas la dynamique des ruissellements.

## **4.4 Validation des résultats**

Les cartes 12a et 12b superposent les communes à risque d'inondation et coulées de boue avec les zonages à risques réalisés. Cependant, avant d'interpréter ces résultats, il faut faire attention au déroulement du phénomène de ruissellement dans le temps. Les communes subissant des risques d'inondation et coulée de boue sont les zones de réception ou de conduction des écoulements alors que les surfaces identifiées en sont à l'origine. Une surface à risque identifiée peut ne pas causer de dégâts à l'endroit où elle se trouve mais causer des dégâts plus tard en aval.

La dimension de cumul est aussi à prendre en compte. Plusieurs surfaces peuvent être à l'origine d'un risque.

Les secteurs identifiés comme à risque sur le bassin Sèvre amont ou les Maines Vendéennes peuvent générer des écoulements qui auront une répercussion plus en aval.

Des répercussions directes très rapides sont à remarquer au niveau des secteurs de Cholet, Mortagne-sur-Sèvre et des Herbiers. Ces secteurs très urbains avec de pentes plutôt élevées se situent très proches des grands cours d'eau, l'impact est donc visible directement. La zone d'aléa rejoint la zone inondable sur ces secteurs ;

Les données du MEEDDAT n'invalident pas les résultats mais seul un suivi temporel et spatial des écoulements peuvent permettre de vérifier réellement la provenance des forts écoulements.

**Nous avons pu grâce à l'approche par indicateurs simples localiser les différentes zones de production et de concentration des écoulements. La question qui se pose est maintenant la prévention du phénomène sur le bassin versant.**

## 5 DISCUSSION

### 5.1 Aspects critique du modèle

Les points positifs du modèle est qu'elle permet de spatialiser l'aléa où la bonne gestion de l'occupation du sol est importante.

Mais l'analyse spatiale par simple addition de couches a ses limites en termes de méthode. Toutes les couches ont le même poids ici. On peut pondérer chaque paramètre mais on ne connaît pas l'importance relative des paramètres.

La couche pluviométrie utilisée ne représente pas la réalité mais des moyennes, l'aléa ruissellement est donc un ruissellement moyen.

Si on fait varier la discrétisation des classes de risques, les résultats peuvent varier très rapidement. Les seuils de risques, fixés par dire d'experts possèdent une certaine part de subjectivité.

Un autre inconvénient est de considérer les paramètres comme indépendants entre eux. En effet, Le sol des forêts ne présentent pas de battance. Ainsi, une autre méthode est de construire un arbre de décision qui note le risque en tenant compte de l'influence d'un paramètre sur l'autre. (exemple de l'arbre de décision servant à déterminer le risque érosif en France (Le Bissonais, 2002).

### 5.2 Recommandations pour des études à une échelle plus fine

Nous avons pu déterminer les zones productrices de ruissellement sur le bassin mais l'échelle de l'étude ne permet pas d'aller jusqu'à localiser où placer des aménagements servant au ralentissement dynamique, qui retiennent ou freinent les écoulements pour étaler dans le temps les volumes de crues et ainsi diminuer le débit de pointe des crues.

Sur ces zones identifiées, on peut sélectionner celles qui auraient le plus d'enjeux pour fournir une zone de bassin test pour une étude du ruissellement à une échelle plus fine. En effet, Seul le changement d'échelle au petit bassin versant ou groupement de parcelles peut permettre la localisation précise des écoulements et d'accéder aux données pratiques culturelles et à leurs impact sur le bassin en favorisant la production ou la canalisation des écoulements. Cette réflexion menée à grande échelle peut permettre de proposer des aménagements à réaliser à des emplacements précis.

Sur ces zones, les données du modèle pourront être améliorées et enrichies et un modèle pluie-débit est à envisagé pour mesurer l'impact des différents paramètres et s'en servir pour des actions de communication :

La méthodologie employée pour la récolte de données à grande échelle peut être selon les données voulues:

- travail de terrain
- une enquête auprès des agriculteurs, sur les pratiques culturales à risque
- l'analyse d'images satellites très haute résolution sur plusieurs saisons pour étudier l'occupation du sol dans le temps, l'organisation parcellaire (succession culturale et disposition spatiales des parcelles) ainsi que le sens de travail du sol...

### 5.2.1 Les données concernant le modèle pouvant être améliorées

#### 5.2.1.1 *topographie*

L'acquisition du MNT au pas de 20m de la Bd Topo de l'IGN ou des levées topographiques de terrain qui permettent la constitution d'un MNT par interpolation des points pourront être envisagées. Le recensement des thalwegs secs et des ravines créés par l'érosion diffuse à concentrée pourra vérifier les trajets d'écoulement.

#### 5.2.1.2 *Les données sol*

Les données sol pourront être constituées à une échelle plus fine, au moins, au 1 / 50000<sup>e</sup>.

#### 5.2.1.3 *Les données occupation du sol*

Les données de l'occupation du sol : couvert végétal et imperméabilisation pourront être constituées par l'analyse d'images satellite, de photographies aériennes, et par validation sur le terrain.

#### 5.2.1.4 *Les données pluviométrie*

Les données pluviométriques pourraient être utilisées en entrée avec un outil de type modèle pluie-débit distribué permettant d'avoir l'hydrogramme d'un pixel à chaque pas de temps, du pluviomètre au limnimètre.

#### 5.2.1.5 *Les données pratiques agricoles*

L'utilisation d'un modèle à une échelle plus fine permet de proposer des aménagements adéquats. L'état des lieux des pratiques agricoles permet d'identifier les zones à risques d'un point de vue pratiques agricoles. On peut faire cet état des lieux sur l'ensemble du bassin versant au 1 / 10 000<sup>e</sup> mais cela nécessite une lourde mise en œuvre. Il doit se faire en priorité sur les bassins versants test. L'inventaire des haies et des zones humides a débuté sur l'ensemble du bassin versant. L'ensemble des talus et fossés devra aussi être



recensé. Enfin, un travail sur le types de succession culturales (avec ou sans interculture) sur le bassin devra être mis en place.

### 5.2.2 Montrer l'impact des paramètres sur le risque d'inondation

Le modèle pluie-débit est à envisager pour étudier l'impact des paramètres sur le débit (sur des bassin test) et ainsi alimenter les actions de communication sur le bassin sur les pratiques culturales à risques et l'évolution de l'occupation du sol (imperméabilisation).

Les pratiques agricoles engendrent des risques connus mais difficilement quantifiables : position et quantité des haies, fossés, talus, sens de travail du sol et des motifs agraires, type de succession culturelle (cultures et intercultures), enherbement ou non des interrangs des fourrières, quantité de prairies humides hivernales, drainage.

Pour évaluer l'impact de l'urbanisation sur le bassin, et sensibiliser les acteurs concernés, il faut pouvoir apprécier une évolution significative, à un pas de temps relativement important et sur un sous-bassin où elle a été relativement importante pour pouvoir espérer avoir des résultats en termes de modification du débit de crue.

La pluie d'entrée est fixe, on fait varier un seul paramètre.

Les études complémentaires sont donc de deux types :

- Analyse de l'impact de paramètres influençant le ruissellement à l'aide de modèle pluie-débit sur de petits bassins test et ainsi aider à la communication et la sensibilisation.
- Observatoire à grande échelle des différents paramètres influençant le ruissellement, notamment les pratiques agricoles pour mieux identifier où mettre en place des aménagements permettant de réduire l'impact du ruissellement.

## **5.3 Recommandations de gestion des zones identifiées**

Si les zones identifiées sont grossières, des recommandations générales peuvent être faites sur ces zones : elles sont de deux types : la gestion de l'occupation du sol (non création de vulnérabilité nouvelle) et le ralentissement dynamique (contrôle de l'aléa)

### *5.3.1.1 Gestion de l'occupation du sol par la réglementation*

La réglementation grâce aux PPRI et aux PLU peut permettre sur les zones identifiées comme à risque de freiner voire d'interdire l'expansion de l'urbanisation. L'acquisition de zones naturelles par l'Etat ou les collectivités notamment les zones humides, permet de protéger les zones d'expansion des crues.

### 5.3.1.2 *Le ralentissement dynamique*

Le ralentissement dynamique est le principe de certains aménagements consistant à freiner ou retenir l'eau pour favoriser l'infiltration et étaler les volumes écoulés dans le temps et ainsi diminuer les impacts en aval des inondations en intensité (Cemagref-MEEDDAT, 2004).

Les aménagements concernent les surfaces rurales et les surfaces urbaines :

Parmi les aménagements ruraux, on trouve les systèmes haies-fossés-talus, barrières végétales et bandes enherbées, qui freinent le ruissellement s'ils sont placés de manière perpendiculaire à la pente dont l'espacement doit diminuer si la pente augmente, les voies d'eau de surface temporaires (chenaux et fossés enherbés), la bonne gestion des cultures de couverture intercalaires et intercultures, une rotation des cultures et une diversité spatiale permet le maintien d'un couvert végétal permanent. Après les pluies, la pratique du billonnage permet de casser la croûte de battance qui imperméabilise les sols. Mares et retenues d'eau permettent les stockages temporaires.

Pour les aménagements urbains, toits stockant végétalisés, chaussées filtrantes, noues, bassins de rétention sec en eau sont des exemples de travaux peuvent être mis en places pour réduire le ruissellement.

**Ces aménagements nécessitent la gestion concertée des acteurs du bassin, notamment les agriculteurs, indispensables pour la mise en place des actions.**

## CONCLUSION

La question de la prévention des risques d'inondations pose le problème de la maîtrise du phénomène de ruissellement. Ce stage a permis de mieux en connaître les causes, son fonctionnement dans le temps et dans l'espace. C'est un phénomène dynamique qui nécessite pour pouvoir le caractériser, d'acquérir de nombreuses données. Les contraintes d'échelle et de méthodologie conditionnent la précision des résultats.

Le modèle statique élaboré a permis de croiser des données climatologiques, topographique, pédologiques et sur l'occupation du sol. L'élaboration de la méthode d'analyse multicritère employée a permis de cartographier les zones les plus productrices de ruissellement, où la non création de nouvelle vulnérabilité par une mauvaise gestion de l'occupation du sol est une étape-clé dans la lutte contre les inondations et où les principales actions devront être menées.

Si la méthode est relativement simple à mettre en place, la collecte de données est très lourde, particulièrement dans les cas où la zone recoupe plusieurs structures administratives comme c'est le cas pour le bassin de la Sèvre Nantaise. Ces données ne sont parfaites, en effet, les données sol par exemple, ne sont utilisables qu'à une échelle grossière et malgré un modèle conceptuel de données identique au niveau national, les données ne sont pas homogènes sur l'ensemble du bassin versant. La longueur des traitements qui y sont associés limitent la reproductivité de la méthode.

Pour mieux convaincre les acteurs de limiter l'urbanisation et de modifier leurs pratiques culturelles sur les secteurs à risque, l'étude de l'évolution de l'occupation du sol sur des bassins test peut être un outil adapté mais nécessite l'utilisation d'autres modèles intégrant la dimension temporelle.

Pour mieux aménager le bassin versant de la Sèvre Nantaise, la mise en place d'un observatoire des pratiques culturelles aggravant le phénomène de ruissellement engageant l'ensemble des acteurs du bassin peut être mis en place. Ces données récoltées à une échelle bien plus fine peuvent enrichir le modèle utilisé.

Les SIG, au cœur de la gestion des espaces à fortes contraintes dont le bassin de la Sèvre Nantaise est un exemple, sont des outils indispensables pour cartographier, analyser les territoires et apporter une aide à la décision. Leur utilisation dans l'étude des risques tend à intégrer la dimension temporelle des phénomènes comme en témoigne les outils actuellement développés.



# BIBLIOGRAPHIE

---

AYRAL, P.-A. (2005). *Contribution à la spatialisation du modèle opérationnel de prévision des crues éclair ALHTAÏR*. Alès: UNIVERSITE DE PROVENCE- AIX-MARSEILLE I.

Barbier, P. (2002). *VERTICAL MAPPER V2.6 - Livret 1*. MARNE LA VALLÉE: IGN - ENSG.

BRGM. (2007). *Atlas des risques majeurs de l'Oise - Cartographie des risques - Phénomènes naturels et principaux enjeux*. BRGM.

Cemagref. (2004). *Valorisation de l'information issue de l'observation de la terre dans l'établissement des cartes d'aléa extrêmes*. Montpellier: Cemagref.

Cemagref-MEEDDAT. (2004). *Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations*.

Dautrebande, S., & Colard, F. (2003). *Cartographie des zones à risque de ruissellement et d'érosion*. Gembloux, Belgique: Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques (FUSAGx).

Delahaye, D., Langlois, P., & Gaillard, D. (2005). *Cartographie, évaluation économique et dispositifs administratifs comme instruments d'une appropriation et d'une organisation collective du risque de ruissellement érosif*. Caen: Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire.

Echeverria, J. (2006). *Modélisation d'accompagnement et gestion des problèmes de ruissellement érosif en Haute Normandie*. Paris: INRA.

Gineste, P. (1995). *Téledétection spatiale et modélisation du fonctionnement hydrologique des petits bassins versants*. Montpellier: Laboratoire commun de téledétection, CEMAGREF-ENGREF.

GUITON, M. (1998). *Ruissellement et risque majeur. Phénomènes, exemples et gestion spatiale des crues*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Environnement et génie urbain.

GUIFON, M. (1998). *Ruissellement et risque majeur. Phénomènes, exemples et gestion spatiale des crues.* (E. e. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Éd.)

IIBSN. (2003, décembre). *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin de la Sèvre Nantaise (Document Principal).* 68. LA ROCHE-SUR-YON.

IIBSN. (2003). *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin de la Sèvre Nantaise.* Document principal, La Roche-sur-Yon.

INRA. (2008). *DoneSol version 2.0 Dictionnaire de données.* Orléans: INRA.

Le Bissonais Y. et al. (2006). *Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols.* INRA ; BRGM.

Michel, P.-M. (2008). *Réduction de l'impact des ouvrages hydrauliques sur le bassin de la Sèvre Nantaise.* La Roche-sur-Yon: IIBSN.

Ponsaud, C. (2007). *Modélisation du ruissellement hivernal des sols agricoles drainés. Application du modèle STREAM sur le bassin versant de Goins (77).* Antony, 92: Cemagref.

Rabot, E. (2008). *Etablissement d'une méthode générique d'estimation du risque de transferts de produits phytosanitaires vers les eaux à l'échelle régionale.* Orléans: INRA.

Ruelland, D., Laurent, F., & Trébouet, A. (2004). *Spatialisation de successions culturales à partir d'images HRV de spot pour une intégration dans un modèle agrohydrologique.* Le Mans: Éditions scientifiques GB.

SCE et IIBSN. (2000). *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du Bassin de la Sèvre Nantaise.* Phase I : Diagnostic - Etat des lieux, Nantes.

SOGREAH consultants et IIBSN. (2006). *Etude de définition d'un schéma directeur et d'un programme de prévention des inondations sur le bassin de la Sèvre Nantaise.* Rapport de phase 1, Saint Herblain.

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

---

<b>Figure 1</b> : Part du département dans la superficie du bassin.....	3
<b>Figure 2</b> : Part des sous-bassins dans la superficie du bassin de la Sèvre Nantaise .....	5
<b>Figure 3</b> : Seuil du moulin de Gervaux	
<b>Figure 4</b> : Clapet automatique de Braud.....	6
<b>Figure 5</b> : Ruissellement hortonien .....	16
<b>Figure 6</b> : Ruissellement sur surface saturée .....	16
<b>Figure 7</b> : Ruissellement hypodermique .....	17
<b>Figure 8</b> : Hydrogramme (débit en fonction du temps) .....	17
<b>Figure 9</b> : Comportement hydrologique et modélisation .....	18
<b>Figure 10</b> : Schéma et processus simplifié de l'érosion en haute Normandie.....	20
<b>Figure 11</b> : Principales structures hydrogéomorphologiques .....	21
<b>Figure 12</b> : Différents types d'inondation.....	22
<b>Figure 13</b> :Schéma de synthèse des relations entre les différents aléas et les liens entre hydrologie et géographie.....	23
<b>Figure 14</b> : zonage des risques .....	23
<b>Figure 15</b> : Structuration des modèles de l'amont vers l'aval .....	30
<b>Figure 16</b> : schéma conceptuel général du modèle de données DoneSol. ....	34
<b>Figure 17</b> : Raster d'accumulation de flux obtenu avec SagaGIS .....	42
<b>Tableau 1</b> : Nombre de communes concernées par département et superficie du département incluse dans le bassin .....	2
<b>Tableau 2</b> : Récapitulatif des paramètres endogènes du ruissellement .....	25
<b>Tableau 3</b> : Liste des paramètres et de leurs tables associées dans la base de données Donesol qui a servi à l'établissement d'un devis.....	35
<b>Tableau 4</b> : Récapitulatif des données demandées .....	37
<b>Tableau 5</b> : Logiciels utilisés pour les besoins de l'étude .....	37
<b>Tableau 6</b> : Organisation des différentes phases du stage .....	38

# **BINJAMIN Franck**

## *Cartographie des risques de ruissellement sur le Bassin de la Sèvre Nantaise*

### *Résumé*

---

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise est soumis à des crues rapides de plus en plus fréquentes, favorisées par un ruissellement important. Une partie de la population, vivant à proximité des cours d'eau, est ainsi soumise aux risques de crues et d'inondations. Cette situation induit, lorsque les biens et les personnes sont touchés, un coût pour l'Etat et les collectivités territoriales. Pour mieux prévenir les inondations, il faut connaître avec précision l'étendue du phénomène de ruissellement pour pouvoir le modéliser sous SIG. La construction d'indicateurs de risque à partir de données collectées auprès des différents organismes concernés et l'élaboration d'un modèle par analyse multicritère permet de localiser les zones les plus ruisselantes sur le bassin. Cette localisation va permettre de définir des zones prioritaires d'action pour limiter l'impact du ruissellement.

*Mots-clés : bassin versant ; SIG ; crues ; ruissellement ; inondations ; risques*

### *Abstract*

---

The watershed of the Sevre Nantes is subject to flash floods becoming more frequent, aided by a run-off. A portion of the population living near rivers, and is subject to the risks of flooding and flood. This leads, when goods and people are affected, cost to state and local governments. To better prevent floods, we must know the precise extent of the phenomenon in order to run the model in GIS. The construction of risk indicators based on data collected from different organizations and the development of a model for multi-criteria analysis to locate the areas most runoff on the watershed. This location will help identify priority areas for action to limit the impact of runoff.

*Keywords : watershed; GIS ; flood; runoff floods; risks*