

## VILLE DE BARENTIN

SEINE-MARITIME



**CARACTERISATION DES ZONES SOUMISES AUX  
ALEAS ET RISQUES D'INONDATION  
– PRESCRIPTIONS URBANISTIQUES –  
SUR LA COMMUNE DE BARENTIN  
SYNTHESE  
RAPPORT**



Affaire n° 09CT00930

*Février 2012*

EAU & ENVIRONNEMENT



GUIGUES SA  
SETEGUE  
EOG  
AEDIA CONSEIL  
ATOS ENVIRONNEMENT

Agence Ile de France Est  
53 rue Charles Frérot  
94257 GENTILLY  
Tél. : +33 (0)1 41 98 68 00  
Fax : +33 (0)1 45 47 01 48  
agence.idf-est@guigues.com

Siège social : 70 rue Pierre Duhem – Pôle d'activités d'Aix-en-Provence - 13856 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 3 - Tél. : +33 (0)4 42 16 65 00 - Fax : +33 (0)4 42 39 78 34 - contact@guigues.com  
S.A.S au capital de 1.696.050 € - Groupe GED – R.C. Aix 73 B 188 - SIRET 780 141 107 00091 - APE 7112B. [www.ged.fr](http://www.ged.fr)

### IDENTIFICATION

Type	Référence	Intitulé	Destinataire	Nb pages
Rapport	Synthèse Barentin- etude risques rév4.doc	Caractérisation des zones soumises aux aléas et risques d'inondation – Prescriptions urbanistiques - Synthèse	Ville de Barentin	162

### CONTRIBUTION

--

### REVISIONS

4	Février 2012	MBR CBE		Février 2012	CBE				
Rev.	Date	Rédacteur	Visa	Date	Vérificateur	Visa	Date	Approbateur	Visa

## Sommaire

<b>0.</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE DES ALEAS ET RISQUES D'INONDATION.....</b>	<b>7</b>
<b>1.</b>	<b>RESUME NON TECHNIQUE.....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>EXAMEN DES ETUDES ANTERIEURES ET CARTOGRAPHIES DISPONIBLES.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>PRECISION SUR LES EXIGENCES D'EXPERTISES.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>SYNTHESE DES DONNEES DISPONIBLES.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>SYNTHESE DES ENJEUX.....</b>	<b>16</b>
2.3.1	Les crues de référence et effets sur Barentin.....	16
2.3.2	Les zones sensibles de Barentin.....	17
<b>3.</b>	<b>PRINCIPES GENERAUX ET EXAMEN DES METHODES DES ETUDES ANTERIEURES.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>RUISELLEMENT ET EROSION.....</b>	<b>18</b>
3.1.1	Les phénomènes en jeu.....	18
3.1.2	Les coefficients de ruissellement et valeurs du Curve Number.....	22
3.1.3	L'estimation des temps de concentration.....	27
3.1.4	Pluies retenues.....	29
3.1.5	Les débits ruisselés.....	31
3.1.6	Débits de crues de l'Austreberthe.....	35
<b>3.2</b>	<b>LES ECOULEMENTS.....</b>	<b>39</b>
3.2.1	Définition et formulation.....	39
3.2.2	Résultats de modélisation des écoulements de l'Austreberthe.....	39
3.2.3	Modélisation des réseaux d'eaux pluviales : apports ruraux et urbains.....	41
<b>3.3</b>	<b>EVALUATION DU RISQUE D'INONDATION : VULNERABILITE, ALEA ET RISQUE.....</b>	<b>43</b>
3.3.1	Définition du risque d'inondabilité.....	43
3.3.2	Méthode de détermination de l'aléa ruissellement.....	45
<b>3.4</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>47</b>
<b>4.</b>	<b>EXAMEN DES DONNEES DE BASE.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>LE CONTEXTE PLUVIOMETRIQUE.....</b>	<b>49</b>
4.1.1	Examen des données.....	49
4.1.2	Précipitations appliquées au secteur d'études.....	52
<b>4.2</b>	<b>LES CONTEXTES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS.....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Le contexte géographique et d'occupation des sols du bassin versant.....	54
4.2.2	Le contexte hydrogéologique.....	56
4.2.3	Le contexte géologique et les formations superficielles.....	57
<b>4.3</b>	<b>LES COURS D'EAU.....</b>	<b>58</b>

<b>4.4</b>	<b>LES OUVRAGES DE RETENTION EXISTANTS.....</b>	<b>59</b>
4.4.1	La maîtrise des ruissellements sur le bassin versant.....	59
4.4.2	Les ouvrages majeurs de gestion des crues sur le bassin versant.....	61
4.4.3	La gestion des eaux pluviales à Barentin.....	63
<b>4.5</b>	<b>DESCRIPTIF DES DESORDRES.....</b>	<b>65</b>
4.5.1	Les désordres recensés sur les bassins versants amonts.....	65
4.5.2	Historique des désordres recensés à Barentin.....	66
4.5.3	Conditions météorologiques à l'origine des désordres dans les talwegs.....	69
4.5.4	Les désordres dans les talwegs et sur les réseaux.....	72
4.5.5	Les débits de crues.....	78
4.5.6	Les débordements de l'Austreberthe.....	81
4.5.7	Cartographies des désordres.....	83
<b>4.6</b>	<b>CONCLUSIONS D'ETAT DES LIEUX.....</b>	<b>86</b>
<b>5.</b>	<b>CALCULS ET MODELISATIONS.....</b>	<b>87</b>
<b>5.1</b>	<b>LES METHODES D'ESTIMATION DES DEBITS GENERES PAR LE RUISELLEMENT.....</b>	<b>87</b>
5.1.1	Relations pluie-débit.....	87
5.1.2	Méthode rationnelle.....	88
5.1.3	La méthode du Curve Number (SCS).....	93
5.1.4	Méthodes d'évaluation des volumes de rétentions.....	95
<b>5.2</b>	<b>MODELISATION DES ECOULEMENTS.....</b>	<b>97</b>
5.2.1	Principes du logiciel ISIS.....	97
5.2.2	Méthodologie de la construction du modèle.....	99
<b>6.</b>	<b>EXAMEN DES RESULTATS OBTENUS, COMPARAISONS.....</b>	<b>101</b>
<b>6.1</b>	<b>MISE EN ŒUVRE DES MODELES HYDROLOGIQUES.....</b>	<b>101</b>
6.1.1	Découpage en bassins élémentaires.....	101
6.1.2	Définition des pluies de projet.....	102
6.1.3	Les hypothèses de calculs.....	104
<b>6.2</b>	<b>RESULTATS DES CALCULS HYDROLOGIQUES.....</b>	<b>106</b>
<b>6.3</b>	<b>RESULTATS DE LA MODELISATION DES ECOULEMENTS DE L'AUSTREBERTHE.....</b>	<b>110</b>
6.3.1	Diagnostic hydraulique.....	110
6.3.2	Fréquence de débordements de l'Austreberthe.....	111
<b>6.4</b>	<b>VERIFICATION CAPACITAIRE DES OUVRAGES FACE AUX APPORTS DES TALWEGS.....</b>	<b>112</b>
<b>6.5</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>114</b>
6.5.1	Bilan par secteur.....	115

<b>7. VALIDATION ET JUSTIFICATION DES MODIFICATIONS DES AXES DE RUISSELLEMENT RECENSES PAR LE PPRI.....</b>	<b>116</b>
7.1 SECTEUR 1 « LE MATRE » .....	119
7.2 SECTEUR 2 « RESIDENCE BOIELDIEU » .....	120
7.3 SECTEUR 3 « LA TREAUMONT » .....	125
7.4 SECTEUR 4 « LE PETIT CATILLON » (PARTIE OUEST).....	128
7.5 SECTEUR 5 « LE PETIT CATILLON » (PARTIE EST).....	130
7.6 SECTEUR 6 « LE MONT GERICAULT ».....	131
7.7 SECTEUR 7 « LE GRAND CATILLON ».....	131
7.8 SECTEUR 8 « LE MESNIL ROUX » .....	133
7.9 SECTEUR 9 « RESIDENCE LAMARK ».....	134
7.10 SECTEUR 10 « LES CAMPEAUX » .....	135
7.11 SECTEUR 11 « LA CARBONNIERE » .....	136
7.12 ESTIMATION JUSTIFIEE DES LARGEURS D'ECOULEMENT .....	138

**8. CARACTERISATION DES ZONES SOUMISES AUX ALEAS ET RISQUES D'INONDATION – PRESCRIPTIONS URBANISTIQUES .....**

**142**

8.1 LA NOTION DES RISQUES D'INONDATION.....	142
8.1.1 Un aménagement cohérent pour un risque mesuré.....	142
8.1.2 Ne pas hypothéquer les possibilités d'expansion .....	143
8.2 BILAN DES CONTRAINTES POUR L'ELABORATION DU DOCUMENT D'URBANISME.....	145
8.3 ALLIER REDUCTION DE LA VULNERABILITE ET DEVELOPPEMENT .....	146
8.3.1 Définition des dispositions.....	146
8.4 DEFINITION DE ZONES ET PRESCRIPTIONS ASSOCIEES .....	148
8.4.1 Groupe 1 : les zones naturelles (Na ou Nb), peu ou pas urbanisées .....	151
8.4.2 Groupe 2 : les zones densément urbanisées, exposées au risque d'inondation, où les risques de détérioration des conditions d'écoulement sont faibles.....	152
8.4.3 Groupe 3 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, exposées au risque d'inondation, où il existe un risque de détérioration des conditions d'écoulement ; .....	154
8.4.4 Groupe 4 : les zones urbaines exposées au risque d'inondation, vouées à être remaniées.....	156
8.4.5 Groupe 5 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement majeur des eaux de ruissellement ; .....	160
8.4.6 Groupe 6 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement diffus des eaux de ruissellement et/ou au niveau d'un point d'accumulation des eaux ; .....	162

## Index des Cartes

<b>Carte n° 1</b> : Délimitation des Bassins Versants à l'amont de Barentin.....	9
<b>Carte n° 2</b> : Découpages en Bassins Versants élémentaires et localisation des ouvrages.....	9
<b>Carte n° 3</b> : Localisation des secteurs sensibles à la problématique inondation sur la commune de Barentin .....	9
<b>Carte n° 4</b> : Analyse de l'atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues, par secteur ...	83
<b>Carte n° 5</b> : Synoptique des diagnostics hydrologiques et hydrauliques de l'Austreberthe dans la traversée de Barentin.....	111
<b>Carte n° 6</b> : Caractérisation des zones soumises aux aléas et risques d'inondation – prescriptions urbanistiques .....	148

## Index des Annexes

<b>Annexe n° 1</b> : Fiches de lectures (études antérieures) .....	12
<b>Annexe n° 2</b> : Photographies, fournies par les services techniques de Barentin, prises lors de la crue de décembre 1999. ....	83
<b>Annexe n° 3</b> : Tableaux de caractérisation des bassins élémentaires.....	104
<b>Annexe n° 4</b> : Résultats des simulations hydrauliques et hydrologiques - Profils en long et Lignes d'eau .....	111
<b>Annexe n° 5</b> : Résultats des calculs hydrologiques – Débits de pointe de ruissellement .....	114
<b>Annexe n° 6</b> : Détail de la campagne topographique de caractérisation des talwegs .....	138
<b>Annexe n° 7</b> : Calcul des volumes générés par ruissellement – Présentation du module Winhyd... ..	138
<b>Annexe n° 8</b> : Etude détaillée de maintien de la surface occupée dans les zones inondables du groupe 4. ....	156

## 0. CONTEXTE DE L'ETUDE DES ALEAS ET RISQUES D'INONDATION

Dans le cadre de la révision de son PLU (Plan Local d'Urbanisme), la commune de Barentin s'est entourée de compétences juridiques (Cabinet Economie Aménagement et Urbanisme) et techniques (SETEGUE - GUIGUES Environnement). Une étude de risques est menée, s'appuyant sur les études réalisées au niveau du bassin versant, des levés topographiques et des calculs complémentaires. Elle prend en compte les risques d'inondations par les ruissellements et par débordements des cours d'eau.

Cette démarche menée par la Ville se substitue au PPRI officiel car celui-ci n'a pas été conduit à terme.

Ainsi, la ville de Barentin souhaite établir **une cartographie des zones différenciées en fonction des risques inondation** et établir **les prescriptions constructives associées**, ainsi qu'un **zonage pluvial** argumenté et opposable, qui ont vocation à proposer une gestion raisonnée en matière d'eaux pluviales des zones urbaines actuelles et futures, et qui prennent en compte les nombreuses contraintes révélées par les études hydrologiques et hydrauliques antérieures.

En effet, si les **risques liés aux inondations, par la crue de l'Austreberthe ou bien par les volumes de ruissellement sur les coteaux sont réels, ceux-ci ne sont pas incompatibles avec l'urbanisation.**

Toutefois, il s'agit de se prémunir dès aujourd'hui contre cet aléa, par le biais de **prescriptions urbanistiques précises, détaillées dans le PLU, par zones**, afin de ne pas augmenter la vulnérabilité, en situation actuelle et en situation future d'urbanisation.

**Ces prescriptions urbanistiques s'appuient sur la base d'études hydrologiques et hydrauliques (y compris études antérieures), générales et étendues** c'est à dire à l'échelle du vaste bassin versant à l'amont de la ville de Barentin mais également **précises et locales**, à l'échelle de la commune.

La synthèse de ces études réalisée, dans le cadre de ce rapport, a été menée à partir de reconnaissances de terrain réitérées et de levés topographiques complémentaires et en concertation :

- **avec les interlocuteurs de la ville de Barentin** impliqués dans le projet (élu, service urbanisme, ...) afin d'établir la synthèse de l'aléa et des souhaits justifiés et arrêtés en matière d'urbanisation ;
- **avec les services instructeurs du PPRI (DDEA)** afin de reprendre les hypothèses hydrologiques et hydrauliques d'élaboration du PPRI et des justifications des limites et des prescriptions imposées sur le territoire de Barentin ;
- **La concertation avec le SMBVAS et le SIRAS**, afin de prendre en compte les incidences, sur la commune de Barentin, en matière de protection contre les inondations, des aménagements réalisés.

L'objectif majeur de cette synthèse est l'élaboration d'un outil d'orientation et d'aide à la décision du PLU, face aux risques inondation, par l'élaboration d'**une carte unique hiérarchisant les risques d'inondations en fond de vallée et sur les versants.**

L'établissement d'**une carte de zonage** pour la définition des modalités de l'assainissement pluvial, pour toute nouvelle construction, au niveau de la zone urbaine et au niveau des zones futures d'urbanisation en zones future, a pour finalité de pérenniser les actions engagées aujourd'hui, de lutte contre les inondations.

La méthodologie développée par SETEGUE - GUIGUES ENVIRONNEMENT, repose ainsi sur les étapes suivantes :

- Expertise des études antérieures, réalisées sur les bassins versants amont et sur la ville de Barentin, pour une synthèse critiques des hypothèses (données pluviométriques, coefficients de ruissellement, ...) et méthodes, sur lesquelles se basent les études antérieures ;
- Choix raisonné d'hypothèses, en cohérence avec les études antérieures, pour de nouveaux calculs de débits et volumes pluviaux, tant au niveau des crues de l'Austreberthe que des eaux de ruissellement des versants ;
- Prise en compte et ajustements justifiés des axes de ruissellement répertoriés sur la commune dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI en cours, notamment par l'établissement de largeurs d'écoulement des eaux de ruissellement ;
- Calcul des débits de l'Austreberthe dans la traversée de Barentin, face à une pluie T= 10 et T=100 ans, pour la délimitation des zones exposées aux risques d'inondation dans la vallée (sur la base des débits T= 100 ans) ;
- Caractérisation des zones soumises aux aléas et risques d'inondation (crues de l'Austreberthe et phénomènes de ruissellement) et Elaboration des prescriptions constructives directement liées à ces aléas pour chacun des groupes définis.
- Prescriptions de limitation des débits et volumes induits par temps de pluie (zonage des eaux pluviales actualisé qui fait l'objet d'un rapport distinct de celui-ci), pour toute nouvelle construction, en fonction de contraintes hydrologiques, hydrauliques et urbanistiques de la zone (vocation des parcelles urbanisables, capacité des réseaux, ...) afin de se prémunir de désordres futures et d'avoir une situation d'équilibre pérenne pour la gestion des eaux pluviales.

**Le zonage des eaux pluviales sera finalisé par l'élaboration d'un PLU, en collaboration étroite avec la commune, conforme à la fois aux exigences imposées par la définition des sensibilités à l'aléa inondation (études hydrauliques et hydrologiques) et aux contraintes fortes en matière d'urbanisation exigée par la ville de Barentin.**

## 1. RESUME NON TECHNIQUE

Le contexte hydrologique et hydraulique de la commune de Barentin est complexe, de par la conjonction d'apports de volumes et débits de ruissellement pluviaux d'un vaste bassin versant en amont et des inondations causées par les débordements de l'Austreberthe dans la traversée de la ville.

**Carte n° 1 :** Délimitation des Bassins Versants à l'amont de Barentin

**Carte n° 2 :** Découpages en Bassins Versants élémentaires et localisation des ouvrages

(atlas cartographique joint au présent rapport)

Les phénomènes d'inondations pris en considération ont ainsi pour origine :

- Le débordement du cours d'eau (Austreberthe) dans son lit majeur ou champ d'expansion des crues), qui s'avère urbanisé.
- Des ruissellements non maîtrisés, au niveau des versants des vallées et sur le tracé d'axes de ruissellements identifiés, pouvant être concentrés ou bien plus diffus.

De plus, en matière d'urbanisation, la vallée de Barentin a fait l'objet au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle d'un aménagement industriel. **Encore aujourd'hui, outre le centre ville, une grande part du lit majeur de l'Austreberthe** est occupée par des activités industrielles.

La vallée de l'Austreberthe est donc actuellement totalement urbanisée.

L'urbanisation a progressivement gagné les coteaux et les plateaux : ainsi les nouvelles constructions situées en pied de coteaux, aux débouchés des talwegs aux interfaces zones urbaines / zones agricoles, se trouvent exposées à la non maîtrise des ruissellements.

Seule une zone non bâtie située dans une zone sensible reste naturelle : il s'agit du vallon du Bois d'Epinay.

**Carte n° 3 :** Localisation des secteurs sensibles à la problématique inondation sur la commune de Barentin

Il apparaît donc **qu'hormis le vallon du Bois d'Epinay, la majorité des zones sensibles aux risques inondations sont déjà bâties.**

Ainsi, vis-à-vis des risques d'inondation et de coulées de boues, le PLU permet de réduire le risque et de se prémunir contre un certain aléa (c'est-à-dire un aléa d'une certaine période de retour et d'une certaine intensité), par le biais de **prescriptions urbanistiques précises, pour toute nouvelle construction.**

Pour chacun des **axes de ruissellements identifiés**, le zonage du PLU comporte des **prescriptions constructives particulières**, sans nécessairement interdire de nouvelles constructions, [constructions qui ne sont interdites que dans le cas d'axes de ruissellements rouges (ruissellements concentrés)].

La ville de Barentin s'est, de plus, interrogée, dans le cadre de l'élaboration du PLU, sur le devenir de zones situées dans la vallée. Les mutations industrielles ayant largement modifiées et supprimées ces activités (ainsi le site de l'usine Badin n'est utilisé que sur 2 hectares, alors qu'il compte une superficie totale de 17 ha), le document d'urbanisme de Barentin permet de préciser l'usage actuel de ces sites, mais également de **définir leurs vocations futures, en toute connaissance des risques encourus en matière d'inondations et de coulées de boues.**

Les prescriptions urbanistiques précises, par zones, découlent des conclusions des différentes études hydrologiques et hydrauliques.

Ainsi les calculs hydrologiques et hydrauliques permettent de définir :

- **l'enveloppe de la zone d'expansion de crue de l'Austreberthe, pour une pluie T= 100**, face à la situation d'aménagement de référence (2000) – c'est-à-dire, en ne prenant pas en compte les aménagements du bassin versant de lutte contre les inondations, dont le dimensionnement a été réalisé sur la base d'une période de retour T<100 ans (conformément aux hypothèses considérées dans le cadre de l'élaboration du PPR) -.
- **Le bilan des capacités hydraulique des talwegs et réseaux**, face à une situation des réseaux d'assainissement existants en 2006.
- **les largeurs de ruissellement sur les coteaux**, conformément aux attentes des institutions de l'eau régionales (CG76, AREAS, ...), par le biais de campagnes topographiques spécifiques (Profils en travers des axes de ruissellement) et de calculs de débits de pointe centennaux.

Ainsi, les différents documents inhérents au PLU, **tendent, dans la totalité des cas, vers une diminution de la vulnérabilité, face aux risques liés aux inondations.**

Les moyens mis en œuvre, dans le cadre du règlement pluvial du PLU, consistent, par zones, à :

- une limitation, voire une diminution des apports de volumes et débits par temps de pluie, par une réglementation de l'étendue des surfaces imperméabilisées, pour toute nouvelle construction ou modifications de l'urbanisation existante ;
- une interdiction des nouvelles constructions / ou reconstruction, qui viendrait s'exposer aux risques (au niveau des zones de ruissellement concentrés définis) ;
- une interdiction des nouvelles constructions / ou reconstruction visant à faire barrage ou bien à rediriger anarchiquement les écoulements ;
- des prescriptions constructives précises, des nouvelles constructions, afin de réduire le risque et la vulnérabilité, face à l'aléa inondation (sur-élévation de plancher, interdiction de création de caves et sous-sols,...) ;
- volonté de libérer des volumes pour l'expansion des eaux de l'Austreberthe en crue dans les secteurs voués à être remaniés.

Enfin, **la réglementation (qui tend vers une limitation) des volumes et débits pluviaux, pour toute nouvelle construction**, (en fonction de leur vocation et des prescriptions régionales en matière de limitation de débits et volumes), permet de maintenir cette situation d'équilibre hydrologique et hydraulique pérenne, afin que tous les efforts consentis en matière de lutte contre les inondations ne soient pas vains, en situation future d'aménagement urbain.

**[Zonage des eaux pluviales actualisé – rapport SETEGUE – Guigues Environnement]**

## 2. EXAMEN DES ETUDES ANTERIEURES ET CARTOGRAPHIES DISPONIBLES

### 2.1 PRECISION SUR LES EXIGENCES D'EXPERTISES

La démarche d'analyse et d'expertise des études réalisées sur le bassin versant de Barentin repose en premier lieu sur un bilan clair et précis aussi exhaustif que possible de la situation actuelle, des études et des cartographies déjà réalisées ou en cours, de qualité inégale, fournissant néanmoins les informations essentielles afin de bien poser les problèmes; ainsi que les enjeux globaux. Cette démarche permet d'engager la mission sur des bases solides et surtout concertées.

Ainsi, il s'agit de mener dès le départ une réflexion autour des enjeux des contraintes et objectifs de vulnérabilité, des risques à des niveaux acceptables, etc... compte tenu des études et actions déjà entreprises.

### 2.2 SYNTHESE DES DONNEES DISPONIBLES

Hormis le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]*, qui présente la particularité d'associer une approche de bassin versant et une étude hydraulique, les différents documents consultés peuvent être répartis de la façon suivante :

- les études relatives aux bassins versants situés en amont de Barentin : elles incluent les Schémas Directeur des Eaux pluviales de certaines communes urbaines ;
- le Schéma Directeur des Eaux Pluviales de Barentin ;
- les études hydrauliques relatives aux cours d'eau et aux risques d'inondation.

#### Les bassins versants amont

Les bassins versants ruraux de l'Austreberthe et du Saffimbec ont fait l'objet de différentes études. Le tableau ci-dessous présente leur recensement et renvoi vers des fiches de lecture (annexe) lorsque ces documents ont été en notre possession.

**Annexe n° 1** : Fiches de lectures (études antérieures)

Ces études s'inscrivent généralement dans des perspectives de maîtrise des ruissellements, de lutte contre les inondations et/ou de protection de la ressource en eau potable.

Fiche de lecture	Intitulé	Date	Auteur	Maître d'ouvrage
[1-a] à [1-h]	Schéma d'aménagement de l'Austreberthe	1995	HORIZONS	SIRAS
[2]	L'Austreberthe : impact de l'occupation des sols sur l'hydraulique	1999	DIREN-SEMA	DIREN-SEMA
[3]	Etude d'aménagement hydraulique du sous bassin versant de Saint Hélier	2002	AQUASOL	SMBV AS
[4]	Etude du bassin versant du Saffimbec	En cours	SAFEGE	SMBV AS
[5]	Protection du captage de Limesy-Bequigny	2001	INGETEC	SEPA

Il faut souligner que seul le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]* couvre l'intégralité du bassin versant situé en amont de Barentin. Toutefois, il s'agit d'une étude générale qui ne possède pas la précision de l'*Etude d'aménagement hydraulique du sous bassin versant de Saint Hélier [3]* ou de l'*étude du bassin versant du Saffimbec [4]*.

En effet, la première se contente de caractériser les bassins versants amont afin de constituer un modèle pluie-débit, alors que les deux secondes réalisent un diagnostic des ruissellements et des écoulements sur ces sous bassins versants.

Les ruissellements urbains générés sur les bassins versants situés en amont de Barentin font également l'objet d'études spécifiques. Le recensement des diagnostics et des schémas directeurs d'eaux pluviales est présenté ci-dessous.

Fiche de lecture	Intitulé	Date	Auteur	Maître d'ouvrage
[6]	SDA pluvial de Limésy	En cours	GINGER	Commune
[7]	SDA pluvial de Pavilly	En cours	INGETEC	Commune
[8]	SDA pluvial de Croix-Mare		SAFEGE	Commune

### Les eaux pluviales urbaines de Barentin

Les eaux pluviales de Barentin ont fait l'objet d'un Schéma Directeur d'eaux pluviales.

Fiche de lecture	Intitulé	Date	Auteur	Maître d'ouvrage
[9]	SDA pluvial de Barentin		PROLOG	Commune

### Les cours d'eau et les risques d'inondation

Les documents relatifs au comportement des cours d'eau sont de deux ordres : d'une part le recensement et la caractérisation des désordres, et d'autres part les études hydrauliques.

Fiche de lecture	Intitulé	Date	Auteur	Maître d'ouvrage
[10]	Orage du 10 mai 2000 : campagnes de photographies aériennes, bassins de l'Austreberthe, la Raçon et la Sainte Gertrude	2000	DIREN-SEMA	SIREN-SEMA
[11]	Cartographie des inondations du 26 décembre 1999 à Barentin (carte échelle 1/5000)		DDE76	
[12]	Cartographie des inondations du 10 mai 2000 (1/5000)	2000	ST Barentin	Commune
[13]	Cartographie partielle des inondations de mai 2000 à l'amont de Duclair (carte échelle 1/ 10 000) : carte des aléas		HORIZONS	DDE76
[14]	Recensement des déclarations de catastrophes naturelles		Barentin	Barentin
[15]	Atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues des vallées de l'Austreberthe et du Saffimbec	2001	HORIZONS	DDE76

La connaissance des débordements, consécutifs à l'orage de mai 2000, sur la commune de Barentin, paraît satisfaisante. Pour les événements antérieurs, dont la crue de décembre 1999, les informations sont bien moins précises. *La cartographie des inondations du 26 décembre 1999 à Barentin [11]* est un document cité par l'*Atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, mais auquel nous n'avons pas eu accès.

Fiche de lecture	Intitulé	Date	Auteur	Maître d'ouvrage
[1-a] à [1-h]	Schéma d'aménagement de l'Austreberthe	1995	HORIZONS	SIRAS
[16]	Etudes complémentaires pour l'aménagement des bassins versants de l'Austreberthe et du Saffimbec	1997	SAFEGE	SIRAS
[17]	Dossier d'autorisation : lutte contre les inondations pour la création d'ouvrage de retenue	2000	DDE76	SIRAS
[18]	Modélisation des écoulements au droit de l'usine Ferrero à Villers-Ecalles	2001	DHI-CE3E	FERRERO
[19-a]	Lutte contre les inondations, site de l'ancienne route de Villers	2003	SAFEGE	SIRAS
[19-b]	Etude hydraulique sur la création d'une zone d'expansion de crue sur le site de l'usine Badin	2003	SAFEGE	SIRAS
[20]	PPR Inondation du bassin versant de l'Austreberthe et du Saffimbec Détermination de l'aléa ruissellement	2001	SAFEGE	DDE76
[21]	Modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux dans le cadre du PPR Inondation de l'Austreberthe et du Saffimbec	2005	SAFEGE	DDE76
[22]	PPR Inondation Austreberthe Levés topographiques	2005		SIRAS

Seul le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]* et l'*Etude complémentaire [16]* présentent une modélisation complète des écoulements. Les études hydrauliques suivantes portent exclusivement sur des tronçons de la rivière ou certains talwegs adjacents.

La modélisation prévue dans le cadre de l'élaboration du PPRI a été ajournée, en l'absence de données hydrologiques suffisantes pour construire un modèle statistique de simulation.

## 2.3 SYNTHÈSE DES ENJEUX

### 2.3.1 Les crues de référence et effets sur Barentin

Comme le souligne l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, les crues de l'Austreberthe ont eu au cours du temps, des ampleurs très différents générées par des événements de types orageux ou cycloniques, dont les plus catastrophiques sont récents voire très récents avec une amplitude croissante.

- **9-11 juin 1993**, à partir d'un orage violent d'intensité exceptionnelle 37 à 120 mm/h (période de retour > 20 ans), de très importants ruissellements sur les versants, concentrés sur les talwegs, ont occasionné des dégâts considérables. En quelques heures, les rivières ont débordé et ont envahi des habitations, notamment sur Barentin.
- **29-31 janvier 1995**, un événement aux conséquences moins importantes, qui s'explique par une forte remontée des nappes et d'une forte pluviométrie dans les 10 jours précédents l'évènement.
- **16 juin 1997** : des précipitations orageuses exceptionnelles, 144 mm en 24 heures, (période de retour >100 ans) se sont déversées sur les plateaux, plus particulièrement vers l'Est de la vallée, entraînant des phénomènes de ruissellements torrentiels d'une extrême violence, causant mort d'hommes.
- **26 décembre 1999**, considérée comme la plus forte crue aux niveaux d'eau les plus hauts, consécutive à une pluviométrie très importante (245,5 mm sur le mois et une hauteur de pluie de 49 mm le 24 décembre). Le vallon de Saint Hélier apporta un flot considérable d'eaux boueuses jusqu'au centre ville de Barentin provenant des terres des plateaux Est.
- **le 10-11 mai 2000** débute par un orage violent : les talwegs ont déversé des flots torrentiels d'eaux boueuses, dévastant les quartiers aux débouchés dans la vallée...et ont tué une personne dans le centre ville de Barentin. Le nombre de sinistrés a été de 167 propriétés, 5 établissements, usines.
- **l'orage d'août 2001** affecte Barentin.

Les enseignements majeurs à tirer sur l'ensemble du bassin versant sont en résumé :

- l'exposition aux phénomènes de ruissellement, générés en amont et entraînant des flots de plus en plus dévastateurs, des coulées de boues, des chaussées défoncées, consécutives aux pratiques culturales et à l'urbanisation constante des plateaux, en l'absence de mesures agro-environnementales et de dispositions compensatoires.
- la fréquence et l'ampleur des inondations augmentent sur des habitations et des bâtiments auparavant épargnés, ce qui d'ailleurs pourrait rendre non pérenne les aménagements, les travaux d'assainissement, les mesures de protections contre les aléas de ruissellement et de débordement des cours d'eau.

### 2.3.2 Les zones sensibles de Barentin

Après une première lecture des documents bibliographiques et un examen des témoignages, nous proposons la distinction de **12 secteurs situés sur la commune de Barentin, exposés aux risques de ruissellements et de crues**. Ce sont :

- Secteur 1 : Vallon de St Héliér ;
- Secteur 2 : Les coteaux : Géricault et Catillon ;
- Secteur 3 : Le flanc Ouest de la vallée ;
- Secteur 4 : Le vallon du Bois d'Epinay ;
- Secteur 5 : Le quartier de Normandie ;
- Secteur 6 : Courvaudon / Kennedy / avenue de Boieldieu ;
- Secteur 7 : usine Gaillard ;
- Secteur 8 : de l'usine Gaillard aux établissements Deren ;
- Secteur 9 : les établissements Deren ;
- Secteur 10 : à l'aval des établissements Deren ;
- Secteur 11 : en amont des usines Badin ;
- Secteur 12 : les établissements Badin et l'ancienne route de Villers.

Ces secteurs sont localisés sur une première carte. Il s'agit de zones où des désordres du type inondations ou coulées de boues ont été recensés, et/ou la morphologie des sites (proximité d'un cours d'eau ou d'un talweg, topographie) justifie sa sensibilité. **Ces secteurs vont faire l'objet d'une étude détaillée de leurs enjeux et des risques associés.**

**Cf. Carte n°3 :** Localisation des secteurs sensibles à la problématique inondation sur la commune de Barentin

## 3. PRINCIPES GENERAUX ET EXAMEN DES METHODES DES ETUDES ANTERIEURES

### 3.1 RUISSellement ET EROSION

#### 3.1.1 Les phénomènes en jeu

Les facteurs déterminants mentionnés dans toutes les études souvent d'un point de vue théorique, sont en résumé :

- Le facteur utilisation du sol ;
- Le facteur nature du sol et capacité d'infiltration ;
- Le facteur relief des terrains et talwegs ;
- Le facteur d'interception (bétoire, mare, remblais routiers,...) ;
- Le facteur d'augmentation (source, drainage, curage des fossés, réseau EP...) ;
- Le facteur de saturation.

Il convient d'appréhender au mieux ces paramètres pour agir.

#### Le facteur utilisation du sol

Selon le type de culture, du sol nu après récolte (aggravé par les tassements, la battance) au fourragères de luzerne, aux prairies couverture végétale, fortement réductrice du ruissellement, le facteur d'utilisation varie de 1 à 10 entraînant une forte sensibilité et des désordres. Les pratiques culturales nécessitant un affinement du sol lors des semis, le fait passer de l'état fragmentaire motteux du labour à un état meuble de fines dont la conséquence est la génération de débits solides.

Il est couramment fait état dans la littérature que les labours dans le sens de la pente favorisent les désordres de ruissellement, et préconisent le sens contraire. Or, le sens des sillons ne peut pas s'ériger en règle ! Il est démontré que :

- dans le sens de la pente le débit de ruissellement est limité à l'inter rang d'une faible bande de terrain, donc peu important et réparti, qu'il suffit de réceptionner en bas, par des mesures d'interception telles les bandes enherbées, fossés,....
- dans le sens contraire, il se produit un écoulement latéral vers le point bas de chaque sillon l'eau va s'accumuler puis se déverser d'un rang à l'autre, en cascade, générant une ravine consécutive d'érosion.

En conclusion sur ce point, le sens de culture répond à des cas de figure spécifiques, difficile à préconiser et à prendre en compte dans les études, sauf laisser l'initiative à l'Agriculteur et à sensibiliser sont les phénomènes de naissance d'érosion.

En ce qui concerne le type de cultures sarclées ou autres, il est concrètement difficile d'appréhender puisqu'elles sont, avec l'assolement, déplacées une année sur l'autre. On ne peut donc s'appuyer que sur des pourcentages globaux par bassin versant, pour déterminer les coefficients de ruissellement ou interpréter la valeur du Curve Number à attribuer aux catégories de sols (leurs conséquences, sol nu, interculture, inter rang petite graine, déchaumage).

### Le facteur nature du sol et capacité d'infiltration

Il peut se déterminer en trois degrés, dont l'appréciation s'appuie sur le paramètre K de Darcy, où K est la vitesse de filtration par unité de gradient hydraulique (exprimé en m/s) :

1. Sols perméables : sablonneux, graveleux :  $K \geq 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
2. Sols moyennement perméables : limoneux, argileux :  $10^{-5} > K > 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
3. Sols imperméables : très argileux compact... :  $K \leq 10^{-7} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$

La classification suivante, selon l'AREAS des plateaux est utilisée dans les études antérieures :

- A. Sol sableux ou argileux non croûté infiltrabilité minimale > 7,6 mm/h
- B. Limon argileux et limon battant en été infiltrabilité minimale > 3,8 mm/h
- C. Limon très battant en hiver infiltrabilité minimale minimale > 1,3 mm/h
- D. Zone compactée (ex trace de zones), sol argileux fermé infiltrabilité minimale < 1,3 mm/h.

On voit que l'appréciation est quelque peu différente : la classe 2 (moyennement perméable) correspond à la catégorie B.

Cependant il a été retenu dans ces études, que les sols prépondérants sont assimilables aux sols de catégorie D, c'est-à-dire d'infiltrabilité minimale inférieure à 1,3 mm/h (soit  $3,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ ). Il semble excessif de généraliser cette caractéristique, compte tenu que ces sols présentent un taux d'argile faible de l'ordre de 10 à 15 %.

Dans la modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21], il a été fait l'hypothèse que l'influence globale de la croûte superficielle sur le ruissellement correspond à celle des sols de catégorie C.

La variation de ces vitesses de filtration est différente en fonction du temps suivant qu'il s'agit d'un sol argileux (forte amplitude).

L'expérience montre que certains terrains labourés en céréales d'hiver... acceptent en infiltration, une pluie de fréquence décennale, soit environ  $10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ , lorsqu'ils n'ont pas été saturés, ou qu'ils ne se sont pas desséchés fortement après avoir été gorgé d'eau.

### Le facteur relief des terrains et talwegs

Ce facteur influe doublement dans la génération des débits, sur :

- le coefficient de ruissellement, avec ou non un stockage initial dépressionnaire de prise en compte de l'eau retenue dans les petites cavités du sol ou susceptible de remplir les filets, rigoles et fossés peu pentu, nécessitant une mise en charge et une pression suffisante à un écoulement plus ou moins retardé, avec le cas échéant la formation de rétentions incontrôlées, de flaques d'eau et d'étendues d'inondations ;
- la vitesse de la lame ruisselée et d'écoulement. Elle est fonction de la pente I dans l'expression de Manning-Strickler :  $V = K.R^{2/3}.I^{1/2}$ .
  - 1) Faibles pentes < 1%
  - 2) Pententes moyennes  $1\% \leq P \leq 5\%$
  - 3) Pententes fortes > 5%

Dans des conditions de paramètres minima  $KR^{2/3}$ , la vitesse de ruissellement en terrain herbu peut varier du simple au double :

$$V (P = 1\%) = 0,1 \text{ m/s}$$

$$V (P = 5\%) = 0,2 \text{ m/s}$$

Par contre, avec les paramètres maxima d'écoulement en ravine de terre cultivée, où  $K.R^{2/3}$  est égal à 10, la vitesse est décuplée :  $V (p = 5\%) = 2,2 \text{ m/s}$ . La force tractrice résultante entraîne alors tous les matériaux, même les gravillons et les galets.

### Le facteur d'interception

Ce facteur de réduction à intégrer dans la modélisation est constitué :

- de petites entités hydrologiques du bocage telles les haies, les mares, ... en grandes parties supprimées dans le temps et dans l'espace ;
- des marnières et des bétouilles qu'il convient de protéger pour maintenir leurs efficacités ;
- des dépressions, boulingrins, fossés plats, récepteurs de flaques d'eau, et des aires d'expansion de crues ;
- des espaces herbus, prairies, cultures en bandes alternées, ...
- de secteurs inondés et inondables ;
- des bassins de rétentions, des dispositifs d'arrêts (diguette, bourrelets, ...), des passages d'ouvrages limités, des mises en charge régulées, des zones d'inondations contrôlées, existants ou à créer.

Il est cependant illusoire de vouloir résoudre au niveau de la parcelle, les phénomènes de ruissellement uniquement par des mesures douces ; en revanche, elles permettent de lutter efficacement contre le ravinement et le transfert de débits solides.

Les secteurs inondés et inondables sont présents même en ligne de crête, aux points les plus hauts des sous bassins, comme au nord de St Martin aux Arbres, Croix Mare, ... stagnations qui sur l'ensemble représentent des volumes d'eau très importants, influant aussi sur la temporisation des écoulements.

### Le facteur d'augmentation

Au-delà des facteurs naturels de la pluie et de la morphologie du site, l'utilisation du sol ou d'autres facteurs anthropiques aggravent de plus en plus la situation antérieure.

Ce sont :

- des ruissellements accrus liés à l'évolution de l'agriculture, l'accroissement des parcelles et les pratiques culturales (les prairies sont en recul de 50 % en 30 ans) ;
- des écoulements fortement turbides sur les bétouilles, qui par des colmatages réduisent leurs capacités de drainage et augmente les écoulements superficiels ;
- des fossés curés, bétonnés, et des collecteurs qui concentrent les débits aux exutoires ;
- des zones d'urbanisation denses, des lotissements notamment sur les coteaux, sans dispositifs de rétention ni mesures compensatoires ;
- des routes, voiries, parkings, sans fossés ni stockages.

### 3.1.2 Les coefficients de ruissellement et valeurs du Curve Number

Le **coefficient de ruissellement** se définit comme étant le rapport entre le volume d'eau ruisselée dans un bassin versant considéré pendant une pluie donnée et le volume total de la pluie tombée. Il se détermine en fonction de la nature du terrain, de la pente, et de l'utilisation ou de l'occupation du sol, que l'on peut classer en différentes catégories.

En revanche, le Curve Number du Soil Conservation Service (SCS américain) n'est fonction que du type de sol. Il permet de déterminer la lame d'eau ruisselée pour une averse donnée. On obtient ensuite par un ratio (lame d'eau ruisselée/lame brute), le coefficient de ruissellement correspondant.

Les études réalisées par l'AREAS en collaboration avec la DIREN et l'INRA donnent des ordres de grandeur suivants pour le département de Seine Maritime :

Occupation du sol	Coefficient de ruissellement (%)
Culture sarclée	43 <sup>1</sup>
Culture non sarclée	17 <sup>1</sup>
Bois, prairies	5
Zone imperméabilisée diffuse	20
Zone imperméabilisée dense	80
Voirie	80 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> les coefficients de ruissellement pour les cultures ont été estimés pour des cas défavorables à savoir pour des sols de limons battants, sur des pentes comprises en 3 et 5% et avec un labour effectué dans le sens de la pente.

<sup>2</sup> La voirie serait a priori à prendre en compte avec un coefficient C=0,80, cependant la présence sur les routes de fossés latéraux de stockage et d'accotement herbus diminue leur contribution aux ruissellements.

Une grille de détermination croisée des coefficients de ruissellement sur sols moyennement saturés issus d'expériences comparées de différents organismes, réajustés par GUIGUES Environnement, est présentée au tableau ci-après :

**Coefficients de ruissellement en fonction de l'utilisation des sols, du relief et de la nature des terrains.**

Occupation du sol	Morphologie	Pente %	Terrains sableux à crayeux	Terrains limoneux à argileux	Limons et argiles compacts
Bois	Plat moyen ondulé	< 1	0,01	0,03	0,06
		1 à 5	0,03	0,05	0,08
		> 5	0,05	0,08	0,10
Pâturage	Plat moyen ondulé	< 1	0,02	0,05	0,07
		1 à 5	0,04	0,06	0,10
		> 5	0,06	0,10	0,15
Culture (à environ 50 % sarclée)	Plat moyen ondulé	< 1	0,05	0,08	0,10
		1 à 5	0,08	0,12	0,15
		> 5	0,10	0,15	0,20
Village (habitat diffus)	Plat moyen ondulé	< 1	0,15	0,20	0,25
		1 à 5	0,20	0,25	0,30
		> 5	0,25	0,30	0,35
Ville moyenne et zone d'activités	Plat moyen ondulé	< 1	0,30	0,40	0,50
		1 à 5	0,40	0,50	0,60
		> 5	0,50	0,60	0,70
Centre ville habitat dense voiries	Plat moyen ondulé	< 1	0,60	0,70	0,70
		1 à 5	0,70	0,80	0,80
		> 5	0,80	0,90	0,90

La détermination du Curve Number selon l'occupation du sol est proposée par l'AREAS dans le tableau suivant :

**Valeurs du Curve Number en fonction du type de sol et de l'occupation des sols**

Type de sols		A	B	C	D
Bois		30	55	70	77
Prairie		39	61	74	80
Voirie et fossés		83	89	92	93
Zone urbanisée % imperméabilisé	65	77	85	92	93
	38	61	75	83	87
	25	54	70	80	85
	12	46	65	77	82
Cultures	Sol nu compacté	77	86	91	94
	Interculture	58	69	75	79
	Inter-rang large	72	81	88	91
	Petites graines	65	76	84	88
	Déchaumage	63	75	83	87

La modélisation réalisée dans le cadre de l'*Etude d'aménagement hydraulique du sous bassin versant de Saint Héliér* [3] retenait les valeurs de Curve Number suivantes. Ces valeurs sont liées au type de pluie, d'occupation des sols, ... et varient selon la pente et les conditions de saturation.

Occupation du sol	Curve Number		Coefficient C correspondant (%), pour une averse décennale	
	Orage (2 h)	Pluie longue (24 h)	Orage (2 h)	Pluie longue (24 h)
<b>Bois</b>	70	54	5	0
<b>Herbages</b>	70 à 77	66 à 70	2 à 8	6 à 10
<b>Terres labourées</b>	77 à 90	76 à 81	9 à 38	18 à 30
<b>Zones bâties</b>	90	85	40	35
<b>Zones bâties denses</b>	94	90	50	40
<b>Voirie</b>	98	98	80	80

En revanche dans le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe* [1], les valeurs de Curve Number correspondent à une situation de référence de calage de la modélisation de la pluie de janvier 1995. Les valeurs retenues étaient :

- 40 pour les bassins très ruraux ;
- 55 pour les bassins versants ruraux ;
- 70 pour les surfaces agricoles.

Dans le cadre du *SDA des eaux pluviales de Barentin* [9], le bureau d'études a retenu :

- 70 pour les espaces boisés ;
- 80 pour les surfaces agricoles.

Lors de *la modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux* [21], le bureau d'études a retenu pour les cultures, une moyenne de catégorie C (cf. tableau des CN préconisés par l'AREAS), soit la valeur pondérée de 86. Cette moyenne pondérée par les superficies de chaque type de sol permet ensuite d'obtenir un coefficient de ruissellement moyen par sous bassin versant. Il faut souligner que ce choix arbitraire peut entacher d'erreurs non négligeables, les résultats de génération des débits et ceux relatifs à la définition de l'aléa.

Il ne faut pas perdre de vue que l'influence du coefficient de ruissellement sur la détermination du débit est la plus grande, relativement plus importante que les autres paramètres. Si on appréhende assez bien l'intensité de la pluie, la superficie,...il n'en est pas de même des quantités de pluies absorbées ou retenues avant et pendant le ruissellement. On peut sans y prendre garde, se donner des coefficients faisant varier les débits du simple au double, surtout pour les terrains constitués de sols plus ou moins perméables, plus ou moins végétalisés, plus ou moins pentus...

**Il faut donc conclure à la diversité des valeurs retenues. On remarquera que la seule cohérence pertinente provient du Curve Number appliqué aux cultures, par les études [3] et [21], valeurs du même ordre de grandeur. Les valeurs appliquées par [1] sont très anormalement inférieures aux grandeurs pratiquées habituellement, ainsi que dans les autres études du bassin versant de l'Austreberthe.**

### 3.1.3 L'estimation des temps de concentration

Différentes formules d'estimation du temps de concentration ont été utilisées dans les études citées.

Dans le SDA des eaux pluviales de Barentin [9], la vitesse d'écoulement sur les bassins versants ruraux a été estimée à 0,45 m/s, déterminant le temps de concentration  $T_c$  :

$$T_c = Lh/V$$

Avec : **Lh** : la longueur du plus long parcours de l'eau (m)

**V** : la vitesse d'écoulement 0,45 m/s et non pas la formule de Manning-Strickler pour chacun des segments, de ruissellement ou des sections d'écoulements.

En ce qui concerne le temps de réponse K de chaque sous bassin urbain, il a été estimé par la formule de Desbordes :

$$K = 50.S^{0,18}.P^{-0,36}.(1+c)^{-1,9}.L^{0,15}.T^{0,21}.H^{-0,07}$$

Avec : **K** le temps de réponse en s ;

**S** la superficie en ha ;

**P** la pente moyenne en % ;

**C** le coefficient de ruissellement ;

**L** la longueur en m ;

**T** la durée de l'événement pluvieux en s ;

**H** la hauteur de précipitation efficace en m.

Dans le cadre de la *Modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux* [21], le temps avec débit de pointe  $T_p$  retenu est obtenu par la formule de Kirpich :

$$T_p = D/2 + 0,000195.L^{0,77}.I^{-0,385}$$

Avec : **Tp** le temps au débit de pointe (h) ;

**D** la durée de la pluie en (h) ;

**L** la longueur du talweg principal en m ;

**I** la pente du talweg principal (m/m).

Lors du *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe* [1], les temps de concentration ont été estimés par la méthode rationnelle. Ces résultats ont été jugés plus probants, comparés aux calculs obtenus à partir des formules de Kirpich, Ventura, Henderson ou Socose.

Ces diverses formulations produisent des résultats très variables. Il faut en effet que soit correctement appréhendée, en distinguant :

- la pente du ruissellement sur le plus long parcours de l'eau ;
- la pente réelle des tronçons de talweg sur leur cours avec méandres, et donc le temps d'écoulement représentatif et non pas de retenir une pente moyenne excessive ;
- la pente d'écoulement ou pente motrice dans les collecteurs d'assainissement dans la limite de leurs capacités hydrauliques ( $V < 4$  m/s) au-delà de laquelle il y a des désordres, des débordements sur la voirie, ...

La formule analytique des temps de parcours de ruissellement et d'écoulement, en fonction de la pente, du sol, de la végétation, soit :

$$t_c = \sum \frac{L_i}{v_i}$$

Avec : **t<sub>c</sub>** : le temps du plus long parcours de l'eau (en s) ;

**L<sub>i</sub>** : la longueur du  $i^{\text{ème}}$  tronçon considéré (en m) ;

**V<sub>i</sub>** : la vitesse moyenne du tronçon  $i$  (en m/s) exprimé par la formule de Manning-Strickler,  $V = K.R^{2/3}.I^{1/2}$

Ainsi sur le bassin versant de l'Austreberthe, avec une longueur hydraulique globale de 23.3 km et une pente moyenne de 0.0035 m/m, le temps de concentration serait selon la formule analytique de 10,8 heures.

Avec la formule de Kirpich, en retenant une durée de pluie de 12 heures, le temps au débit de pointe  $T_p$  est de 10 heures.

De même l'application de la formule analytique au sous-bassin de St Héliér, dont le plus long parcours de talweg et de l'ordre de 10 km à une vitesse de 0.45 m/s, propose un temps de concentration estimé de 6 heures.

**Comme pour les paramètres de ruissellement, il est nécessaire de souligner l'hétérogénéité des formules employées, et donc des résultats obtenus. On voit ainsi toute la nécessité d'appréhender correctement les divers facteurs influents.**

### 3.1.4 Pluies retenues

Après lecture des études de bassin versant (étendue à l'étude du bassin versant de St Paer), il s'avère que **les caractéristiques de Rouen-Boos sont appliquées au bassin versant de l'Austreberthe, excepté pour le SDA des eaux pluviales de Barentin [9]**, où les valeurs du poste départemental sont majorées de 10 %.

Au regard du tableau ci-dessous, on constate que la forme de la pluie et sa durée varie très largement selon les auteurs et le contexte des études.

#### Pluie de projet décennale

Etudes	Forme de la pluie	Hauteur d'eau
<i>Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]</i>	Pluie longue 48 heures	60,8 mm
<i>Etude du bassin versant de Saint Héliier [3]</i>	Averse orageuse 2 heures	30,6 mm
	Pluie longue 24 heures	46,8 mm
<i>Etude du bassin versant de Saint Paer</i>	Simple triangle 24 heures	54,0 mm
<i>SDA des eaux pluviales de Barentin [9]</i>	Double triangle 4 heures	38,2 mm
<i>Dossier d'autorisation [17]</i>	Double triangle 4 heures	36,0 mm

#### Pluie de projet centennale

Etudes	Forme de la pluie	Hauteur d'eau
<i>Dossier d'autorisation [17]</i>	Double triangle 12 heures	60,0 mm

Lors de la modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21], l'intensité de pointe des précipitations est calculée à l'aide de la formule de Montana, dont les coefficients sont obtenus au poste de Rouen-Boos (pour la période 1957-2000). Selon la durée de la pluie, l'intensité de pluie (mm/h) décennale est exprimée par :

- $i_{(10)} = 4.333 t^{-0.543}$  entre 6 et 25 mn ;
- $i_{(10)} = 7.384 t^{-0.702}$  entre 25 et 60 mn ;
- $i_{(10)} = 8.369 t^{-0.729}$  entre 60 et 180 mn ;
- $i_{(10)} = 13.602 t^{-0.827}$  entre 180 et 360 mn.

**Comme nous le justifions au paragraphe § 4.1.2 Précipitations appliquées au secteur d'études, les précipitations représentatives du secteur d'études sont supérieures à celles de Rouen. La quasi-totalité des études minimisent donc les lames d'eau.**

Outre les cumuls et intensités de pluies choisies, les durées de pluies de projet influencent les débits obtenus. Pour une période de retour donnée, la pluie pénalisante est corrélée au temps de concentration du bassin versant pour lequel on souhaite obtenir ces résultats. De plus, la répartition spatiale des précipitations est un facteur déterminant : à l'échelle d'un bassin versant de plusieurs kilomètres carrés, l'application d'une averse identique à tout le bassin versant doit être confrontée à la réalité météorologique.

A l'évidence, le temps de pluie doit être en adéquation avec le temps de concentration, ou il se doit d'appliquer un coefficient correcteur d'abattement de la répartition de la pluie dans l'espace pour obtenir un **débit corrigé cohérent**. En revanche pour une situation locale particulière d'aménagement en aval d'un sous bassin élémentaire, on peut requérir une pluie orageuse pénalisante de courte durée.

### 3.1.5 Les débits ruisselés

Dans le cadre du **Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]**, un modèle pluie-débit a été mis en œuvre. Le bassin versant de l'Austreberthe (exutoire en Seine) a fait l'objet d'un découpage en 128 surfaces élémentaires (surface de 4 à 944 hectares). Le modèle est calé sur les enregistrements de la station DIREN de Duclair (cf. paragraphe § 3.1.6 Débits de crues de l'Austreberthe).

**L'étude du bassin versant de Saint Héliér [3]** procède aux calculs des débits ruisselés selon la méthode du Curve Number. Deux hypothèses, favorable et défavorable, ont été utilisées pour tenir compte de l'état hydrique du sol.

- Hypothèse favorable : sol ressuyé sans croûte de battance ;
- Hypothèse défavorable : sol battu.

Certains sous bassins versants élémentaires sur Sierville et Anceameville sont déconnectés du bassin versant global. **La surface effective du bassin versant** au niveau de son exutoire (ovoïdes de Barentin) est ainsi ramenée à **4 335 ha**.

Les calculs ont été également réalisés en tenant compte ou non de la présence de deux de rétentions alors en projet (digues 5 et 6).

Les débits décennaux obtenus sont présentés ci-dessous.

- Pour l'averse de 2 heures de fréquence décennale, **les débits de pointe (m<sup>3</sup>/s)** sont :

Pluie brute				Pluie corrigée			
Cond° favorables		Cond° défavorables		Cond° favorables		Cond° défavorables	
SIRAS oui	SIRAS non	SIRAS oui	SIRAS non	SIRAS oui	SIRAS non	SIRAS oui	SIRAS non
8,5	12,8	19,6	23,7	2,2	2,6	<b>6,1</b>	<b>10,4</b>

SIRAS : prairies inondables projetées par le syndicat des rivières.

- Pour la pluie de 24 heures intervenant sur un sol aux conditions défavorables, **les débits de pointe (m<sup>3</sup>/s)** sont :

Pluie brute		Pluie corrigée	
Cond° défavorables			
SIRAS oui	SIRAS non	SIRAS oui	SIRAS non
3,8	3,8	3,0	3,0

SIRAS : prairies inondables projetées par le syndicat des rivières.

Ces résultats sont surprenants. Il est difficile à admettre que les débits générés par une pluie de 2 heures ou de 24 heures puissent varier d'un facteur 6 et que les 30 000 m<sup>3</sup> de stockage envisagés n'ont pas d'effet sur le débit maximum (pluie de 24 heures). D'ailleurs, le commentaire du rapport précise que l'estimation des volumes et débits pour la pluie brute de 2 heures donne des valeurs très élevées et vraisemblablement très supérieures à la fréquence décennale en terme d'écoulements.

**Les résultats de modélisation de l'averse corrigée de durée 2 heures apparaissent cohérents, justifiant le choix d'un coefficient d'abattement. Toutefois, l'application d'une averse de 2 heures demeure inadaptée à l'estimation du débit de pointe maximal pour le bassin versant de St Héliér.**

**La modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]** détermine le débit ruisselant à partir de cinq méthodes dans un premier temps :

- méthode rationnelle ;
- méthode rationnelle, utilisant le Curve Number dans la détermination des coefficients de ruissellement ;
- méthode du Curve Number (SCS) ;
- SOCOSE ;
- CRUPEDIX.

L'application de ces modèles non-ajustés a généré des **débits de pointe décennaux (m<sup>3</sup>/s)** pour les 4 secteurs concernant Barentin, dont les variations sont inacceptables, portant à équivoque.

Site		Surface BV (ha)	MR	MR et CN	SCS	SOCOSE	CRUPEDIX
2	Cité Pasteur, Résidence Lamarck	145	4,8	<b>2,4</b>	1,6	0,8	0,17
3	Résidence Boieldieu	170	4,7	<b>3,0</b>	1,9	0,9	0,20
14	Ligne SNCF Saint Héliér	110	1,2	<b>0,8</b>	0,3	0,6	0,14
23	Mont Géricault	60	1,0	<b>0,6</b>	0,1	0,5	0,09

Après analyse de ces résultats, le bureau d'études a retenu **les valeurs obtenues par la méthode rationnelle avec détermination des coefficients de ruissellement par le Curve Number** (colonne en gras). Le débit centennal est ensuite déduit comme étant le double du débit décennal (hypothèse arbitraire et contestable).

Il est important de noter que la surface de bassin versant de St Héliér prise en compte ici, est sans aucune mesure avec la superficie réelle du bassin versant évalué à plus de 4 000 ha !

Au cours du SDA des eaux pluviales de Barentin [9], des calculs de débits ont été réalisés. La synthèse de leur résultat, pour la pluie décennale et pour les sous bassins ruraux, est présentée ci-dessous.

Désignation		Surface BV (ha)		Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
BV02R	Les jardins de Barentin	19		0,60
BV03R	Le Hoquet vers Boieldieu	31	84	0,85
BV Kennedy	Kennedy vers Boieldieu	14		0,45
BV Courvaudon	Courvaudon vers Boieldieu	30		0,85
BV08R	Le Malaise vers Boieldieu	9,5		0,60
BV12R	Les Clos de Barentin	17		0,60
BV13R	Mont Géricault	38	48	1,05
BV14R		10		0,35
BV15R	Le Petit Catillon Sud	10		0,30
BV16R	Vallon de St Hélier	101		1,90
BV Normandie	Quartier Normandie	39		1,20

Le SDA des eaux pluviales de Barentin [9] ne procède pas à de nouveaux calculs sur le bassin versant de St Hélier, mais reprend les résultats issus du Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1], pour lequel le débit de pointe décennal en aval du bassin de St Hélier est de 0,96 m<sup>3</sup>/s. Cette étude évalue la protection actuelle de la digue à la pluie vicennale. Le bassin élémentaire BV16R regroupe les surfaces situées à l'aval de la prairie inondable de St Hélier.

Le SDA des eaux pluviales de Barentin [9], précise également les débits de pointe obtenus à chaque exutoire (apports urbains et ruraux cumulés). Pour la pluie décennale, les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Désignation		Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)
GERI01.1	Ø 500 du Mont Géricault	0,50
R049.1	Ovoïdes du vallon de St Hélier	1,54
HELI01.1	Exutoires de Boieldieu	1,72
VOUT.2		1,40
BOIE02.2		1,27
CURI01.1	Vallon du Bois d'Epinay	2,17

Les résultats de débit décennaux sont équivalents entre le SDA des eaux pluviales de Barentin [9] et la modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21], pour les apports du vallon du Bois d'Epinay et pour le bassin de collecte de Boieldieu.

Par contre, les résultats pour le bassin versant de St Hélier sont contradictoires et très faibles au regard des débits estimés dans l'étude du bassin versant de St Hélier [3].

#### Synthèse comparative des débits de pointe décennaux calculés

Site		Etude [9]	Etude [21]
2	Cité Pasteur, Résidence Lamarck	2,17	2,4
3	Résidence Boieldieu	2,67	3,0

Les résultats du Mont Géricault sont en apparence proches, mais il s'avère que les calculs ne portent pas sur le même exutoire, et que le découpage en surfaces élémentaires présente des incohérences d'une étude à l'autre.

En termes de débits ruisselés, les grandeurs estimés pouvant finalement être utilisables sont issues de l'étude du bassin versant de St Hélier [3] pour le talweg du même nom, et du SDA des eaux pluviales de Barentin [9] pour les autres principaux talwegs. La modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21] fournit des indications pour le vallon du Bois d'Epinay et pour le bassin de collecte de Boieldieu.

### 3.1.6 Débits de crues de l'Austreberthe

Dans le cadre du **Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]**, un modèle pluie-débit a été mis en œuvre. Le bassin versant de l'Austreberthe (exutoire en Seine) a fait l'objet d'un découpage en 128 surfaces élémentaires (surface de 4 à 944 hectares). Les surfaces élémentaires sont classées en trois catégories :

- très rural ;
- rural ;
- urbain.

Le modèle est calé sur les enregistrements de la station DIREN de Duclair. Compte tenu des mesures erronées en hautes eaux (pont situé à l'aval de la station), le modèle est calé sur une première crue enregistrant un débit instantané de seulement 7,5 m<sup>3</sup>/s. La simulation des crues du 25 et du 27 janvier 1995 aboutit à des débits de pointe supérieurs à 30 m<sup>3</sup>/s, sans pouvoir les confronter à un enregistrement (« les valeurs sont en aucune mesure comparable à celles indiquées par la station DIREN, dont le maximum instantané enregistré a été de 8m<sup>3</sup>/s. »)

Si, il est exact que l'hydrogramme de la crue moyenne est correctement restitué par le modèle, plusieurs griefs peuvent être formulés. Ces remarques sont d'ailleurs très justement soulignées par le bureau d'études :

- la modélisation d'une chronique pluvieuse longue implique une dérive des débits : la méthode SCS restitue très correctement l'effet de la saturation des sols durant une averse pluvieuse, mais est moins bien adaptée à une succession d'averses entre coupées de temps sec ;
- le modèle pluie-débit ne permet pas de tenir compte des influences d'ouvrages : les effets d'une rétention par suite d'un ouvrage en charge ne sont pas comptabilisés.

Par conséquent, il ne s'agit pas d'un modèle intégré au sens strict du terme, et la reproductibilité des événements exceptionnels ne peut pas être affirmées : sa validité ne réside que dans l'application de courbe de ruissellement (CN) standard.

La fiabilité du modèle aurait pu être appréciée, (mais pas validée) par la simulation hydraulique (modèle intégrant les ouvrages et les champs d'expansion) de la crue de janvier 1995 et par la confrontation des résultats aux phénomènes constatés (hauteur d'eau à la station DIREN, laisses de crues). Si l'existence de ces données est citée par le bureau d'études, la confrontation n'est pas réalisée.

Les crues de projet sont ensuite construites par la simulation de la réaction du bassin versant à des hyétogrammes synthétiques de durée 48 heures (type SOCOSE), dont l'intensité de pointe est excessive : près de la moitié de la hauteur d'eau est précipitée en 1h30. Les hydrogrammes produits, puis injectés dans le modèle hydraulique permettent d'apprécier les écoulements dans les cours d'eau, mais aussi les hydrogrammes résultants. Le bureau d'études propose la correspondance suivante :

- une pluie 48 h décennale génère une crue décennale ;
- une pluie vicennale génère une crue de période de retour de 20 ans ;
- une pluie centennale produit une crue centennale.

Les débits de pointe l'Austreberthe fournis par le **Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]**, sont alors dans la situation de 1995 :

	Surface du Bv (km <sup>2</sup> )	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)			
		Janvier 1995	T= 10 ans	T= 20 ans	T = 100 ans
<b>Austreberthe Amont Barentin</b>	82	16,7	2,36	3,83	9,49
<b>Vallon de St Hélier</b>	47	2,7	0,25	0,42	1,21
<b>Austreberthe aval Barentin</b>	130	26,9	3,43	5,97	16,17
<b>Austreberthe Duclair</b>	211	38,1	6,29	10,97	26,37

Les débits de fréquence décennale et dans une moindre mesure la vicennale, sont ainsi sous estimés.

Dans l'**Etude complémentaire pour l'aménagement des bassins versants de l'Austreberthe et du Saffimbec [2]**, les débits de crue calculés par la précédente étude sont repris :

T	Q
10 ans	6,5 m <sup>3</sup> /s
20 ans	10,5 m <sup>3</sup> /s
100 ans	24,0 m <sup>3</sup> /s

Dans **Lutte contre les inondations, site de l'ancienne route de Villers [5]**, les mesures de la station de Duclair sont rapidement écartées ainsi que les simulations menées en 1995. Il est procédé au calcul du débit instantané de fréquence décennale par la méthode de SOCOSE. **Le bureau d'étude aboutit à une valeur de 22 m<sup>3</sup>/s pour l'Austreberthe à l'aval de Barentin** (usine Badin).

Dans ce même document, les débits maximums enregistrés à la station DIREN du Paulu (St Paer) lors de la crue de mai 2000 sont jugés sous-estimés. Deux arguments sont avancés :

- un tel débit (18,7 m<sup>3</sup>/s) appliqué à la traversée de Barentin ne permet pas « un débordement généralisé de l'Austreberthe » ;
- la courbe de tarage de la station de St Paer est constituée d'une extrapolation au-delà de 10,8 m<sup>3</sup>/s, qui ne présente pas de point de rupture : les hauteurs augmentent moins rapidement que le débit, lorsque la rivière occupe son lit majeur.

Le bureau d'études a alors porté le débit de pointe de la crue de mai 2000 à Barentin, à 30 m<sup>3</sup>/s. Ce débit a été choisi parce qu'il assurerait le débordement de l'Austreberthe tel que les témoignages le rapporte sur le site étudié. La justification est un peu rapide :

- comment un tel écart d'évaluation à la station DIREN est-il possible, alors que ces services jugent la mesure bonne en hautes eaux ?
- il se peut effectivement que les débits à Barentin, aient été supérieurs à 18 m<sup>3</sup>/s, mais n'est-il pas envisageable qu'un écrêtement, du fait des débordements dans les champs d'expansion, soit possible à l'aval réduisant le débit ?
- le débordement d'une section donnée est fonction du débit, ainsi que de la rugosité appliquée, d'accident ponctuel (embâcles, ...) et des conditions aval de mises en charge.

Le caractère arbitraire de ces « 30 m<sup>3</sup>/s » est renforcé par la lecture des résultats hydrauliques de cette même étude : les premiers débordements sur la zone d'étude se produiraient entre 13,5 m<sup>3</sup>/s et 18,5 m<sup>3</sup>/s selon la section considérée, bien avant 30 m<sup>3</sup>/s.

Par ailleurs, nous pouvons également nous interroger sur l'interprétation donnée aux valeurs de cote de crue utilisées pour le calage du modèle, notamment en amont du site Badin, où les apports issus de l'ancienne voie ferrée (débordements de St Hélier et du vallon du Bois d'Epinay) ne sont pas évoqués ; ces apports pourraient justifier les cotes de plan d'eau alors que seuls les débordements de l'Austreberthe sont avancés par le bureau d'études pour expliquer de telles cotes.

**L'étude hydraulique sur la création d'une zone d'expansion de crue sur le site de l'usine Badin [19-b]**, reprend les calculs hydrologiques de **Lutte contre les inondations, site de l'ancienne route de Villers [19-a]**.

Dans un souci de vérification de cohérence, ces résultats peuvent être comparés aux suivis effectués sur les cours d'eau voisins du Pays de Caux. A ce stade, la comparaison portera uniquement sur le débit décennal.

Il apparaît que la valeur de **22 m<sup>3</sup>/s** pour le débit de pointe décennal à Barentin est **très supérieure** aux autres grandeurs caractéristiques, **voire incohérente**. A contrario, **la valeur de 6,5 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire paraît indiscutablement trop faible**.

Source de la donnée	DIREN	DIREN	Etude [5]	DIREN	DIREN	Etude [1]
Cours d'eau	Le Cailly <sup>3</sup>	Le Commerce <sup>4</sup>	Austreberthe	Le Cailly <sup>5</sup>	L'Austreberthe <sup>6</sup>	Austreberthe
Lieu	Fontaine-le-Bourg	Gruchet-le-Valasse	Barentin	Notre-Dame de Bondeville	Duclair	Exutoire
Superficie du bassin (km <sup>2</sup> )	85	118	128	199	209	215
Débit de pointe décennal (m <sup>3</sup> /s)	3,4	6,4	22,0	9,1	8,4	6,5

Pour parvenir à une appréciation fiable des débits de crue de l'Austreberthe, nous proposons que le modèle de simulation ne se limite pas seulement à Barentin, mais décrive la rivière jusqu'à la station DIREN de St Paer. Ainsi, il pourra être possible :

- d'examiner la cohérence de la courbe de tarage de la station DIREN, pour des débits supérieurs à 11 m<sup>3</sup>/s ;
- d'analyser les capacités d'écrêtement entre Barentin et St Paer.

La constitution d'un modèle intégré pluie-débit et hydraulique peut également être mis à profit : l'application des précipitations enregistrées courant mai 2000 (images radar à acquérir, indispensables compte tenu de l'hétérogénéité temporelle et spatiale des précipitations) peut nous éclairer sur la réalité d'un débit de 19 ou 30 m<sup>3</sup>/s en pointe à Barentin lors de cet événement.

<sup>3</sup> Données hydrologiques 1980-2006 ;

<sup>4</sup> Données hydrologiques 1994-2006 ;

<sup>5</sup> Données hydrologiques 1963-2006 ;

<sup>6</sup> Données hydrologiques 1965-1999, mais mesures incertaines en hautes eaux.

## 3.2 LES ECOULEMENTS

### 3.2.1 Définition et formulation

Les écoulements à surface libre concernés présentent une direction privilégiée suivant laquelle la section passage du fluide varie soit progressivement (rivières, canal, réseau d'eaux pluviales) soit brusquement (ressaut, ouvrages) dans l'espace en raison des conditions aux limites (proximité d'ouvrages) et dans le temps en raison des conditions initiales.

Les écoulements étudiés sont essentiellement turbulents. Cependant la diversité des conditions aux frontières et leur méconnaissance rend illusoire toute tentative de résolution locale et instantanée des équations de conservation. On est alors conduit à simplifier l'écriture **des équations de conservation de masse et de quantité de mouvement**.

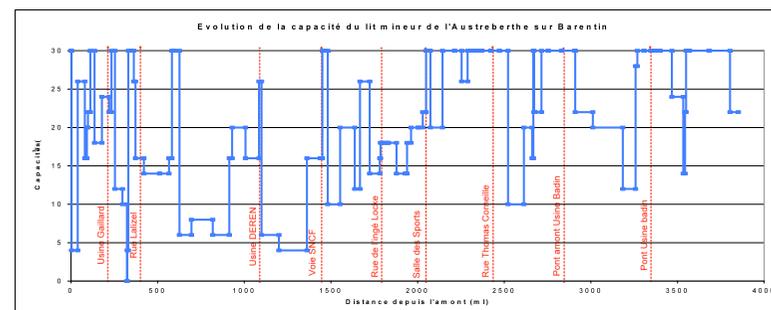
Les calculs reposent alors sur **la résolution des équations de Barré de Saint Venant**, dont les équations, de conservation et de propagation, sont présentées au paragraphe § 5.2.1 Principes du logiciel ISIS.

### 3.2.2 Résultats de modélisation des écoulements de l'Austreberthe

Plusieurs modèles de simulation ont pu être mis en œuvre sur la totalité du linéaire de l'Austreberthe ou sur quelques tronçons.

Le diagnostic hydraulique issu du *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]* et de *l'étude complémentaire [2]*, est établi à partir de la mise en œuvre du logiciel MIKE. Il précise le comportement de l'Austreberthe dans la traversée de Barentin. Il ressort du graphique ci-après, que :

- En amont de l'usine Gaillard, les débordements apparaissent ponctuellement au-delà de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ , pour  $16\text{-}17 \text{ m}^3/\text{s}$  ensuite, et le seuil d'apparition des désordres est de  $10$  et  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  à l'aval immédiat ;
- Entre la rue Guillaume Lazille et les établissements DEREN, plusieurs sections débordent pour  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , alors qu'il faut  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  dans l'Austreberthe pour que les débordements soient généralisés à ce tronçon ;
- Au droit de l'usine DEREN, la capacité n'est que de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  en aval ;
- Après être passée à  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  et plus, les débordements peuvent apparaître en aval de la voie SNCF pour  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- De part et d'autre de la rue de l'ingénieur Locke, la capacité est supérieure à  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- Jusqu'au pont d'accès de la salle de sport, les débordements n'apparaissent pas tant que le débit est inférieur à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- Jusqu'à la rue Thomas Corneille, la capacité est supérieure à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- De cette rue à la limite aval de la commune, les capacités sont variables : au minimum de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  en amont de l'usine Badin, à plusieurs reprises de  $22\text{-}24 \text{ m}^3/\text{s}$ , voire supérieures à  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais encore ponctuellement à  $14 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Ce seul schéma ne permet pas de tirer des conclusions évidentes. Il faut impérativement avoir en tête que les débits de l'Austreberthe en crue ne sont pas identiques dans la traversée de Barentin, puisque la rivière reçoit les apports du bassin versant de St Héliér au droit de la salle des Sports Pierre de Coubertin (à mi-parcours). Or ce bassin versant représente 40 % de la surface collectée par l'Austreberthe à l'aval de Barentin. De plus, en l'absence de débits caractéristiques fiables (débit pour une fréquence donnée), il est impossible de conclure quand à la sensibilité aux débordements des différents tronçons du lit mineur ; pour cela, il sera impératif de préciser les débits caractéristiques de l'Austreberthe en amont et en aval de la confluence avec l'exutoire du bassin versant de St Héliér.

Toutefois, deux remarques peuvent être soulignées :

- en amont de l'exutoire du vallon de St Héliér, les capacités du lit mineur peuvent être ponctuellement inférieures à  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , voire  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  en amont des établissements Gaillard, Deren (non confirmées lors de nos visites) et une valeur nulle rue Lazille inexplicable qui peut faire douter de ce contrôle de capacité ;
- à l'aval, ses capacités sont bien plus élevées (régulièrement supérieures à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  voire  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mais elles peuvent être réduites localement (inférieures à  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 3.2.3 Modélisation des réseaux d'eaux pluviales : apports ruraux et urbains

Les réseaux d'eaux pluviales structurants de Barentin ont également fait l'objet de modélisations hydrauliques au travers du *SDA des eaux pluviales de Barentin [9]* et de *l'étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]*.

#### SDA des eaux pluviales de Barentin [9] :

- Le collecteur principal  $\varnothing$  900 de la rue Boieldieu, précédé d'un tronçon  $\varnothing$  700, présenterait une capacité à pleine section de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le collecteur ovoïde constituant l'exutoire principal aurait une capacité de  $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais restreinte à  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$  sur ces dix derniers mètres. Le second exutoire, de diamètre  $\varnothing$  900 posséderait une capacité de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  (ce qui est impossible, tout au plus  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Le collecteur de diamètre  $\varnothing$  700 du quartier Normandie verrait sa capacité limitée à  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  : cette valeur apparaît excessive car elle nécessite une vitesse d'écoulement supérieure à  $4 \text{ m/s}$ .
- En amont du Bois d'Epinay, le réseau pluvial de la ZAC du Mesnil Roux  $\varnothing$  1200 serait doté d'une capacité de  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , et le réseau du Hamolet de diamètre  $\varnothing$  1000 aurait une capacité de  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . A l'aval du bassin de rétention Pierre et Marie Curie, la canalisation  $\varnothing$  1000 longeant l'ancienne voie ferrée serait d'une capacité limitée à  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Le réseau modélisé du bassin versant Géricault présente à l'aval un collecteur  $\varnothing$  500, dont la capacité est estimée à  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  : cette valeur n'est pas réaliste puisqu'elle implique une vitesse d'écoulement supérieure à  $7 \text{ m/s}$ . Il serait plus raisonnable d'envisager une capacité de  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$  au grand maximum ;
- Les deux ovoïdes reprenant les écoulements du vallon de St Hélier (T150) serait d'une capacité de  $2,3$  et  $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La même étude précise que :

- La modélisation des réseaux montre qu'aucun débordement n'est observé pour les pluies de période de retour inférieure à 2 ans.
- Une simulation complémentaire réalisée sur la pluie décennale sans prise en compte des apports ruraux a permis d'identifier les zones où les débordements sont uniquement imputables aux apports ruraux. Il s'agit :
  - du bassin versant Géricault ;
  - de la zone Courvaudon ;
  - de la zone rue Kennedy ;
  - du bassin versant Normandie.
- Sur le bassin versant Géricault, les débordements seraient occasionnés pour une averse de période de retour 5 ans dans la rue Jean Restoud, et serait généralisé pour l'averse décennale.
- Pour le bassin versant du Bois d'Epinay, les réseaux amont sont en charge pour une averse décennale mais il n'y a pas de débordements. Par contre à l'aval, un risque d'inondation est signalé pour la rue Bourvil par le collecteur  $\varnothing$  600 pour l'averse décennale, et au niveau de l'ancienne voie ferrée pour le collecteur principal  $\varnothing$  1000 pour une pluie de période de retour 5 ans.

- Sur le bassin versant Boieldieu, les débordements du bassin n°1 (Courvaudon) sont dus à l'insuffisance de la capacité de rétention au regard des apports ruraux. Les dysfonctionnements rue Boieldieu résultent de la saturation du collecteur  $\varnothing$  700 à l'amont du bassin de rétention n°8, pour l'averse décennale, alors que le bassin de rétention n'est quasiment pas sollicité ;
- Les réseaux situés sur les bassins versants Jardins de Barentin, Campeaux et Saint Hélier ne présenteraient aucun dysfonctionnement vis-à-vis de la pluie décennale.

*Remarque : l'application de formules d'hydraulique classique type Manning-Strickler n'est plus valide au-delà de la vitesse critique ( $V_c > 4 \text{ m/s}$ ). On se trouve en effet non plus en régime tourbillonnaire stable, mais en régime torrentiel diphasique, c'est-à-dire avec plus de bulles d'air que d'eau, donc des capacités de transit forts réduites. Les calculs hydrauliques sont alors impossibles et par conséquent il faut s'en tenir aux limites de capacités imposées par la vitesse critique.*

L'étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21] présente les calculs hydrauliques pour 4 sites :

- Cité Pasteur, Résidence Lamarck (Bois d'Epinay) : le bureau d'études considère que la majeure partie des écoulements est canalisée par la route pour une averse centennale. Pourtant 10 profils en travers (non disponible) ont permis de décrire le talweg. Si au final, la zone d'écoulement reporté sur le fond cartographique correspond bien au talweg, y compris la route, il est incompréhensible que le débit appliqué pour la crue centennale soit intégralement affecté aux débordements alors que les canalisations amont arrivent à absorber plus de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Résidence Boieldieu : dans ce cas, la quasi-totalité du débit centennial ( $5,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) emprunte l'avenue, puisque les débordements se produisent en amont (canalisation  $\varnothing$  700) et que la capacité d'évacuation n'est pas significative ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  au maximum) ;
- Ligne SNCF Saint Hélier : les écoulements y sont modélisés dans les profils : sur la RD104 et à travers le vallon de Saint Hélier, en appliquant un coefficient de Strickler de 10, et avec un débit centennial de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dans ces conditions, le bureau d'études propose des zones submergées, mais ce débit appliqué est sans commune mesure avec la réalité sans aucun doute bien plus élevé. D'autres part, les ouvrages (ovoïdes) permettent d'évacuer un débit non négligeable ( $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$  sans contrainte aval).
- Mont Géricault : pour ce secteur, le découpage en bassins élémentaires n'est pas cohérent entre les différentes études. L'analyse critique des calculs proposés nécessite d'aller plus loin dans les investigations.

**Au final, le jugement est très sévère pour l'étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21], mais sur les 4 sites traités, seul le secteur Boieldieu présente des hypothèses de calculs cohérentes.**

### 3.3 EVALUATION DU RISQUE D'INONDATION : VULNERABILITE, ALEA ET RISQUE

#### 3.3.1 Définition du risque d'inondabilité

L'analyse des débordements du lit mineur des cours d'eau et des mises en charge des ouvrages ne suffit pas à la réalisation d'un diagnostic pertinent du risque d'inondation, alors que ce diagnostic constitue la base essentielle à la définition du niveau de protection recherché et aux dimensionnements des préconisations.

L'**aléa** est l'élément « perturbateur ». Si l'on considère une parcelle inondée, l'aléa correspond à tout ce qui caractérise la durée et la hauteur de submersion, la vitesse de l'écoulement submersion, indépendamment du mode d'occupation des sols.

La **vulnérabilité** est l'appréciation de l'occupation du sol exposée aux phénomènes en jeux. Elle caractérise pour chaque parcelle un objectif de protection équivalent au risque maximal acceptable. L'objectif de protection est exprimé à l'aide de la fréquence, de la durée, de la hauteur d'eau, ou de la vitesse d'écoulement.

L'aléa : le phénomène physique



Chicoutimi, Quebec, Juillet 1996 (Source Time 5/8/96)

La vulnérabilité : l'occupation des sols



Chicoutimi, Quebec, Juillet 1996 (Source Time 5/8/96)

Le **risque** enfin, est défini comme la loi de **probabilité des impacts** (ou des dommages) à l'échelle d'un bien, d'une parcelle, ou de toute unité géographique. Le risque dépend donc de l'aléa, des enjeux exposés et des ressources disponibles pour y faire face.

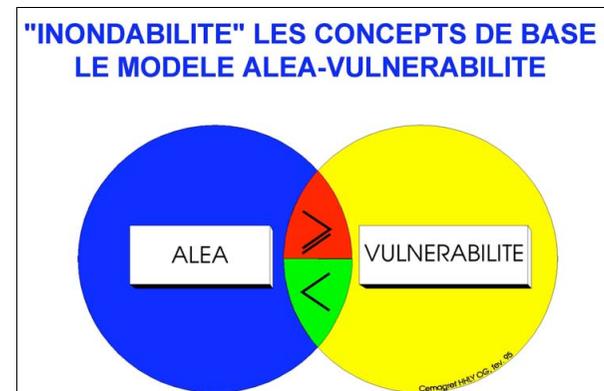
En effet, il n'y a pas de risque sans aléa naturel et sans élément exposé (= la vulnérabilité).

Comme le souligne très justement l'*Atlas cartographique des zones inondables* [15], il convient de bien distinguer les notions de Plus Hautes Eaux Connues et de zones inondables. Ces deux notions peuvent chacune faire l'objet d'une cartographie.

Celle des Plus Hautes Eaux Connues retranscrit sur l'ensemble de la zone d'étude l'enveloppe des crues historiques dont l'Homme a encore la mémoire. Selon l'emplacement dans la zone d'étude, les crues faisant références pour la cartographie peuvent être différentes.

La cartographie des zones inondables précise les zones qui sont susceptibles d'être inondées en cas de crue grave. Ces zones peuvent être déterminées soit par un modèle numérique (auquel cas une période de retour est associée à la crue), soit par géomorphologie. Les zones inondables englobent classiquement plus de surface que celles délimitées par la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues, les crues s'étant produites récemment et étant encore dans les mémoires n'étant pas forcément assez importantes pour remplir toutes les zones inondables.

Il s'agit dans cette partie de mettre en œuvre cette approche, inspirée de la méthode Inondabilité. Cette méthode, développée par le CEMAGREF, est basée sur une quantification objective du risque d'inondation, prenant en compte les coûts directs et indirects des dommages. Nous en conservons les principes, mais nous en simplifions les calculs.



Dans la démarche de définition du risque d'inondation, que peut-on négocier ?

- **L'aléa ne peut pas être négocié** : le comportement hydrologique et hydraulique du bassin versant est une contrainte naturelle. Le corollaire est la nécessité de le déterminer très précisément et durablement.
- **La vulnérabilité et les objectifs de protection peuvent être négociés** : il est possible de prendre en compte la valeur économique des dommages, les mesures mises en œuvre, ...
- **Le risque peut se modéliser par plusieurs scénarios** : la simulation de modifications hydrauliques et/ou de l'occupation du sol, et l'estimation de leurs impacts sur le risque peuvent être appréciés, éventuellement réduits par les aménagements projetés.

### 3.3.2 Méthode de détermination de l'aléa ruissellement

Une méthode de détermination de l'aléa ruissellement a été proposée dans le cadre de **PPR Inondation du bassin versant de l'Austreberthe et du Saffimbec – Détermination de l'aléa ruissellement [20]**.

L'ordre classique d'élaboration des PPRi impose :

- la définition des aléas ;
- l'identification des enjeux et de la vulnérabilité ;
- la cartographie du risque et règlements.

Compte tenu du degré de précision souhaité et de la difficulté d'une caractérisation sur la totalité du linéaire des talwegs, l'identification des enjeux devient un préalable à la détermination de l'aléa. Ainsi trois zones d'enjeux sont distinguées :

- les talwegs à enjeux denses ;
- les talwegs à enjeux ponctuels ;
- les talwegs à enjeux inexistantes.

Les secteurs sensibles de Barentin évoqués dans ce document (Cité Pasteur, Résidence Lamarck, Résidence Boieldieu, Ligne SNCF Saint Hélier, Mont Géricault) sont tous des sites à enjeux denses : **la définition de l'aléa a été établie à partir de levés topographiques partiels, d'une estimation des débits d'entrée et d'une modélisation mathématique des écoulements.**

Le débit ruisselant en amont des zones d'enjeux est obtenu par des méthodes hydrologiques empiriques. **Le débit de pointe centennal**, nécessaire à la cartographie de l'aléa, sera porté à deux fois le débit de pointe décennal calculé (ce qui constitue une marge très confortable).

**Les données topographiques** utilisées sont adaptées au cas par cas, pour acquérir :

- des profils en travers du talweg ;
- le relevé des ouvrages hydrauliques en présence et de leurs caractéristiques ;
- des semis de points permettant d'apprécier la topographie des sites et permettre une cartographie de la zone d'extension de l'aléa et des hauteurs de submersion.

**La modélisation mathématique des écoulements** est nécessaire dans la mesure où de nombreuses singularités (ponts, buses, ...) que l'on trouve en zone urbaine, rendent difficilement exploitables les résultats donnés par des formules hydrauliques simplifiées.

**La classification de l'aléa** est ensuite établie sur la base de ces calculs. Les critères de caractérisation des écoulements sont **les hauteurs de submersion et les vitesses** :

- **L'aléa inondation est dit fort** quand les hauteurs atteintes ont été supérieures à 50 cm ou lorsque les vitesses d'écoulement ont été élevées.
- **L'aléa inondation est dit faible** quand les hauteurs atteintes ont été inférieures à 50 cm et les vitesses d'écoulement ont été modérées.

Finalement, l'aléa est déterminé par l'*étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]* : en effet, il a été choisi de ne retenir dans le cas présent que les hauteurs et les vitesses comme paramètres déterminants. Les durées de submersion étant très faibles dans le cas de ruissellement, l'eau ne stagnant pas, ces paramètres ne seront pas pris en compte.

Vitesses	Hauteur d'eau		
	H < 0,5 m	0,5 m < H < 1 m	H > 1 m
V < 0,2 m/s	Faible	Moyen	Fort
0,2 m/s < V < 0,5 m/s	Faible	Moyen	Fort
0,5 m/s < V < 1 m/s	Moyen	Fort	Fort
V > 1 m/s	Fort	Fort	Fort

### 3.4 CONCLUSIONS

L'expertise des études antérieures et la confrontation de leurs résultats permettent dès à présent d'identifier les méthodes et résultats :

- à écarter
- à isoler.

Le tableau présenté ci-dessous constitue le bilan de cette analyse.

#### • Volet hydrologique

Etudes	Austreberthe	St Hélier	Talwegs
[1]	Résultats douteux	Résultats douteux	-
[3]	-	A retenir en partie	-
[9]	-	Ne pas retenir	A retenir
[19]	Résultats douteux	-	-
[21]	-	Ne pas retenir	A retenir partiellement

#### • Volet hydraulique

Etudes	Austreberthe	St Hélier	Talwegs
[1]	A retenir	-	-
[9]	-	A retenir	A retenir
[19]	A retenir	-	-
[21]	-	Résultats douteux	A retenir partiellement

Il s'avère que si :

- le modèle hydraulique de l'Austreberthe a été constitué et exploité, l'absence de données hydrologiques fiables (débits caractéristiques) ne permet pas d'accéder à un diagnostic inondabilité de la traversée de Barentin par les outils de modélisation ;
- si le comportement hydrologique du bassin versant de St Hélier est approché, le comportement des écoulements à l'aval, dans Barentin, n'est que partiellement diagnostiqué par les outils de modélisation ;
- si les débits caractéristiques produits par les talwegs sont estimés, l'impact des écoulements dans Barentin sont partiellement modélisés.

#### • Apports des calculs et des modélisations à la « connaissance » du bassin versant et des cours d'eau

Etudes	Austreberthe	St Hélier	Talwegs
<b>Volet hydrologique</b>	Absence de données fiables	Eléments disponibles	Eléments disponibles
<b>Volet hydraulique</b>	Modèle construit	Calculs partiels	Calculs partiels
<b>Diagnostic inondabilité</b>	Absence de diagnostic	Diagnostic partiel	Diagnostic partiel

Sur les 12 secteurs sensibles identifiés, on peut considérer que les études antérieures apportent des précisions assez complètes en termes d'inondabilité, pour un seul site (Boieldieu).

## 4. EXAMEN DES DONNEES DE BASE

### 4.1 LE CONTEXTE PLUVIOMETRIQUE

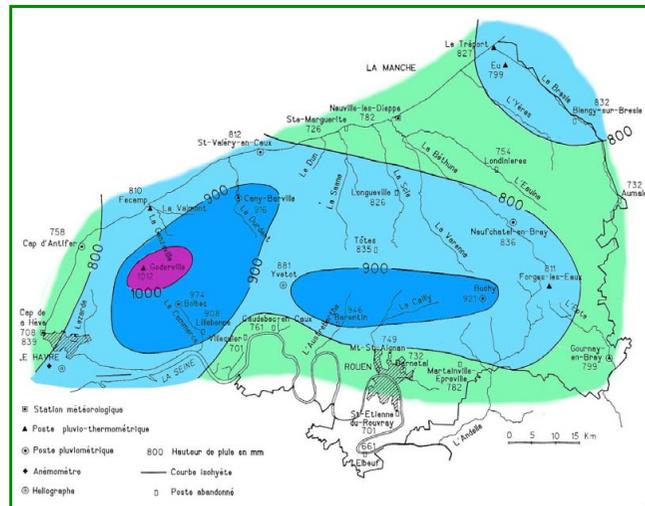
#### 4.1.1 Examen des données

Les précipitations 24 heures sont constituées d'un ensemble d'événements le plus souvent discontinus d'averses à caractère unique, qui ne correspondent à aucune pluie caractéristique.

Aussi l'ensemble des hauteurs d'eau mesurées pendant de nombreuses années variables sur les divers sites météorologiques, constitue une série de données statistiques peu maniables. Le traitement de ces données pluviométriques a donc pour but de les condenser en un nombre de paramètres représentatifs, caractérisant les épisodes d'événements relatifs au site considéré.

La représentation synthétique régionale de la pluviométrie annuelle ou maximum journalière généralement de fréquence décennale est donnée par les courbes appelées isohyètes, qui traduisent l'amplitude des précipitations dans l'espace, selon le relief et autre paramètres géographiques. La cartographie ci-après illustre la répartition spatiale des précipitations en Seine-Maritime. Elle montre que le pays de Caux de Barentin à Yvetot est particulièrement exposé à des événements pluviométriques exceptionnels en raison du relief qui les intercepte. Ainsi la pluviométrie annuelle passe de 800 mm à Rouen, à 900 à Barentin, et 1000 à Yvetot.

**Précipitations moyennes annuelles en Seine-Maritime  
Normales 1891-1930 et 1951-1989 (source Atlas hydrogéologique 76)**



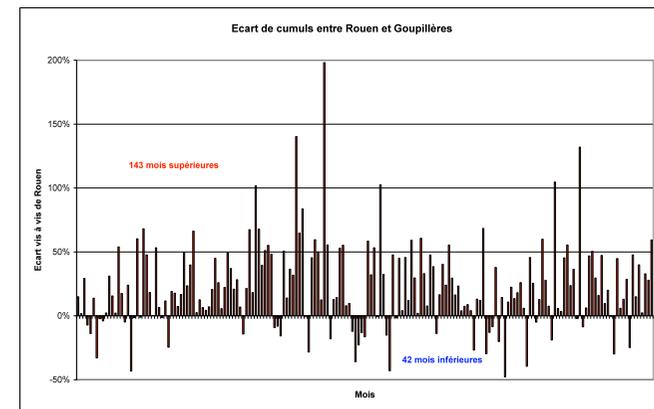
Cette carte fournit un premier aperçu des écarts de précipitations entre le poste départementale de Rouen-Boos et le bassin versant de l'Austreberthe.

Les enregistrements du poste de Goupillères peuvent être considérés comme représentatifs, compte tenu de sa position assez centrale dans le bassin versant. Or de 1985 à 1999, les précipitations annuelles se sont élevées à 987 mm en moyenne contre 826 mm à Rouen sur la même période. Chaque année, **les cumuls sont plus élevés sur le bassin versant de l'Austreberthe**. Il s'avère également que **le nombre de cumuls journaliers supérieurs à 10 mm est systématiquement supérieur à Goupillères**.

Les tableaux placés ci-dessous illustrent ces commentaires.

Année	Cumuls annuels			Année	Nombre de jours de cumuls > à 10 mm		
	Rouen	Goupillères	Ecart		Rouen	Goupillères	Ecart
1985	767	785	2%	1985	16	22	38%
1986	890	1057	19%	1986	24	32	33%
1987	857	953	11%	1987	24	25	4%
1988	922	1128	22%	1988	31	40	29%
1989	524	697	33%	1989	7	17	143%
1990	631	869	38%	1990	16	29	81%
1991	706	869	23%	1991	23	30	30%
1992	965	1031	7%	1992	31	36	16%
1993	999	1142	14%	1993	34	36	6%
1994	925	1172	27%	1994	27	35	30%
1995	850	940	11%	1995	25	31	24%
1996	674	741	10%	1996	19	29	53%
1997	783	999	28%	1997	22	30	36%
1998	859	1216	42%	1998	20	33	65%
1999	1041	1211	16%	1999	32	37	16%
<b>Moyenne</b>	<b>826</b>	<b>987</b>	<b>19%</b>	<b>Somme</b>	<b>357</b>	<b>462</b>	<b>32%</b>

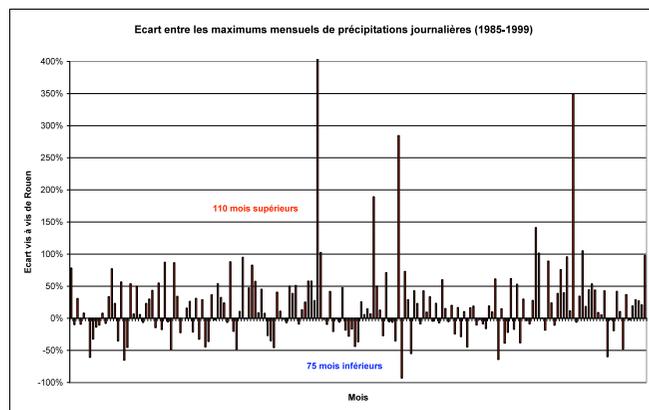
Ces remarques peuvent être également complétées par l'examen des cumuls mensuels : pour les trois-quarts des mois d'observation, **les cumuls mensuels de Goupillères sont supérieurs à ceux de Rouen**. Il s'avère même que pour 50 % des cumuls mensuels, l'écart de précipitations est supérieur de 15 %.



L'écart de pluviométrie locale est aussi mis en avant par l'analyse des maximums mensuels de précipitations quotidiennes. Pour la période d'observation, les maximums mensuels de précipitations quotidiennes dépassent 30 mm pour 9 % des mois à Rouen ; ce taux atteint 15 % au poste de Goupillères. Le tableau proposé ci-dessous confirme donc que **les précipitations de Goupillères sont plus élevées que celles de Rouen, non seulement pour les cumuls globaux, mais également pour les précipitations quotidiennes les plus importantes.**

	Répartition des maximum mensuels des précipitations quotidiennes (185 mois)					
	P < 10 mm	10 < P < 20 mm	20 < P < 30 mm	30 < P < 40 mm	40 < P < 50 mm	P > 50 mm
Rouen	23%	48%	19%	6%	2%	1%
Goupillères	17%	51%	17%	10%	2%	3%

De plus, nous noterons que **pour 50 % des mois, le maximum de précipitations quotidiennes de Goupillères présente un écart positif supérieur à 10 % avec les valeurs de Rouen.** Les valeurs du bassin versant de l'Austreberthe sont inférieures pour seulement 40 % des mois.



Le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]* conclut à « très peu de variations entre les différents postes pluviométriques, que ce soit pour le totaux annuels et moyenne interannuelle, que pour les pluies de période de retour supérieure à la décennale ».

#### 4.1.2 Précipitations appliquées au secteur d'études

Les événements pluvieux ayant généré des inondations récurrentes ont été :

- des orages d'été courts et intenses ;
- des pluies hivernales longues avec une intensité moins forte.

Ainsi, l'ensemble des hauteurs d'eau mesurées pendant de nombreuses années sur les divers sites météorologiques constitue une série de données statistiques peu maniables. Le traitement de ces données pluviométriques a donc pour but de les condenser en un nombre de paramètres représentatifs caractérisant les épisodes d'événements relatifs au site considéré.

La station météo de ROUEN-BOOS, située à une quinzaine de kilomètres de Barentin, dispose de 44 années d'observations, ce qui est beaucoup, suffisant pour appréhender la fréquence décennale, mais trop peu pour des périodes de retour supérieures : 25 ans, ..., 100 ans. Il convient donc d'extrapoler de manière à obtenir les valeurs classées d'intensité-durée-fréquence (IDF), pour chaque intervalle de durée et pour chaque période de retour.

L'intensité moyenne se définit par le rapport de la hauteur d'eau tombée pendant une durée donnée :

$$im : dh/dt$$

avec : im : l'intensité moyenne

dh : la hauteur d'eau recueillie dans l'intervalle de temps dt

dt : l'intervalle de temps choisi (durée de l'averse ou d'un élément d'averse).

Si au cours d'une période de N années, on a enregistré sur le site donné n fois une averse (ou un élément d'averse), d'intensité moyenne im, on dira que la fréquence F de cette averse est :  $F = n/N$  et on appelle période de retour T, l'inverse de sa fréquence :  $T = 1/F = N/n$ .

Par exemple, on dira que l'averse a une période de retour de 10 ans ou une fréquence décennale, si cette averse survient en moyenne une fois tous les 10 ans (30 ans au minimum d'observations sont nécessaire pour que ce soit significatif).

Le contexte local de précipitations (cf. paragraphe précédent) conduit donc à se référer à la station météo de Goupillères, situé au cœur du bassin versant de l'Austreberthe et dont la représentativité pour une décennale journalière est assurée par la disponibilité de 33 années d'observations.

L'ajustement statistique permet d'établir les hauteurs de pluies correspondant à différentes périodes de retour sur la base des données fournies par Météo-France (période 1968-2000) synthétisées dans le tableau ci-dessous (valeurs issues du *SDA des eaux pluviales de Barentin [9]*).

**Cumuls journaliers exceptionnels**

Période de retour	Lame d'eau (en mm)		Rapport des lames
	Rouen	Goupillères	Goupillères / Rouen
2 ans	32,4	36,1	1,11
5 ans	44,2	48,7	1,10
10 ans	52,0	57,1	1,10
25 ans	61,9	67,7	1,09
50 ans	69,2	75,5	1,09
75 ans	73,4	80,1	1,09
100 ans	76,4	83,3	1,09

Ce tableau met en évidence que, pour chaque période de retour, **les hauteurs d'eau sur Goupillères sont supérieures de près de 10% à celles de Rouen-Boos**. On considèrera donc que le rapport de 10% est à conserver pour les pas de temps plus courts. Le tableau suivant présente les valeurs attribuées à Goupillères, par extrapolation des données de Rouen-Boos (1957-2000). **Ces valeurs serviront de référence pour l'établissement des courbes IDF et des pluies de projet sur Barentin.**

**Valeurs IDF attribuées à Goupillères  
(10% supérieures à celle de ROUEN-BOOS)**

Intervalles	Périodes de retour des événements pluvieux				
	2 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
6 minutes	6,3	10,1	12,1	13,5	14,9
15 minutes	10,7	17,5	21,0	23,5	26,1
30 minutes	13,8	22,1	26,3	29,4	32,6
1 heure	17,6	27,9	33,2	37,1	40,9
2 heures	21,6	33,7	39,7	44,2	48,7
3 heures	23,8	37,6	44,6	49,8	54,9
6 heures	27,8	41,1	47,9	52,8	57,6
12 heures	33,1	47,2	54,3	59,6	64,8
24 heures	38,8	53,0	60,2	65,6	70,8

**4.2 LES CONTEXTES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS**

A Barentin, comme à Pavilly lieu de confluence du Saffimbec et de l'Austreberthe, le relief marqué de la vallée et ses vallons adjacents confèrent à la commune une topographie de concentration rendant les lieux vulnérables aux effets des ruissellements et des ondes de crues de la rivière.

Quatre principaux talwegs, l'un en rive droite et les trois autres en rive gauche, drainant les plateaux environnants, débouchent sur la vallée, en amont et en aval du centre ville fortement urbanisé.

La carte qui présente le bassin versant de l'Austreberthe à Barentin, souligne notamment les principaux sous bassins versants dont les exutoires se situent sur le territoire de la commune de Barentin.

**4.2.1 Le contexte géographique et d'occupation des sols du bassin versant**

Les sous-bassins versants principaux concernés par les apports de ruissellement sur Barentin, sont :

- l'Austreberthe amont : 3 515 ha
- le Saffimbec 4 250 ha
- le sous bassin de Saint Hélier 5 015 ha
- les sous bassins de Barentin 840 ha
- les sous bassins de Roumare-Villers 1 680 ha

Le bassin versant amont étudié est d'une superficie de **15 300 ha** et s'inscrit dans un bassin versant total de l'Austreberthe de 21 530 ha.

Les sous-bassins versants sont de forme arrondie, ramassée autour des talwegs, et présentent notamment au nord des zones de plateaux placés à plus de 100 m au-dessus des vallées encaissées, dominés à part égale entre terres labourées et herbages.

Les versants pentus des talwegs principaux pouvant atteindre 25%, sont généralement boisés.

La pente naturelle moyenne des talwegs est importante (de l'ordre de 0,005m/m).

Cette morphologie n'est pas sans conséquence sur les temps de réaction des deux sous bassins amont (Saffimbec et Austreberthe) et du sous bassin adjacent de Saint Hélier.

Les modélisations réalisées, infirmées ou confirmées par SETEGUE - GUIGUES ENVIRONNEMENT, doivent être estimées, sur **ces temps de concentration ou durées caractéristiques de crues, relativement courts**, influant sur les dispositions d'écrêtements envisagées ou proposées.

Les sous bassins amont ont vocation agricole et rurale. **Les terres labourées représentent près de 50% des surfaces**, réparties sur l'ensemble du bassin versant où la topographie est favorable à la mécanisation. Le remembrement a agrandi la dimension des parcelles rassemblées en blocs de cultures étendus. La répartition des surfaces cultivées dans le canton de Pavilly est :

- culture de petites graines : 57%,
- cultures inter-rang large : 43%.

Les bois occupent environ un tiers de la superficie totale sous forme de massifs forestiers situés sur les versants pentus et en fonds de talwegs principaux.

Les surfaces imperméabilisées sont représentées par :

- de nombreux hameaux à l'habitat dispersé, de fermes à l'écart ;
- des bourgs situés sur les plateaux périphériques, d'habitat regroupé avec des extensions récentes de zones pavillonnaires et des zones d'activités, d'équipements commerciaux ;
- des villes, Pavilly, Barentin, dans la vallée et les versants qui sont fortement, voire totalement imperméabilisées et qui avec la proximité de Rouen bien desservi par le réseau routier connaît une urbanisation croissante ;
- la voirie bien que marginale en superficie (2,5%) constitue un support hydrologique influent en concentrant les écoulements ou en leur faisant obstacle.

Classe d'occupation du sol	Saffimbec	Saint Hélier
		4475 ha
<b>Voirie</b>	5 %	2 %
<b>Zone d'habitat dense</b>	2 %	1 %
<b>Zone d'habitat diffus</b>	6 %	4 %
<b>Zone cultivée</b>	54 %	48 %
<b>Prairie</b>	24 %	34 %
<b>Zone boisée</b>	9 %	11 %

Les sous bassin versant de St Hélier, du Saffimbec et de la Haute Vallée de l'Austreberthe ont conservé une vocation agricole et rurale. **Les terres labourées et les herbages totalisent 80 % de la surface totale.**

Les cultures représentées sont caractéristiques du Pays de Caux (céréales d'hiver : blé, escourgeon, colza (dont jachère énergétique), maïs fourrager, pois, lin, betteraves sucrières, pomme de terre et jachères (essentiellement Ray-grass). Cette répartition par culture traduit un système de production de type polyculture-élevage, activité traditionnelle dans la région agricole. Les céréales d'hiver dominent l'assolement général du sous bassin versant en 2002, suivies par le maïs fourrager, le colza, le pois et le lin.

#### 4.2.2 Le contexte hydrogéologique

L'aquifère est constitué par la nappe de craie en partie karstifiée, qui réagit vivement aux grands épisodes pluvieux, dont les résurgences apparaissent dans les talwegs principaux et la vallée, contribuant à initier les crues.

Les sous-bassins versants présentent de nombreuses bêtouilles sur les plateaux, vecteurs de captage des eaux de ruissellement et de transfert aléatoire vers la nappe de la craie.

Leurs capacités d'engouffrements sont en effet variables, pouvant se trouver momentanément colmatées et ne plus avoir alors d'effet d'écrêtement du ruissellement local.

#### 4.2.3 Le contexte géologique et les formations superficielles.

La craie du Sémonien qui constitue l'assise structurale du plateau, affleure sporadiquement sur les versants, dans la vallée de l'Austreberthe et le vallon de St Héliér.

Les formations superficielles sur le bassin versant se décomposent en trois grandes catégories :

- les limons battants du plateau
- les argiles à silex
- les colluvions

##### Les limons battants :

Les plaquages de limons éoliens repérables sur différentes cartes des loess, sont très sensibles aux phénomènes de battance et de ravinement du ruissellement.

La battance sur les terres cultivées, nues en hiver et printemps, se caractérise par une destruction des agrégats mottés sous l'impact des gouttes de pluies, projetant les éléments fins qui forment une croûte superficielle compacte très peu perméable et d'une rugosité faible. Le sol présente ainsi une aptitude naturelle au ruissellement et à l'érosion. Par conséquent, un coefficient de ruissellement élevé doit être appliqué en regard de ce type de sol.

##### Les argiles à silex

Les formations sablo-argileuses, présentant généralement une charge en silex, se rencontrent sous forme d'affleurements aux abords des plateaux et sur les versants abrupts des talwegs principaux. Ils sont néanmoins érodables lorsqu'ils sont cultivés, et évidemment bien moins sensibles aux ruissellements et aux érosions s'ils sont occupés par des prairies ou des bois.

##### Les colluvions

Les formations issues de dépôts de sédiments arrachés par l'érosion des plateaux et des versants sont constitués d'éléments fins, limons, sables, argiles,... se rencontrent en fonds de talwegs principaux à la faveur d'une rupture en pente ou d'un obstacle, et peuvent être localement très sensibles à la force tractrice de l'écoulement (vitesse > 1 m/s).

#### 4.3 LES COURS D'EAU

La rivière de l'Austreberthe et son affluent le Saffimbec se caractérisent par un tracé, fortement pentu, peu sinueux, ensermé dans des vallées étroites.

Ces caractéristiques générales sont rappelées ci-après :

	Austreberthe	Saffimbec
Longueur totale	18,5 km	3,1 km
Biefs de Barentin	3,7 km	-
Sources	A Ste Austreberthe,	A Pavilly,
	85 m d'altitude	71 m d'altitude
Confluences	En seine à Duclair	A Pavilly
	4 m d'altitude	53 m d'altitude
Pente naturelle moyenne	0,44 %	0,57 %
Pente réelle	0,265 %	0,288 %
Pente à Barentin	0,5 %	-
Débit moyen à Duclair	1,96 m <sup>3</sup> /s	-
QMNA5 à Duclair	1,25 m <sup>3</sup> /s	-
QMNA5 à Saint Paër	1 m <sup>3</sup> /s	-
Débit de crue maxi à Saint Paër	19 m <sup>3</sup> /s <sup>7</sup>	-

Barentin se situe à 11 km en amont de l'exutoire de l'Austreberthe.

Ces rivières et affluents sont dotées de nombreux ouvrages, encore fonctionnels ou non :

- seuils ;
- vannages ;
- ponts et passerelles.

L'industrialisation de la vallée a largement anthropisée le cours d'eau. Dans la traversée de Barentin, l'Austreberthe est couverte sur certains tronçons ou ses berges sont irrégulièrement artificielles (murs, palplanches, ...), entraînant des conditions d'écoulements contraintes.

<sup>7</sup> Débit de pointe de l'hydrogramme de crue de mai 2000, relevés à la station de Saint Paër, et considéré de fréquence centennale.

#### 4.4 LES OUVRAGES DE RETENTION EXISTANTS

**Cf. Carte n° 2 :** Découpages en Bassins Versants élémentaires et localisation des ouvrages

##### 4.4.1 La maîtrise des ruissellements sur le bassin versant

La maîtrise des ruissellements nécessite des actions intervenant sur sa génération (pratiques culturales, bandes enherbées, ...) comme des interventions de gestion : interception et régulation par le biais de rétentions diffuses. Le tableau placé ci-dessous, dresse un bilan des structures de rétention réparties sur les bassins versants ruraux en amont de Barentin.

Très peu de ces ouvrages existaient lors des crues de 1999 et 2000 ; à l'heure actuelle, **leur capacité totale est d'environ 35 000 m<sup>3</sup>.**

#### Volumes et débits de fuite des ouvrages de rétention

Sous bassin	N°	Nom du bassin	Volume avant	Débit de fuite à
St Hélier	I1	Bassin pluvial communal	3 800	Infiltré
		Goupillières	200 <sup>8</sup>	Infiltration
	F2	D44 à Fresquiennes	2 000	15
	F5	D124 à Fresquiennes	2 000	300
	E1	D124 Fresquiennes	200 <sup>8</sup>	-
	C1	BV2 – A151	1 000	-
	C3	BV3 – A151	1 650	Infiltré
	D1		1700	Prairie inondable
	D2	BV4 – A151	500	Mare
	D3		1 500	Mare
	G1	ZAC Anceaumeville	1 500	Infiltré
	H1	BV8 – A151	450	Infiltré
	H2	Le Boulay	20 000	Prairie inondable
	H4	BV8 – A151	4 450	Infiltré
Saffimbec	L1	Limésy chemin de l'Epine	2 500	35
	L2		650	45
	L3	Limésy Champ de Foire	2 300	30
	L4		450 <sup>8</sup>	10
	SEP1	Cidéville Bois Maréchal	2 600	20
	SEP2	Limésy Neufmesnil	5 000	20
	SEP3	Limésy CD142	2 600	20
		St Martin aux Arbres	2 000	?
		RD467 / VC3	1 000	?

<sup>8</sup> Précisons que les dispositifs de petites capacités sont à adapter à la zone drainée. En effet, sur un talweg, un bassin tampon de 100, 200 m<sup>3</sup>, ... ne peut pratiquement pas assurer un faible débit de fuite ; et s'il s'agit d'un stockage accumulé, il se trouve rempli par les premiers apports.

#### 4.4.2 Les ouvrages majeurs de gestion des crues sur le bassin versant

Lorsque la maîtrise des ruissellements ne suffit pas à parvenir à l'écrêtement des débits souhaités, une gestion des écoulements est à réaliser.

Après le *Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1]* et les crues de 1999 et 2000, une politique de création d'ouvrages structurants de gestion des crues a été menée. Le tableau proposé ci-dessous recense ces ouvrages, et précise leurs caractéristiques ainsi que leur date de création.

Sous bassin versant	Nom	Lieu	Volume (m <sup>3</sup> )	Débit de fuite max (m <sup>3</sup> /s)	Date de création
St Hélier	Ville de Barentin	Vallon de St Hélier	28 000	2,1	Avant 2000
	Digue n°5	Renfeugères	8 000	0,2	09-2004
	Digue n°6	Le Grand Catillon	22 000	1,7	11-2004
Austreberthe	Digue n°3	Ste Austreberthe	8 000	0,8	08-2002
	Digue n°13	Hugleville	11 000	0,5	04-2004
	Digue n°16	Ancrétièville	22 000	0,1	10-2004
Saffimbec	AP1	Limésy RD53	3 000	0,9	05-2000
	AP2	Limésy RD153	7 000	0,9	05-2000
	AP4	Pavilly le Nouveau Monde	5 700	?	05-2000
	Digue n°1	Neufmesnil	5 000	0,4	11-2003
	Digue n°2	Cideville	26 000	1,7	09-2002
	Digue n°4	Pavilly le Nouveau Monde	51 000	1,7	07-2004
	SNCF	Cidéville Ouvrage SNCF	30 000	0,8	2005

Il est nécessaire de noter que lors des crues de décembre 1999 et mai 2000, les bassins versants situés en amont de Barentin n'étaient dotés que de l'ouvrage de rétention du vallon de St Hélier.

A l'heure actuelle, les bassins versants situés en amont de Barentin sont dotés d'environ **225 000 m<sup>3</sup> de rétentions structurantes**, mais non coordonnées.



Rétention du vallon de St Hélier

#### 4.4.3 La gestion des eaux pluviales à Barentin

Le *Schéma Directeur d'eaux pluviales de Barentin [9]* recensait une vingtaine d'ouvrages de rétention des eaux pluviales situés sur le territoire de la commune.

Hormis l'ouvrage de rétention du Vallon de St Hélier, ces structures avaient pour objectif de réguler les débits produits par l'imperméabilisation des plateaux ou des versants, sur le territoire de la commune de Barentin. En 2003, **la commune était dotée d'environ 56 000 m<sup>3</sup> de capacité de rétention.**

##### Volumes et débits de fuite des bassins de rétention à Barentin (selon l'étude [9])

N°	Nom du bassin	Capacité utile (m <sup>3</sup> )	Débit de fuite (l/s)
1	Rue du 8 mai	120	45
2	Rue Kennedy	450	70
3	RD104	3 200	125
4	Vert Village	65	Nd (0,1 ?)
5	Jardins de Barentin	4 100	80
6	Gardy ou Gabriel	3 750	370
7	La Hétraie	360	40
8	Boieldieu	1 800	260
9	Giratoire Darty	170	140
10	Collège André Marie	720	260
11	Castorama	2 000	300
12	Ateliers Relais	900	55
13	La Carbonnière	2 200	220
14	La Clairière	220	50
15	Résidence des Bois	880	60
16	Saint Hélier	28 000	2100
17	Coteaux	630	80
18	Pierre et Marie Curie	5 000	1000
19	Clos de la Forêt	780	110
20	Eglantiers	1 300	60

A l'issue du *Schéma Directeur d'eaux pluviales de Barentin [9]*, **une première tranche de travaux a été mise en œuvre.** Elle comportait notamment :

- la réalisation de structures de rétention au Parc du Courvaudon (1 020 m<sup>3</sup>, HRUR1) ;
- l'augmentation de capacité du bassin de rétention Gardy n°6, (HVOL1 : 7 550 m<sup>3</sup> supplémentaires pour un débit de fuite de 50 l/s) ;
- la pose de canalisation Ø 800 permettant d'optimiser le bassin Boieldieu n°8 (doublement de la canalisation : HBO1) ;
- la création de limiteur de débit afin d'optimiser les volumes de stockage existant (bassins de stockage n°14, 5 et 12).

La commune s'engage dans une deuxième phase de travaux.

#### 4.5 DESCRIPTIF DES DESORDRES

##### 4.5.1 Les désordres recensés sur les bassins versants amonts

La lecture des différentes études permet de procéder à une synthèse des désordres majeurs rencontrés à l'amont de Barentin.

###### Sous bassin de Saint Héliér :

- Les inondations d'habitations et de bâtiments répartis sur l'ensemble du bassin versant, sur les chemins hydrauliques principaux sont recensés : lotissement du vallon des Fresquiennes, Goupillères, le Quesnay à Pissy-Poville, le Varvot (RD124), le Bagot, La Cour Souveraine, le Boulay à Sierville. Bosc Renier.
- Les inondations et dégradations de voiries en de nombreux points dont également signalés ;
- L'érosion marquée des talwegs cultivés et boisés : les sédiments arrachés provoquent l'envasement des fossés, des réseaux et des retenues et en réduisant la capacité ;
- L'infiltration d'écoulements turbides vers la nappe au niveau de nombreuses bêttoires sur les plateaux en réduisant leur efficacité, est une source de pollution des nappes.
- Il conviendrait de maîtriser sur chacun des talwegs, le transfert accéléré des débits en volumes liquides et solides vers la vallée de l'Austreberthe.

###### Sous bassin de l'Austreberthe amont :

- Les problèmes recensés de Ste Austreberthe à Pavilly correspondent aux ravinelements des accotements des RD44 et RD6. Au sud de la RD44, des inondations d'habitations et des coulées boueuses dans les lotissements provoquées par les écoulements de terres labourées.
- Les inondations d'habitations à Pivard, Petit Catillon Nord, rue Fauvel et rue St Laurent à Pavilly.

###### Sous bassin versant du Saffimbec :

- 11 points sont considérés avec enjeux denses en zones urbanisées :
  - Lieux dit « Bout de Bas », « la Hongrie » et le hameau de Saint Etienne le Vieux de la commune 'Auzouville l'Esneval ;
  - Le hameau de Beaudouville et le centre bourg de la commune de Limésy ;
  - Lieu dit « Les trois chemins » et le secteur urbain de la Vierge de la commune de Pavilly ;
  - Hameau de Fys, Cidetot et le lieu dit « le Bocage » de la commune de Cideville ;
  - Lieu dit « Quesnemare » sur la commune de Croix Mare.

Ces différents sites ont fait l'objet de constats in situ, de relevés dimensionnels, de traces, d'enquêtes auprès des riverains, ..., confirmant et précisant : les hauteurs d'eau atteintes, les stagnations, les ravinelements, ..., contraintes d'écoulements, qui ont été introduites dans les modélisations de la présente étude.

##### 4.5.2 Historique des désordres recensés à Barentin

La commune de Barentin a fait l'objet de **10 déclarations d'Etat de Catastrophe Naturelle** entre juin 1983 à janvier 2006.

Lors de la crue de juin 1997, 90 propriétés particulières, 8 artisans et commerçant, les voiries et bâtiments publics ont été affectés. Lors de la crue de décembre 1999, au moins 51 habitations ont déclarés des dommages.

En mai 2000, les désordres ont été plus élevés :

- 167 propriétés particulières ;
- 25 artisans, commerçants dont Ets. Gaillards, Deren, Badin ;
- Ecoles maternelles et primaire, stades, voiries et réseaux.

Les dégâts occasionnés le sont à l'occasion de **deux manifestations hydrauliques** :

- les débordements des ouvrages interceptant des talwegs ruraux et/ou urbains ;
- les débordements de l'Austreberthe.

Les précipitations à l'origine de ces manifestations sont également de deux ordres :

- **les orages estivaux** affectent les versants et talwegs, et peuvent engendrer des débordements de l'Austreberthe selon leur intensité et leur amplitude ;
- **les averses hivernales** à l'origine de crues générales de l'Austreberthe peuvent produire des désordres, comme affecter les talwegs ruraux les plus importants (vallon de St Héliér par exemple).

Toutefois, pour chaque déclaration de catastrophes naturelles, les désordres sont caractérisés d'inondation par une crue (débordement de cours d'eau) et d'inondation par ruissellement et coulée de boue. **Donc, pour chacun des événements, les dommages ont été produits par les débordements de l'Austreberthe ainsi que des talwegs.**

Globalement, **la fréquence d'apparition des désordres semble identique pour chacun des sites sensibles**, à la vue de la liste des déclarations de catastrophe naturelle.

Les événements recensés sont les suivants :

Année	Date de début d'événement	Date de fin d'événement
1993	09/06/1993	14/06/1993
	11/10/1993	14/10/1993
	20/12/1993	24/12/1993
1994	01/07/1994	02/07/1994
	19/07/1994	19/07/1994
1995	17/01/1995	31/01/1995
1997	16/06/1997	17/06/1997
	05/08/1997	06/08/1997
1999	25/12/1999	29/12/1999
2000	07/05/2000	11/05/2000

Toutefois, un examen détaillé des événements par secteurs sensibles est nécessaire pour y répondre précisément.

En effet, il est concevable que sous le vocable « inondation par coulée de boue » soient rangés les débordements du vallon de St Hélier, auquel cas la distinction entre les débordements des autres talwegs et ceux du vallon de St Hélier ne peut pas être effectué au travers de cette liste. Nous avons donc tenté, avec l'aide des services techniques, de recenser la nature des débordements ayant pu conduire au classement en catastrophe naturelle (le tableau reste à compléter).

Année	Date de l'événement	Comportement de l'Austrerberthe		
		Débordements sur l'usine Gaillard ?	Débordement sur le site DEREN ?	Inondation INTERMARCHE ?
1993	09 au 14/06/1993		NON	
	11 au 14/10/1993		NON	
1994	20 au 24/12/1993		NON	
	01 au 02/07/1994		NON	
1995	19/07/1994		NON	
	17 au 31/01/1995		NON	
1997	16 au 17/06/1997	OUI	NON	
	05 au 06/08/1997		NON	
1999	25 au 29/12/1999	OUI	OUI	OUI
2000	07 au 11/05/2000	OUI	OUI	OUI

Année	Date de l'événement	Comportement des talwegs					
		St Hélier Débordement ?	Boieldieu Débordement ?	Coteaux Débordement ?	Bois d'Epina Débordement ?	Autres talwegs Débordement ?	
1993	09 au 14/06/1993						
	11 au 14/10/1993	OUI					
1994	20 au 24/12/1993						
	01 au 02/07/1994						
1994	19/07/1994						
1995	17 au 31/01/1995						
1997	16 au 17/06/1997	OUI	OUI		OUI		
	05 au 06/08/1997						
1999	25 au 29/12/1999	OUI	OUI				
2000	07 au 11/05/2000	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	

#### 4.5.3 Conditions météorologiques à l'origine des désordres dans les talwegs

Dans un premier temps les caractéristiques des orages à l'origine des événements recensés (déclaration de catastrophes naturelles) sont présentées ci-dessous. Pour ces événements, **seul le poste Météofrance de Goupillères donne accès aux précipitations** enregistrées sur le bassin versant de l'Austreberthe.

Année	Date de l'événement	Caractéristiques de l'orage	
		Antécédents pluvieux à 5 jours	Cumul journalier à Goupillères
1993	09 au 14/06/1993	50 mm	45,5 mm
	11 au 14/10/1993	3 mm	50,0 mm
1994	01 au 02/07/1994	0 mm	13,3 mm
	19/07/1994	9 mm	35,0 mm
1997	16 au 17/06/1997	34 mm	<b>83,5 mm</b>
	05 au 06/08/1997	3 mm	36,1 mm
2000	07 au 11/05/2000	39 mm	27,3 mm

Les données obtenues aux postes pluviométriques de Goupillères, ne sont pas forcément représentatives des précipitations tombées à Barentin pour la date donnée, compte tenu de l'hétérogénéité spatiale des précipitations sous un orage. Ainsi d'après le mémoire de maîtrise intitulé « *La gestion du risque climatique en Seine Maritime, Evaluation et analyse de la catastrophe de mai 2000* », qui a procédé à l'analyse des images radars, les précipitations étaient comprises entre 50 et 75 mm sur une ligne Pavilly / Duclair, le 10 mai 2000.

La période de retour des précipitations peut-être évaluée sur la base du cumul journalier connu. Mais pour les orages, la période de retour de l'événement est en fait supérieure puisque le cumul indiqué a été précipité en moins de 24 heures.

**Il est donc difficile de conclure quand à la fréquence des événements pluvieux à l'origine des désordres, compte tenu de l'hétérogénéité spatiale et temporelle des précipitations.** Les images radars acquises pour ces événements permettraient de remédier à ce manque d'information. Quoiqu'il en soit, pour les orages de juin 1993, octobre 1993, juin 1997 et mai 2000, **une partie des bassins versants était affecté d'orages de période de retour supérieure à 10 ans, voire 100 ans.** Ainsi pour le 10 mai 2000 et selon le mémoire de maîtrise cité précédemment, les cumuls ont été précipités en 3 heures, soit **un événement d'une période de retour supérieure ou égale à 50 ans** selon le lieu.

**La période de retour des événements affectant les bassins versants situés en amont de Barentin ou s'abattant directement sur la ville peut-être précisée :**

Année	Date de l'événement	Période de retour
1993	09 au 14/06/1993	> 10 ans
	11 au 14/10/1993	> 10 ans
1994	01 au 02/07/1994	?
	19/07/1994	?
1997	16 au 17/06/1997	> 100ans
	05 au 06/08/1997	?
2000	07 au 11/05/2000	> 50 ans

Bizarrement, l'orage d'août 2001 pour lequel des débordements ont été signalés à Barentin (avenue Boieldieu et rues Offenbach et Vernet, avenue Aristide Briand, rue Bourvil et rue du Docteur Hideux), de période de retour au moins décennal à Goupillères (54,2 mm, le 1<sup>er</sup> août) n'a pas fait l'objet d'une déclaration de catastrophe naturelle.

Le tableau placé ci-dessous présente les caractéristiques des averses cycloniques à l'origine de désordres sur le bassin versant. La nature de ces précipitations permet de considérer que les données enregistrées à Goupillères sont applicables au secteur d'études.

Année	Date de l'événement	Caractéristiques des averses cycloniques			
		Cumuls mensuels		Antécédents pluvieux (5 jours)	Cumul journalier à Goupillères
		Mois précédent	Mois concerné		
1993	20 au 24/12/1993	43 mm	251 mm	65 mm	37,4 mm
1995	17 au 31/01/1995	163 mm	200 mm	72 mm	29,3 mm
1999	25 au 29/12/1999	80 mm	271 mm	42 mm	27,6 mm

Les précipitations journalières à l'origine de la pointe de crue constituent **des événements de période de retour inférieure à 2 ans.** Les crues des talwegs ruraux et de l'Austreberthe sont le résultat de longues périodes pluvieuses, puis de cumuls plus importants précédents l'événement, **qui conduisent à la saturation des sols.**

Les zones urbaines situées à l'aval de talwegs ruraux ont été alors exposées aux afflux massifs.

Les mémoires intitulés « *Analyses spatiales et diachroniques de l'aléa inondation en Seine-Maritime entre 1960 et 1998, vers la constitution d'une base de données géographiques sur les risques hydrologiques* » (Anne-Sophie ROZADA, octobre 1998) et « *La gestion du risque climatique en Seine Maritime, Evaluation et analyse de la catastrophe de mai 2000* » proposent une analyse croisée des précipitations et des événements dommageables.

**Il ressort une nette augmentation des événements météorologiques significatifs au cours de la décennie 1990-1999, qui semble se prolonger au début des années 2000.**

	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2003
<b>Nombre d'événements météorologiques</b>	35	14	30	81	32

#### 4.5.4 Les désordres dans les talwegs et sur les réseaux

**Cf. Carte n°3 :** Localisation des secteurs sensibles à la problématique inondation sur la commune de Barentin

##### Secteur 1 : Vallon de St Hélier

Le descriptif proposé ci-après est issu de *l'étude du bassin versant de St Hélier [3]*, conforté et commenté par nos visites.

Au carrefour de la D504 et D104, au débouché des talwegs de la vallée Lubin, la traversée est assurée par un ouvrage cadre récent de 1,60 m par 3,30 m. En revanche, la seconde traversée de la D104, à l'aval des talwegs et 300 m en amont du passage sous les voies ferrées, est réduite à l'ouvrage voûté 1,30 m par 2,90 m. Au-delà de la capacité de transit de cet ouvrage, il y a débordement par-dessus la chaussée et dans la prairie de 2 ha environ, pour aboutir au passage sous remblai SNCF dans l'ouvrage voûté de 1,30 m par 1,70 m.

Au carrefour de la route de Pissy-Pôville et de la RD 104, une traversée de voirie (busage de 2 x Ø 400 mm + Ø 800 mm) dirige les écoulements vers la prairie inondable de St Hélier. Les sections étant nettement insuffisantes, les débits supérieurs à la fréquence quinquennale sont obligés de transiter par le tunnel SNCF.

Le remplissage de la prairie inondable ne s'effectue par by-pass qu'au-delà d'un débit correspondant au débit capable de l'exutoire du bassin versant de St Hélier (calculé par le cabinet Pivron).

D'une capacité de 28 000 m<sup>3</sup>, la retenue réalisée en 1995 par la commune de Barentin est passée en surverse lors de la crue du 26 décembre 1999. Elle est dotée d'un système d'alerte de crue, installé par le SIRAS.

La vidange est assurée par deux canalisations Ø 600 mm. Le débit de fuite maximum autorisé est de 150 l/s ce qui est peu réaliste avec une hauteur de digue de 2.50 m.

La surverse et la vidange de la prairie inondable sont canalisées dans un fossé de ceinturage protégeant la ferme située en aval. Cette ferme a réalisé un talus de ceinturage et n'a pas été inondée lors des deux dernières crues (1999 - 2000).

En aval, un ravin parcourt la plaine inondable occupée par des herbages. Les résurgences de la nappe sont actuellement situées entre la prairie inondable et la Chapelle St Hélier.

Le bassin versant collecte également une partie du pluvial de la RN 15, de la zone d'activité et du collège, situés à l'Ouest de la RN 15. Ces écoulements sont collectés dans une canalisation pluviale ( $\varnothing$  600 mm) qui se rejette dans un des ovoïdes de l'exutoire vers l'Austreberthe. L'exutoire du bassin versant est constitué par deux canalisations ovoïdes dont le rejet s'effectue dans l'Austreberthe au niveau de la salle P. de Coubertin.

La capacité hydraulique d'un des ovoïdes est donc en partie mobilisée et contrariée par les écoulements de la RN 15 et des surfaces imperméabilisées de la zone d'activité. Des embâcles ont par le passé limité le fonctionnement des ovoïdes. Le problème a été en partie traité par la pose d'un peigne dans le ruisseau en amont de la sente des Clémentins.

La capacité d'évacuation des ovoïdes (estimée à 5,5 m<sup>3</sup>/s, sans contrainte aval) s'est montrée insuffisante à plusieurs reprises. De nombreuses habitations riveraines et les voiries environnantes ont subi plusieurs inondations :

- au début du siècle précédent en 1910 ;
- à la fin des années soixante ;
- à deux reprises avant 1993 ;
- les orages de juin 1993 et juin 1997 ;
- le 26 décembre 1999 ;
- le 10 mai 2000.

Lorsque la capacité des ovoïdes est dépassée, le ruisseau de la St Hélier monte en charge dans le talweg et inonde les habitations de la sente des Clémentins. Au-delà, un débordement s'effectue sur la rue de St Hélier en provoquant l'inondation d'habitations riveraines.

Les écoulements suivent trois chemins distincts :

- par l'ancienne voie SNCF sans provoquer de dégâts,
- par le stade en inondant et dégradant les installations sportives,
- par la rue de St Hélier. Après avoir contourné le pont de la RN 15, les écoulements inondent un groupe scolaire avant de rejoindre la rivière.

Le bassin versant élémentaire n°16 recueille l'ensemble des écoulements des sous bassins versant de Saint-Hélier. La seule prairie inondable de Saint-Hélier (28 000 m<sup>3</sup>) ne peut contenir tous les écoulements du bassin versant. A l'exutoire, la capacité des deux ovoïdes assurant le rétablissement des écoulements vers l'Austreberthe s'est montrée insuffisante face à certaines crues des dix dernières années.

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, lors de l'orage de juin 1997, le vallon de St Hélier a charrié des flots considérables d'eau boueuse jusqu'au centre ville de Barentin. Inondant plusieurs habitations de la sente des Clémentins, les eaux traversaient la rue Saint Hélier en direction de la crèche et des écoles maternelles et primaire et des habitations de la rue F.Yard avant de rejoindre la rivière. Au droit de la rue Saint Hélier, une partie du flot a été acheminée par la voie ferrée jusqu'aux abords du site Badin en traversant la rue A. Bourdelle au niveau de l'école Poulbot.

Lors de l'épisode de décembre 1999, l'ensemble des herbages du vallon de St Hélier a été recouvert par une lame d'eau comprise entre 50 et 100 cm. Le bassin de retenue de Saint Hélier a surversé. L'habitation de l'exploitation agricole située dans l'axe du vallon a été cernée par les eaux. Les bâtiments d'exploitation ont été aussi touchés. En amont, la route départementale n°104 a été recouverte : les niveaux maximaux sur les chaussées ont été atteints au carrefour entre les RD n°104 et n°67, et une partie du flot transitait par la voirie sous le tunnel franchissant le remblai SNCF.

Les habitations de la sente des Clémentins ont été sinistrées pour la plupart en mai 2000, et les hauteurs d'eau maximales ont été atteintes lors de la crue de décembre 1999. La propriété la plus en amont a été inondée et l'habitation a été touchée (50 cm autour). Les trois habitations en aval ont vu leurs jardins, leurs caves et sous-sols sinistrés (hauteurs dépassant le mètre dans les sous-sols). A noter que dans ce quartier, les eaux parvenant du flanc sud du vallon en mai 2000 (abords de la RN15 et aménagements du rebord du plateau) ont ruisselé au travers des herbages en venant amplifier les désordres : la sente des Clémentins a été elle-même inondée par ces eaux.

En mai 2000, et toujours selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, les quatre habitations situées entre la sente des Clémentins et la rue St Hélier ont été touchées de manière inégale. En bordure de la rue Saint Hélier, une habitation située sur un perron de quatre marches a vu ses caves inondées et son jardin recouvert. En face, la chapelle Saint Hélier, située sur un léger promontoire, a été cernée par les eaux mais épargnée.

Au point bas de la rue Saint Hélier, la hauteur d'eau a atteint environ trente centimètres. Les eaux ont cheminé au-delà de la voie ferrée bordant la route en inondant le stade (une vingtaine de centimètres), puis le second stade synthétique par une hauteur d'eau proche de 50 cm.

Une partie du flot s'est écoulé par la rue Saint Hélier avant de rejoindre la rivière au plus court. La crèche des lutins dans l'axe du flot a été inondée par 50 cm, alors qu'en aval, les groupes scolaires ont été cernés par une soixantaine de centimètres. Au point bas de la rue F Yard, la lame d'eau a atteint 80 cm. La zone inondée s'est étendue jusqu'à la rue C. Leseigneur. L'ensemble des caves et sous sols des habitations de la rue a été inondé. Une habitation et les garages d'un immeuble situés à proximité de la crèche ont été inondés.

## Secteur 2 : Les coteaux : Géricault et Catillon

Le descriptif proposé ci-après est issu de *l'étude du bassin versant de St Héliér* [3].

La zone de plateaux est très étroite et débouche rapidement sur le versant abrupt de rive gauche de l'Austreberthe. Ces bassins versants de rebord de plateau sont drainés par les réseaux pluviaux situés immédiatement à l'aval au droit des zones urbaines.

L'amont des bassins est occupé par des herbages et des terres labourées.

En raison des surfaces ruisselantes peu étendues en amont, cette zone pose peu de problèmes dans une situation de pluviométrie modérée. Lors de fortes précipitations, les zones bâties et la voirie deviennent très vulnérables.

La zone présente cinq passages d'eau principaux, du Sud au Nord :

- à travers la résidence de la Clairière.
- à travers la résidence des Côteaux. De nombreuses habitations ont été inondées successivement les 8 et 10 mai 2000. En aval, des habitations ont été inondées rue Jean Restout, rue Jean Jouvenet, rue Claude Monnet, rue Th. Géricault.
- les écoulements du Petit Catillon Sud traversent le rue du Catillon, busée et inondable. En aval, ils traversent un corps de ferme et aboutissent sur la rue Th. Géricault. Les 8 et 10 mai 2000, les écoulements ont traversé la rue Th. Géricault et suivi le talweg boisé jusqu'à la rue des Sylphides. La crèche a été inondée dans le passé.
- les écoulements du Petit Catillon Nord suivent la rue du Dr Henri Sallé :
  - une partie suit la rue Henri Sallé jusqu'au lotissement des Prés où ils sont repris dans le réseau pluvial de la résidence par deux avaloirs. Trois habitations de la résidence ont été inondées le 10 mai 2000.
  - une partie suit la rue Cap. Garnier : ils aboutissent rue Nord Fauvel à Pavilly où plusieurs habitations ont été inondées le 10 mai 2000.
- Au Petit Catillon Nord, une partie des écoulements suit la rue A. Bourvil puis un chemin raviné jusqu'à la rue N. Fauvel puis la cité Le Cerf et la rue St Laurent où plusieurs habitations ont été inondées.

Les terres labourées situées en amont des résidences des Côteaux et de la Clairière étaient cultivées dans le sens de la pente le 10 mai 2000 et ont reçu des cumuls de pluie très élevés. Les résidences ont été traversées par des coulées boueuses.

Les résidences sont équipées de réseaux pluviaux dont les écoulements sont stockés dans des bassins pluviaux. Ces bassins pluviaux n'ont pas été conçus pour recevoir les écoulements des versants ruraux.

- Résidence des Côteaux + rue Albert Mallet : 1 390 m<sup>3</sup> au débordement (débit de fuite vers le réseau pluvial de la rue Jean Restout) ;
- Rue de la Clairière : 417 m<sup>3</sup> au débordement (débit de fuite vers une canalisation pluviale située le long du bois) ;
- Rue du Docteur Robert Salle, rue des Catillons, rue des Prés : bassin de stockage de 880 m<sup>3</sup> (débit de fuite : vidange dans un puits d'infiltration équipé d'un séparateur à hydrocarbures).

Lors de l'orage du 10 mai 2000, les trois bassins pluviaux sont passés en surverse.

La concentration d'habitations sur les chemins hydrauliques rend ce secteur très sensible aux inondations. A noter que le pluvial des zones bâties les plus récentes en amont participe aux inondations des zones bâties plus anciennes au pied du coteau.

Selon *l'atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues* [15], certaines des habitations de la cité Lalizel ont été légèrement inondées par les flots torrentiels qui dévalaient la pente du versant Est de part et d'autre des immeubles (entrées d'eau par les ventilations, canalisations,...). Au droit des immeubles, la rue Jules Ferry, formant une « cuvette », était submergée par des eaux boueuses.

L'origine des eaux de ruissellement parvenant dans ce quartier se trouve sur le rebord de plateau près du lotissement de Géricault, qui a été inondé par les flots boueux. Ceux-ci ont dévalé en direction de la vallée par la rue J. Restout en emportant le revêtement de chaussée.

## Secteur 3 : Le flanc Ouest de la vallée

Selon *l'atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues* [15], lors de l'orage de mai 2000, le flanc Ouest cultivé de la vallée a ruisselé de manière importante et les eaux se sont concentrées au droit de l'ouvrage hydraulique de franchissement de la voie SNCF Paris-le Havre. Les ruissellements torrentiels ont parcouru le versant jusqu'au droit de la rue Lalizel. Les murs de soutènement de deux habitations ont été emportés et les flots se sont déversés en direction de la station service et sur la rue A Maurois. Celle-ci a transporté les flots d'eaux boueuses jusqu'au square Alain.

Le lycée Thomas Corneille a souffert de l'épisode de mai 2000. L'eau a envahi le rez-de-jardin et les cuisines. Il y a eu jusqu'à 50 cm d'eau dans la cour derrière la cuisine et à peu près autant dans les cuisines. L'eau refoulait d'une part par les égouts et arrivait d'autre part par ruissellement de la rue André Maurois. Depuis cette rue, elle se dirigeait vers la cour et le terrain de sport au travers desquels elle passait sans stagner. Les salles de classes situées plus en hauteur n'ont pas souffert d'inondations.

En mai 2000, la crue a atteint des niveaux plus importants à l'Etablissement Deren. Le sinistre sur ce site est essentiellement lié à **des ruissellements torrentiels issus du versant Ouest de la vallée parvenant au square Alain**. Les flots ont défoncé avec une extrême violence l'une des portes des bâtiments puis envahi l'ensemble du site : les hauteurs d'eau à l'intérieur des bâtiments de production, de stockage et des bureaux étaient comprises entre 30 et 60 cm. Les flots traversant l'usine se déversaient dans l'Austreberthe via la cour.

## Secteur 4 : Le vallon du Bois d'Epinay

D'après *l'atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues* [15], lors de l'orage de juin 1997, face à la caserne des pompiers, le vallon du Bois d'Epinay a acheminé en contrebas des eaux qui ont envahi une maison de retraite avant d'emprunter la voie ferrée.

Dans le vallon du Bois de l'Epinay, le bassin de rétention du Bois de l'Epinay (ou de la côte des Poids Lourds) a surversé lors de l'orage de juin 1997 (proportions moindres en mai 2000), et les flots transitant par le fond du vallon et par la rue du Dr Hideux ont affecté une propriété en contrebas (inondation de caves) avant d'inonder la résidence du Béguinage de Rosemonde Gérard. Les eaux se sont épanchées sur les voies ferrées puis se sont écoulées par les voies jusqu'au droit de l'école Poulbot où elles traversaient la rue A. Bourdelle et se déversaient dans les jardins ouvriers en contrebas.

## Secteur 5 : Le quartier de Normandie

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, le quartier de Normandie, situé en sortie de ville connaît des problèmes liés au ruissellement. Les maisons le long de la rue Auguste Badin voient leurs caves inondées. Quelques habitations situées dans les points les plus bas peuvent avoir de l'eau à l'intérieur. En mai 2000, les immeubles du quartier qui sont situés sur les hauteurs reçoivent des eaux de ruissellement des versants : cette eau passe par les habitations du rez-de-chaussée et ressort de l'autre côté de l'immeuble en direction du fond de vallée, c'est-à-dire de la rue Auguste Badin.

Les ruissellements issus du versant inondant le quartier de Normandie, sont parvenus à l'entrée du site en atteignant les bâtiments touchés par les débordements de la rivière (stocks et production) et vers l'aval en inondant les parkings du site (50 à 60 cm d'eau au point bas).

## Secteur 6 : Courvaudon / Kennedy / avenue de Boieldieu

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, au droit du centre ville, vers 20h00 le 10 mai 2000, une vague torrentielle a dévalé l'avenue Boieldieu et dévasté le centre ville en contrebas. Le flot, formant au plus fort de l'épisode une lame d'eau d'une quarantaine de centimètres environ sur la chaussée de 8 m de large, s'est fracassé contre le bar de la Poste situé dans l'axe de l'avenue Boieldieu et s'est propagé aux extrémités des rues des Martyrs et de la République. Le remous de la vague sur le bâtiment a atteint le premier étage. Les véhicules ont été emportés ; certains se sont fracassés sur le bar. Les eaux ont empruntés en contrebas les rues Offenbach et Vernet en dévastant ces voiries, inondant les bâtiments riverains, et emportant tout sur leur passage ; les eaux se sont ensuite répandues dans la rue du Général Giraud et dans le quartier des HLM jusqu'à la rivière. Dans ce quartier les dégâts ont été considérables.

En juin 1997, « les petits pavillons ont été littéralement traversés par un puissant torrent » et au café de la Poste située rue des Martyrs « la vitrine a cédée ». Il faut noter qu'après sa destruction en mai 2000, le bar n'a pas été reconstruit.

D'après la *modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]*, l'avenue de Boieldieu est régulièrement submergée par 10 cm d'eau à chaque orage venant de l'ouest. En décembre 1999, la D104 a été complètement recouverte.

Dans le cadre de la *SDA des eaux pluviales de Barentin [9]*, on apprend que le collecteur principal de la rue Boieldieu est de diamètre  $\varnothing$  900, puis se divise au croisement des rues de la République et des Martyrs en deux émissaires :

- un collecteur ovoïde T100 constitue l'exutoire principal, mais présente un rétrécissement de section avant l'exutoire à l'Austreberthe (ovoïde 900 x 500) ;
- un réseau de diamètre  $\varnothing$  900 empruntant la rue Duboc.

## 4.5.5 Les débits de crues

Lorsqu'un orage s'abat sur une surface élémentaire urbaine, la période de retour du débit résultant peut-être corrélé à la fréquence de la pluie critique. Par contre, pour des bassins versants étendus où l'orage peut-être localisé et limité dans le temps, la période de retour de l'événement produit à l'exutoire n'a pas la même occurrence que l'averse.

De plus, les débordements du vallon de St Hélier et de l'Austreberthe étant liés à des conditions très variées de précipitations (orage ou averse cyclonique), une approche hydrologique est nécessaire pour caractériser ces événements dommageables.

L'Austreberthe a fait l'objet d'un suivi permanent de longues années durant, à la station de suivi de Duclair. Toutefois, les mesures en hautes eaux s'avèrent « douteuses ». Depuis 1999, la rivière est suivie à St Paër, au lieu-dit du Paulu.

Cette station permet sans ambiguïté de connaître les hydrogrammes de crues des événements majeurs récents (décembre 1999 et mai 2000). Mais la trop courte période d'observation de la station de St Paër est insuffisante pour déterminer les grandeurs statistiques qui caractérisent l'Austreberthe.

Depuis janvier 1998, la station de St Paër a enregistré au moins 9 débits instantanés supérieurs à 10 m<sup>3</sup>/s. Ces événements sont mis en rapport avec les précipitations enregistrées à Goupillères. Pour les orages, la seule donnée de Goupillères n'est pas forcément représentative des précipitations ayant affectées l'intégralité du bassin versant.

Date de l'événement	Débit instantané	Caractéristiques des antécédents pluvieux		
		La veille	L'avant veille	Les 5 jours précédents <sup>9</sup>
31/10/1998	11,00 m <sup>3</sup> /s	32,4 mm	8,4 mm	72,9 mm
06/08/1999	11,20 m <sup>3</sup> /s	52,3 mm	0 mm	47,0 mm
19/12/1999	11,00 m <sup>3</sup> /s	27,2 mm	19,9 mm	42,0 mm
26/12/1999	17,00 m <sup>3</sup> /s	27,6 mm	25,1 mm	42 mm
11/05/2000	18,70 m <sup>3</sup> /s	27,3 mm	12 mm	39 mm
01/01/2001	10,40 m <sup>3</sup> /s	26,6 mm	1,2 mm	9,7 mm
21/03/2001	13,70 m <sup>3</sup> /s	25,4 mm	2,7 mm	33,8 mm
02/08/2001	12,50 m <sup>3</sup> /s	54,2 mm	0 mm	0,3 mm
02/01/2003	11,70 m <sup>3</sup> /s	36,2 mm	9,2 mm	31,4 mm

<sup>9</sup> Y compris le cumul de l'avant-veille.

Parmi ces 9 événements, il s'agit de distinguer :

- les 3 crues consécutives à des orages : août 1999, mai 2000 et août 2001 ;
- les 6 crues hivernales.

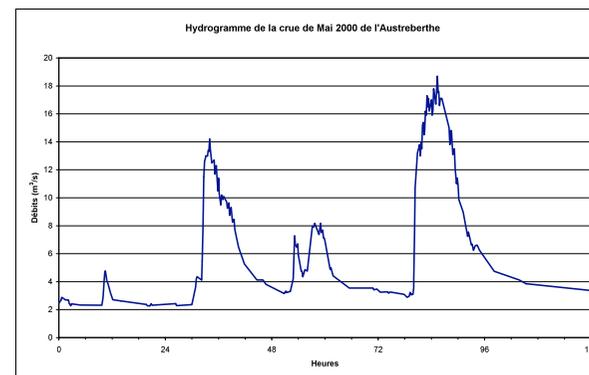
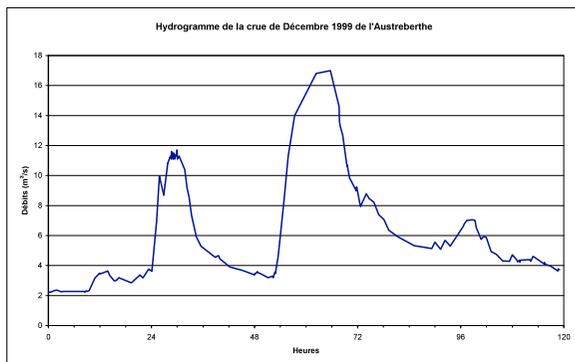
Hormis la crue de mars 2001 qui peut apparaître tardive, on peut considérer que les conditions d'occupation des sols étaient identiques lors de chaque crue hivernale. Il apparaît que la génération d'une crue dont le débit maximum dépasse 10 m<sup>3</sup>/s nécessite un cumul journalier supérieur à 25 mm, mais également une saturation des sols consécutives à :

- des précipitations durant les 5 jours précédents l'événement pluvieux marquants ;
- et/ou un cumul mensuel supérieur à la normal (2 à 3 fois supérieurs).

Ainsi cette analyse met en avant l'utilité que pourrait avoir la mise en œuvre d'un modèle pluie-débit prenant en compte la saturation des sols, mais aussi sa désaturation (ce que ne permet pas la méthode SCS). Il s'agirait non pas de simuler des pluies de projet, mais une chronique de précipitations.

Les crues de décembre 1999 et mai 2000 constituent des événements de référence, tant par leur ampleur (plus hautes eaux connues) que pour la connaissance du comportement de la rivière à ces occasions (cartes des plus hautes eaux, repères de crues).

Les hydrogrammes de ses crues ont donc fait l'objet d'une acquisition auprès des services de la DIREN.



On peut remarquer que les pics des ondes de crues se génèrent entre 6 et 12 heures, en regard de l'estimation du temps de concentration et que les averses successives de 1999 et 2000 produisent les mêmes effets.

Le bassin versant de St Hélier ne fait pas l'objet d'un suivi hydrométrique.

#### 4.5.6 Les débordements de l'Austreberthe

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, lors de l'orage de juin 1997, l'Austreberthe a débordé en amont du centre ville et ce sont principalement trois quartiers qui ont été touchés : usine Gaillard, usine Deren et ses abords, puis stade et constructions alentours (rues d'Aurigny, de l'Ingénieur Locke...).

##### Secteur 7 : Usine Gaillard

D'après l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, l'usine Gaillard a été affectée lors de l'orage de juin 1997 par les débordements de l'Austreberthe. Les désordres se sont reproduits lors des épisodes de décembre 1999 et de mai 2000, mais les secteurs touchés diffèrent.

En décembre 1999, la rivière a débordé sur les deux rives à la limite amont du site. Les débordements se sont accentués aux abords du pont jouxtant la société en inondant l'ensemble des ateliers de tissage et une lame d'eau moyenne de 25 cm a envahi les bâtiments. Les chaudières en contrebas ont été submergées par 1 m d'eau. La passerelle d'accès en charge n'a pas été submergée. En revanche, les terrains et anciens bâtiments en rive droite ont été inondés. Une partie du flot redescendait par la voie d'accès jusqu'à la passerelle et en direction des parkings eux-mêmes inondés.

En mai 2000 (après la réalisation par l'industriel de plusieurs aménagements), la partie du site touchée se place dans le secteur Ouest. Les magasins ont été touchés et inondés par une vingtaine de centimètres ainsi que le laboratoire. Lors de cet épisode, l'essentiel des eaux est parvenu dans la zone sinistrée via le réseau pluvial. Un fossé en amont du site a contribué par ses apports à inonder la zone Ouest.

##### Secteur 8 : De l'usine Gaillard aux établissements Deren

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, les débordements restent limités pour ce qui est des événements de référence (juin 1997, décembre 1999 et mai 2000).

##### Secteur 9 : Les établissements Deren

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, en mai 2000, le site des usines Deren a connu la seconde inondation depuis la création des usines (1920) : la première ayant eu lieu en décembre 1999. En mai 2000, la crue a atteint des niveaux plus importants. Le sinistre sur ce site est essentiellement lié à **des ruissellements torrentiels issus du versant Ouest de la vallée parvenant au square Alain**.

Sur l'autre rive (RG), les débordements de l'Austreberthe sont restés assez limités et les écoulements ont mis en charge les passages d'eau sous l'usine. Cette mise en charge a entraîné le rehaussement de la ligne d'eau et le débordement de la rivière par la rue Petit en direction du Square.

En aval du site industriel, les débordements de la rivière se sont essentiellement produits en rive gauche en inondant les garages et jardins d'une vingtaine de propriété de la cité Lalizel. La voie d'accès était recouverte dans sa partie aval. Les garages au bord de la rivière étaient inondés par 10 à 20 cm, et la zone inondée s'étendait jusqu'au pied de la dernière dizaine de maisons de la cité. Au droit des potagers de la même cité, la hauteur d'eau atteignait 70 cm.

##### Secteur 10 : A l'aval des établissements Deren

D'après l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, en mai 2000, plus en aval de la cité Lalizel et en aval immédiat de la passerelle de la rue Emile Zola, trois logements de riverains ont été inondés (30 cm d'eau au pas-de-porte). Sur l'autre rive, la rue d'Aurigny a été submergée par une cinquantaine de centimètres. Deux habitations bordant cette rue ont été sévèrement touchées (70 cm). A l'extrémité de la rue, la propriété placée entre cette rue et la rivière a été partiellement recouverte par une lame d'eau de l'ordre de 10 à 30 cm. En face, sur la rive opposée, le sous-sol de l'habitation a été inondé par 1 m d'eau, et le terrain bordant la rivière par une trentaine de centimètres.

Au-delà du groupe scolaire, les eaux du Vallon de St Hélier se sont écoulées jusqu'à la rivière alors qu'elle débordait largement sur l'esplanade et les parkings, en mai 2000. La passerelle a été recouverte par une trentaine de centimètres. Légèrement en amont, la maison du gardien du stade a été cernée par les eaux sans être inondée (perron de deux marches). Les terrains de tennis à proximité ont été légèrement inondés. Le gymnase Coubertin, a été cerné par les eaux.

##### Secteur 11 : En amont des usines Badin

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, le magasin Intermarché situé rue des Martyrs a également souffert de la crue de mai 2000 principalement à cause des débordements de l'Austreberthe. Le magasin, situé juste en aval d'un coude de la rivière et légèrement en hauteur par rapport à son parking et sa station essence, a été envahi pendant une nuit par une vingtaine de centimètres d'eau.

En mai 2000, le lycée professionnel Jacquard a été envahi par les eaux de l'Austreberthe. Hormis les bâtiments administratifs et de fonction, la totalité du site a été touchée. Il y a eu jusqu'à 50 cm d'eau dans le gymnase dont le parquet a du être refait par la suite, jusqu'à 10 cm dans les ateliers de mécanique et la cour.

Le quartier de l'avenue Georges, des rues Dorchain, Badin et Yver est très touché en cas de crue. Les routes sont toutes sous l'eau jusqu'au niveau du trottoir (une dizaine de centimètres). Toutes les caves du quartier sont systématiquement inondées. Pour les autres habitations du quartier, les inondations sont dues à l'effet conjugué des eaux de l'Austreberthe et des eaux de ruissellement arrivant par la voie ferrée. L'école Poulbot a eu quelques centimètres d'eau dans les bâtiments en décembre 1999.

##### Secteur 12 : Les établissements Badin

Selon l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]*, les établissements Badin ont été sévèrement touchés lors des inondations de mai 2000 (la plus importante des quatre connues depuis 1995). L'ensemble du bâtiment de production a été inondé par 10 à 20 cm. Les sous-sols situés sous le même bâtiment ont été totalement noyés. A l'amont du bâtiment, les terrains ont été recouverts par une lame d'eau d'une quarantaine de centimètres ; cette lame a atteint environ 70 cm près de l'ouvrage au droit des transformateurs électriques. Le passage sous l'usine ne pouvant absorber le flot, les débordements se sont produits en rive gauche en inondant la cour ainsi qu'un bâtiment de stocks (quelques cm). Au point bas de la cour (quai de chargement), la lame d'eau était de 50 cm. La passerelle était recouverte et le courant était violent.

Les deux autres bâtiments en aval ont vu leurs caves submergées, et le plancher du second (aval) a été inondé par 5 cm. Les terrains sur les deux rives étaient recouverts par les eaux. En rive droite, les eaux cernaient les bureaux de l'entreprise Jacques Dubois sans les inonder, mais parvenaient en aval jusqu'à la route de Duclair en inondant les caves des habitations mitoyennes. Les deux bâtiments de production de l'entreprise Dubois ont été inondés par une trentaine de centimètres. En aval immédiat de ces bâtiments, les écoulements étaient violents au point d'effondrer le mur d'enceinte aval. En rive, gauche, le parc de l'habitation du site industriel Badin a été totalement inondé par une lame d'eau moyenne inférieure à 50 cm et les deux habitations de la propriété ont vu leurs caves inondées.

Nous avons placé en annexe des photographies, fournies par les Services Techniques de Barentin, prise lors de la crue de décembre 1999.

**Annexe n° 2** : Photographies, fournies par les services techniques de Barentin, prises lors de la crue de décembre 1999.

#### 4.5.7 Cartographies des désordres

L'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]* ne traite que des débordements induits par les crues de l'Austreberthe et du vallon de St Hélier. Les cartes fournies à une échelle de 1/10 000<sup>ème</sup>, dont le fond de plan équivaut à un synoptique (fond équivalent à BD Carto), ne permettent pas un traitement efficace de la donnée. Nous avons tenté de reporter sur fond cadastral cette information, afin de la préciser et de la confronter avec le recensement des habitations inondées en 1999 et 2000 (remarques : toutes les propriétés n'ont pas pu être localisées), et avec la cartographie dressée par les Services Techniques de Barentin lors de l'événement du 10 mai 2000.

Les cartes dressées par les Services Techniques de Barentin lors des orages du 10 mai 2000 et du 2 août 2001 constituent les seuls éléments cartographiques de témoignages pour les talwegs.

L'analyse de l'*atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues [15]* est proposée par les cartes suivantes. Les cohérences majeures et les différences importantes sont recensées ci-après.

**Carte n° 4** : Analyse de l'atlas cartographique des Plus Hautes Eaux Connues, par secteur

#### **Secteur 1 : le vallon de St Hélier**

La zone d'expansion de St Hélier jusqu'à la RD104 est matérialisée, conformément aux observations. Toutefois la chapelle est englobée dans la zone où la hauteur d'eau serait comprise entre 0,5 et 1 m ; or, le bâtiment se trouve encerclé mais pas affecté. De plus, les habitations situées Impasse des Clémentins ne sont pas incluses dans la zone de submersion, alors que leurs sous-sols ont été directement atteints par le débordement du vallon de St Hélier.

A l'aval de la rue St Hélier, le trapèze limité par la rue de l'Ingénieur Locke au nord, l'avenue de la Porte Océane au sud, l'Austreberthe à l'ouest et la rue St Hélier au sud, est classé en zone de submersion dont la hauteur d'eau est inférieure à 50 cm. Si cette zone n'est pas affectée en mai 2000, les témoignages photographiques corroborent sa submersion lors de la crue de décembre 1999. Selon la topographie locale, des incohérences peuvent être notées, mais très à la marge.

A l'aval de l'avenue de la porte Océane, le secteur de la crèche des Lutins et de l'école Pape Carpentier (inondés en décembre 1999) est également classé. En mai 2000, le secteur n'était pas affecté contrairement à 1999. La délimitation précise du secteur reste à analyser : couvre-t-il l'intégralité de cette zone et ne doit-il pas s'étendre à l'impasse F.Yard où des habitations ont été inondées en 1999 ?

#### **Secteur 7 : Usine Gaillard**

La quasi-totalité du site des Etablissements Gaillard est inscrit en zone de submersion, excepté un bâtiment situé en rive gauche. A l'issue de l'examen de la topographie et des éléments de témoignage, il s'avère que le contour de la zone d'expansion doit être corrigé en rive droite.

#### **Secteur 8 : De l'usine Gaillard aux établissements Deren**

A l'aval, la zone submergée de l'impasse Pichard et de la rue Hoker ne correspond pas intégralement aux constats des services techniques.

A l'aval de la rue Lalizel, l'intégralité du secteur situé en rive droite de l'Austreberthe et délimité au nord par la rue Guillaume Lalizel, à l'ouest par la rue André Maurois et par la rue Petit au sud, est classé en zone submergée. Or si des désordres ont été constatés au lycée Thomas Corneille, ils semblent être le fait des ruissellements non maîtrisés provenant des versants (via la rue André Maurois) et non le fait des débordements de l'Austreberthe. Si les débordements de la rivière justifie l'inondation du sous sol des logements de fonction du lycée (rue Petit), cette caractéristique ne semble pas pouvoir être étendue à toute la zone. La topographie doit permettre de corroborer ou d'infirmer cet avis.

#### **Secteur 9 : Les établissements Deren**

A l'aval de la rue Petit, les établissements Deren sont classés en zone de submersion dont la hauteur d'eau est comprise entre 0,5 et 1 m. A la vue des témoignages, ce classement est cohérent, seule l'étendue de la zone prête à discussion.

### **Secteur 10 : A l'aval des établissements Deren**

Par contre, la zone de submersion située entre les établissements Deren et la voie ferrée de Caudebec n'est pas évoquée au travers des éléments en notre possession. Cette zone inclue des habitations de la rue Jules Ferry.

Les bâtiments de la rue d'Auriary (en amont de la rue de l'ingénieur Locke) ont été affectés en mai 2000 alors que la zone n'apparaît pas dans la carte des Plus Hautes Eaux Connues.

A l'aval de la rue de l'Ingénieur Locke, la rive droite est classée en zone de submersion, mais elle n'aurait pas été inondée en 2000. Par contre, la salle Pierre de Coubertin a été affectée en 1999 et 2000, mais n'est pas placée en zone de submersion.

A l'aval et jusqu'à la rue Thomas Corneille, aucun débordement de l'Austreberthe n'a été enregistré.

### **Secteur 11 : En amont des usines Badin**

Mais à partir de la rue Thomas Corneille, la zone des Plus Hautes Eaux Connues va s'étendre de la rue des Martyrs à la rue A.Bourdelle : pour partie, les hauteurs d'eau sont comprises entre 0,5 et 1 m. L'étendue de la zone de submersion est assez conforme aux observations : débordements dans le LEP Jacquard, débordements sur le parking Intermarché atteignant le magasin, inondation des habitations de la rue C.Bernard. Toutefois les hauteurs d'eau précisées sont sujettes à discussion.

Entre l'avenue Georges et la rue C.Bernard, la zone submergée s'étendrait depuis la rue Auguste Badin jusqu'à la rue A.Bourdelle. En effet, cette submersion résulte des débordements de l'Austreberthe, sur les rues Dorchain, Badin et Yver, affectant les voiries et les caves des habitations, ainsi que des eaux provenant de l'ancienne voie ferrée (remarque : il s'agit de ruissellements, mais aussi des débordements du vallon de St Hélier et du vallon du Bois d'Epina) (carte n°5-8).

### **Secteur 12 : les établissements Badin**

A partir de l'avenue Georges, la zone de submersion est également comprise entre l'ancienne route de Villers et la rue Auguste Badin, ce qui est cohérent avec les constatations effectuées lors des crues.

A l'aval et jusqu'à la limite communale, la zone des Plus Hautes Eaux Connues est également cohérente, au regard des constats d'inondation de l'entreprise Dubois et des habitations de l'ancienne route de Villers.

**Cette analyse de l'atlas des Plus Hautes Eaux Connues [15] permet d'atteindre la synthèse suivante :**

- **hormis le secteur du lycée Thomas Corneille qui présente sans doute une incohérence d'interprétation des phénomènes** (inondation par ruissellement et non par débordement de la rivière), **et quelques zones restreintes** (site Gaillard, rue Guillaume Lalizel, rue Jules Ferry, Salle Pierre de Coubertin), **les surfaces des Plus Hautes Eaux Connues sont correctement dessinées ;**
- **l'examen de la topographie doit permettre d'affiner les contours et de préciser la pertinence des hauteurs d'eau annoncées.**

**Les cartes dressées par les Services Techniques de Barentin pour les orages de mai 2000 et d'août 2001 constituent les éléments de référence pour les inondations dans les talwegs.**

## **4.6 CONCLUSIONS D'ETAT DES LIEUX**

La connaissance des événements dommageables est correcte pour les événements les plus récents : conditions météorologiques, débits et étendues des débordements sont approchés.

Pour les événements relativement plus anciens (1990 à 1999), leur connaissance est imprécise : quelles étaient les précipitations ? quels secteurs ont été affectés ? quelles zones n'ont pas été touchées ? La recherche des justifications des déclarations de catastrophes naturelles peut constituer une piste complémentaire de renseignement.

**L'estimation de la fréquence d'apparition des désordres sur la base des éléments historiques est donc rendue délicate. L'exploitation des quelques résultats des études antérieures, et les informations historiques toutefois intéressantes, devront être associées à la mise en œuvre de calculs et de modélisation afin d'établir un diagnostic généralisé des ruissellements, écoulements, de l'aléa Inondation et coulée de boue.**

**Ce n'est que lorsque l'aléa sera correctement diagnostiqué qu'il pourra être croisé avec la vulnérabilité des sites, afin de déterminer les risques, également les enjeux et les actions envisageables pour réduire les risques.**

## 5. CALCULS ET MODELISATIONS

### 5.1 LES METHODES D'ESTIMATION DES DEBITS GENERES PAR LE RUISSELLEMENT

#### 5.1.1 Relations pluie-débit

Les relations entre les précipitations et le ruissellement dépendent des différentes phases successives du phénomène :

- La phase d'inhibition, caractérisée par une infiltration selon la nature des sols, le relief, la saturation avant l'averse ;
- La phase transitoire, caractérisée par le stockage dépressionnaire avant ruissellement pouvant être important sur les terrains plats, avant d'obtenir la pression nécessaire au ruissellement, ainsi que le stock du remplissage des voies d'eau avant et en cours d'écoulements ;
- La phase de régime permanent, caractérisé par une intensité de pluie, un ruissellement et un écoulement quasi-constant dans le temps, dit **temps de concentration** : c'est le temps mis par la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. C'est également le temps séparant la fin de la pluie nette (après la phase d'inhibition) de la fin du ruissellement.
- La phase de vidange, qui intervient à la fin de l'averse par un prolongement dans le temps des apports d'eau décroissants, d'autant plus allongé que le bassin est allongé et son relief faible, la situation des plateaux périphériques des vallées de l'Austreberthe et du Saffimbec.

L'idée commune d'utiliser le modèle d'Horton qui privilégie essentiellement la capacité limite d'infiltration, peut semer le doute notamment sur la présence d'un ruissellement en forêt ou prairies peu pentues, en cas de saturation ou non des sols, ... De même les valeurs obtenues deviennent excessives pour les sols cultivés peu pentus.

La conduite de nombreuses études hydrologiques avec des mesures in-situ associées, nous conduit à retenir deux termes représentant la fraction de surfaces imperméables qui évoluent très peu dans le temps et non imperméabilisées, par classes de terrain, en tenant compte de l'effet de saturation des sols non construits, tels que  $C = C(t)$ , par la formule suivante :

$$C = \frac{t}{1+t} \cdot P + \frac{S \cdot t}{100+t} \cdot (1-P)$$

C : le coefficient de ruissellement ( $C < 1$ ) ;

P le pourcentage de surfaces imperméabilisées ( $0,01 < P < 1$ ) ;

T : le temps écoulé à partir du commencement de l'averse en mm ( $t > 1$ ) ;

S : taux de saturabilité des sols ( $0,01 < S < 0,5$ ) avec par exemple :

S=0,1 : terrains assez perméables et peu pentus (1 à 2 %) ;

S=0,2 : terrain limoneux à argileux, moyennement pentu (2 à 5 %) ;

S=0,5 : terrain limoneux argileux, battant sans végétation et pentus (>5 %)

Ainsi, pour les terres cultivées où P est 0,05, t+180 mn et S=0,2, C(180) est égale à 0,17 (couramment obtenu dans la modélisation ci-après).

Par ailleurs, des observations de terrain ont montré, sous certaines conditions, que les écoulements souterrains participaient directement ou indirectement à la formation des crues, à partir :

- du comportement aléatoire des bétoires et de leurs résurgences,
- du concept de ruissellement par saturation en fond de talweg, que l'on peut traduire par écoulement restitué ou exfiltration ;
- du système d'assainissement par puits filtrants (à l'exemple de Barentin, où 11 exutoires du réseau pluvial dont 4 exutoires d'une rétention, s'effectuent vers un puits filtrant).

Dans certaines circonstances et sous l'effet de certains facteurs (modification du matériau, affinement, gonflement, ... et pression interstitielle), les mouvements et vitesse lente s'accroissent et peuvent donner naissance, après rupture, à un mouvement rapide de ravinement et de coulées de boues.

Les méthodes de calculs retenues ou préconisées, pour la génération des débits, ont été :

- **la méthode rationnelle** ;
- **la méthode du Curve Number (SCS)**.

Aussi, il nous apparaît, par souci d'homogénéité d'analyse comparative, de nous référer également à ces méthodes.

#### 5.1.2 Méthode rationnelle

La méthode appliquée sur les petits bassins agricoles pour des événements pluvieux de fréquence décennale a été la formule simple sans ajustement correcteur :

$$Q_p = u \cdot C \cdot I \cdot A$$

Avec,  $Q_p$  : le débit de pointe

$u$  : la cohérence des unités (si la surface est en ha, l'intensité en mm/h, le débit en l/s,  $u = 2,778$ )

$i$  : l'intensité moyenne maximale (IDF) de durée égale au temps caractéristique du sous bassin versant, ou temps de concentration.

$A$  : la surface du bassin versant.

L'application de cette formule sans tenir compte de l'effet d'écrêtement et de conservation du système hydrologique, de plus long parcours réel de l'eau, de répartition de l'orage dans l'espace, conduit à des résultats excessifs. **Nous proposons donc d'appliquer la méthode rationnelle améliorée** (sur laquelle se base Winhyd cf. § 7.12

Estimation justifiée des largeurs d'écoulement

Estimation justifiée des largeurs d'écoulement).

Le modèle adapté aux bassins versants de taille et d'occupation hétérogènes génère pour les périodes de retour choisies, le débit maximum à chaque exutoire de bassin, sous-bassin et groupe de bassins élémentaires, après avoir déterminé les temps de concentration respectifs de ces entités hydrologiques. Le bilan de ruissellement est exprimé par la formule :

$$Q_{(j)} = \frac{K}{6(\beta + \delta)} \sum_{j=1}^J C_j * i(t_j, T) * A_j^\alpha$$

avec :  $Q_{(j)}$  est le débit généré par tous les bassins et sous bassins en amont du point J,

$C_j$  est le coefficient de ruissellement pondéré du sous-bassin j, à partir des zones élémentaires d'occupation des sols, des penes, ...

$t_j$  est le temps de concentration cumulé au point J, composante analytique du temps de ruissellement et du temps d'écoulement, établie sur la base de la vitesse moyenne déterminée par la formule de Manning-Strickler :  $V = K.R^{2/3}.I^{1/2}$

Où :  $V$  est la vitesse moyenne de l'écoulement considéré (m/s) ;

$K$  est le coefficient de Strickler dont la valeur dépend de l'état de la voie d'eau (de 10 pour les écoulements naturels à 35 pour les écoulements permanents en rivière) ;

$R$  est le rayon hydraulique (m), égal à 0,05 dans les vecteurs de ruissellement,  $0,1 \leq R \leq 1$  en fonction du remplissage dans les fossés, talwegs, cours d'eau ;

$I$  est la pente d'écoulement (m/m).

$i(t_j, T)$  est l'intensité moyenne maximale au temps  $t_j$ , pour la période de retour  $T$  considérée, donnée en millimètres par minute, et exprimée par deux formulations possibles : exponentielle ou homographique :

$$\text{Formulation homographique : } i(t) = \frac{a}{t + b}$$

$$\text{Formulation exponentielle : } i(t) = A * t^{-B}$$

$A_j$  est l'aire du sous bassin en hectares.

$\alpha$  est le paramètre de répartition de l'orage dans l'espace ( $0,95 < \alpha < 1$ ). Ainsi la loi  $A^\alpha$  représente la distribution spatiale de la pluie sur la surface  $A$ . Il s'agit du modèle de Burkli de décroissance de la hauteur de la pluie tombant autour de l'épicentre (point recevant la hauteur de pluie maximale) en fonction de la surface autour de cet épicentre. Cette loi a été retenue parce qu'elle est physiquement cohérente et a été qualitativement confirmée grâce aux images de radars météorologiques. Les valeurs généralement adoptées sont  $\alpha = 0,95$  pour les averses orageuses et  $0,98$  pour les pluies cycloniques de fréquence centennale.

L'expression  $K / [6 * (\beta + \delta)]$  :  $1/6$  est un coefficient d'homogénéité des unités de surface et de temps ;  $\beta$  et  $\delta$  sont les paramètres du bilan volumétrique qui traduit l'effet d'écrêtement et de stockage dans le réseau hydrographique. Les études théoriques et des vérifications expérimentales donnent selon les morphologies des valeurs variant de 1 à 1.85 pour leur somme. Il a été retenu à 1,4 sur le bassin versant. Enfin,  $K$  est un coefficient d'ajustement majorateur ou minorateur, de saturation, d'étalement, ..., généralement affecté d'une valeur de 1.

Le modèle calcule de l'amont vers l'aval, et détermine en fait pour chaque point j :

- $Q_{(j)}$  : débit du bassin versant drainé au point j ;
- $Q_{(j-1)}$  : débit du bassin versant drainé au point j-1 (à l'amont) ;
- $q_{(j)}$  : débit propre du sous bassin directement rattaché à j.

**Le débit maximum résultant est alors :  $Q_{(j)} = \max [Q_{(j)}, Q_{(j-1)} \text{ et } q_{(j)}]$ .**

Il permet, en outre de déterminer le volume de remplissage ou d'expansion des crues, ou bassin au débit de fuite fixé. Au choix, le modèle peut appliquer :

- la méthode des pluies ;
- la méthode des volumes (dite « de B. Brachet »).

**L'application du modèle** nécessite 4 familles de données :

- données géomorphologiques (cotes amont et aval, cote extrême, surface, longueurs d'écoulement et de ruissellement de chaque sous-bassin),
- données sur la nature, l'occupation des sols, (coefficient de ruissellement définis ci-dessus),
- éléments d'hydraulique (principales caractéristiques des voies d'eau, talwegs, collecteurs...), l'éventuel débit d'écrêtement,
- connaissance de la pluviométrie événementielle (relevé ou intensité-durée-fréquence).

Ainsi, la méthode de calcul analytique permet l'approche de comportement hydrologique de bassins versants complexes, s'appuie sur une description précise (géomorphologie notamment) des zones d'étude, sans pour autant faire appel à des paramètres aussi « pointus » que mal maîtrisés.

**L'intérêt majeur de cette méthode mécaniste simple<sup>10</sup>, et non une méthode plus analytique ou conceptuelle, est de maîtriser des ensembles hydrologiques et des conditions de transferts de flux complexes, faisant référence à un mode usuel de calcul, universellement connu, et correctement appréhendé.**

<sup>10</sup> méthode STORM mise en œuvre dans la boîte à outil Winhyd présentée en Annexes

### 5.1.3 La méthode du Curve Number (SCS).

La méthode SCS de calcul des débits s'appuie sur une description du sous-bassin par les paramètres suivants :

- ✓ sa superficie ;
- ✓ son coefficient de ruissellement ;
- ✓ son temps de concentration.

La superficie est un paramètre figé, que le découpage sous système d'information géographique nous permet d'obtenir facilement.

Le temps de concentration du bassin versant dépend essentiellement de sa pente et de son allongement.

Une détermination préalable du temps de concentration (en heures) peut être effectuée par la formule de Passini (ou par toutes autres formules se montrant adaptées) et est intégrée au modèle de simulation. Le temps de concentration est exprimée par :

$$t_c = 0,108 * (S*L)^{1/3} / I^{1/2}$$

où, S constitue la surface du sous bassin (exprimée en km<sup>2</sup>), L le plus long chemin hydraulique (km) et I représente sa pente.

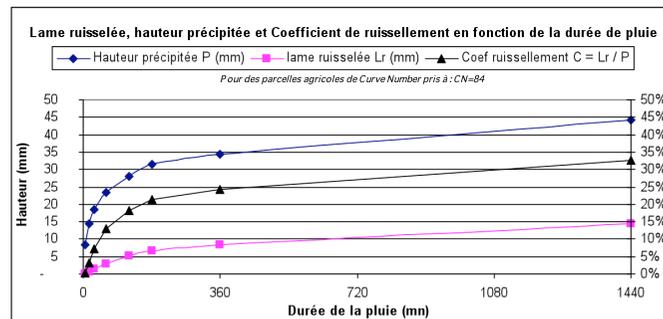
La méthode SCS de calcul des débits ruisselés (méthode du Curve Number) permet la détermination de la lame ruisselée Lr en fonction de la hauteur d'eau précipitée P (en mm). Elle tient compte des notions de lame d'eau interceptée avant le ruissellement, ainsi que de l'ensemble des pertes.

La lame d'eau ruisselée (Lr) est estimée à partir de la formule suivante :

$$Lr = \frac{P - 0,2 \times \left[ \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 \right]}{P + 0,8 \times \left[ \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \times 25,4 \right]}$$

Cette formule peut être illustrée par le graphique suivant :

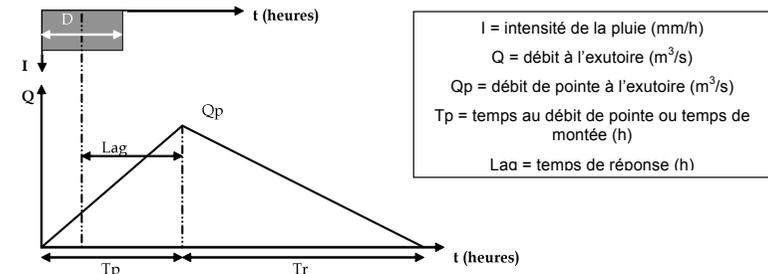
Evolution du coefficient de ruissellement C en fonction de la durée de pluie



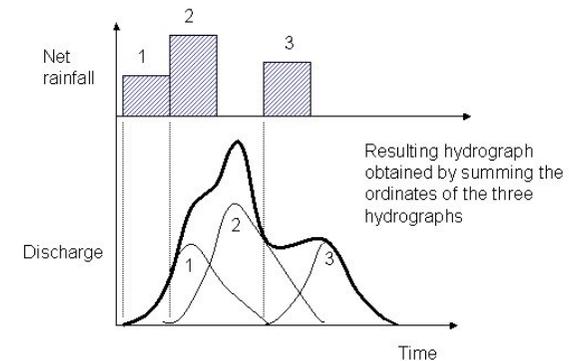
Le coefficient de ruissellement peut être évalué en fonction de la nature et l'occupation des sols, ainsi que de la pente du terrain (pour tenir compte du stockage superficiel). Les éléments structurants du paysage, haies, talus, remblais de voirie par exemple, constituent des éléments qui ont une influence difficilement quantifiable sur le coefficient de ruissellement.

De plus ce coefficient varie également avec la durée de l'averse, et donc selon l'état hydrique du sol. En effet, le niveau de saturation des sols contribue ou non à favoriser le ruissellement : ce phénomène est surtout important en zone rurale puisque pour des surfaces imperméables (zone urbanisée) l'expérience montre que le ressuyage après la pluie est en général rapide, notamment pour un épisode orageux en période estivale.

A l'issue de l'affectation des caractéristiques des bassins élémentaires, le modèle procède à la transformation de la lame d'eau ruisselée en hydrogramme pour chaque pas de temps de calculs, en se basant sur la méthode de l'hydrogramme unitaire. Cet exercice est schématisé par le graphique placé ci-dessous :



La réponse d'un bassin versant à une averse pluvieuse étant le résultat de l'association des réactions hydrologiques à chaque pas de temps, le résultat de la transformation pluie-débit par la méthode SCS est alors la superposition des réponses élémentaires, schématisée par le croquis suivant :



### 5.1.4 Méthodes d'évaluation des volumes de rétentions

L'évaluation des volumes des champs d'inondation, ou le dimensionnement des bassins de stockage, a été appréhendés par deux méthodes :

- la méthode des volumes ;
- la méthode des débits.

#### La méthode des volumes

L'application consiste à calculer : le volume maximum à partir de la courbe d'intensité (IDF) en fonction du temps T, par la relation :

$$V_{\max} = V_{\text{entrée}} - V_{\text{fuite}}$$

Avec le formule homographique ( $i(t) = \frac{a}{t+b}$ ) :

$$V_{\text{entrée}} = a \times S^{0,95} \times 10^4 \times C \times \frac{T}{T+b}$$
$$V_{\text{fuite}} = Q_{\text{fuite}} \times T$$
$$T = \sqrt{a \times S^{0,95} \times 10^4 \times C \times \frac{b}{Q_{\text{fuite}}} - b}$$

Dans lesquelles :

- a est en m ;
- b est en min ;
- S est la superficie en hectares ;
- C est le coefficient de ruissellement ( $0 < C < 1$ ) ;
- $Q_{\text{fuite}}$  est le débit sortant en  $\text{m}^3/\text{min}$  ;
- T est le temps d'équilibre en minutes.

Avec cette méthode des volumes, on obtient toujours un volume stocké non nul, même pour un débit de fuite égal ou plus grand que le débit entrant. En effet les deux termes, volume généré et volume évacué, sont indépendants.

#### La méthode des débits

La méthode consiste, pour un élément de pluie de durée  $t_c$  égale au temps de concentration correspondant au débit de pointe  $Q_m$ , cas de la méthode rationnelle, à calculer le volume d'eau  $V_e$  stocké ou à stocker.

$$V_e = \frac{(Q_m - Q_{\text{fuite}})^2}{Q_m} \times t_c$$

Si la pluie a une durée supérieure au temps de concentration, le débit d'arrivée atteint alors un palier et on a :

$$Q_{dt} = f(t_c + dt)$$

Le volume de rétention est donné par la surface du trapèze :

$$V_e = \frac{(Q_m - Q_{\text{fuite}})^2}{Q_m} \times t_c + (Q_{dt} - Q_{\text{fuite}}) \times dt$$

L'application des deux méthodes permet un comparatif :

- pour  $Q_f = 0$ , l'écart entre les 2 méthodes est faible ;
- pour  $Q_f = Q_m$  généré, on obtient un volume nul avec la méthode des débits (pas de rétention), alors que la méthode des volumes conduit toujours à un volume.

On a donc procédé à un choix, généralement celui de la méthode des débits.

## 5.2 MODELISATION DES ECOULEMENTS

Le modèle utilisé a été le logiciel **ISIS (Infoworks RS dans sa version 2010)**, très adapté à un système hydrographique de cette taille, presque exclusivement de surface et relativement naturel, et comportant de nombreux tronçons de lit majeur et zones inondables.

### 5.2.1 Principes du logiciel ISIS

ISIS effectue le calcul de la ligne d'eau et les conditions d'écoulements pour des régimes transitoires et permanents à surface libre, dans un système fluvial linéaire, ramifié ou maillé, en géométrie réelle. Les passages localisés en régime torrentiel sont acceptés.

Il permet d'appréhender niveaux, vitesse et répartition des débits en régime permanent ou transitoire.

Le modèle permet également d'appréhender l'effet hydraulique du changement de gabarit d'un pont ou d'un ouvrage de décharge ainsi que d'une modification opérée sur le lit mineur ou majeur.

Il tient compte de toute les singularités hydrauliques dans les lits mineur et majeur : seuils, vannes, ponts, ouvrages de décharge, moulins, biefs canalisés...

Les lits mineurs, bras de décharge, et lit majeur, sont qualifiés par leur rugosité hydraulique intrinsèque.

#### Equations et calculs

L'évacuation des écoulements s'exprime par l'expression fondamentale :  $Q = V.S$

Dans laquelle

$Q$  est le débit en  $m^3/s$

$V$  est la vitesse moyenne en  $m/s$

$S$  est la section mouillée en  $m^2$

Dans les conditions d'étalement (débordement dans le lit majeur), celle-ci se traduit à travers les portions de section  $S_1, \dots, S_n$  transversales caractérisées par les profils des lits mineur et majeur.

$$Q = S_1.V_1 + \dots + S_n.V_n$$

Dans les conditions d'inondations, on a un accroissement des volumes en fonction des niveaux d'eau successifs  $h_1, \dots, h_n$  qui se traduit par une augmentation des tranches de section  $S_1(h_1), \dots, S_n(h_n)$ .

Les calculs reposent sur la résolution complète des équations de Barré de Saint Venant :

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 : \text{dite de continuité ou de conservation de la masse} \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \beta \frac{Q^2}{A} \right] + gA \frac{\partial H}{\partial x} + q \frac{AQ}{K^2} - q \frac{Q}{A} \cos \alpha = 0 : \text{dite de quantité de mouvement.} \end{cases}$$

Dans lesquelles :

$Q$  est le débit total en  $m^3/s$  ;

$A$  est la section mouillée en  $m^2$  ;

$Q$  est le débit latéral entrant (ou sortant) en  $m^3/s$  ;

$g$  est l'accélération ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) ;

$H$  est la hauteur d'eau en  $m$  ;

$K$  est le coefficient de rugosité ;

$X$  est l'abscisse d'un point d'un tronçon en  $m$  ;

$t$  est le temps en  $s$  ;

$\cos \alpha < 1$ , selon que le débit latéral est entrant ou sortant.

Le logiciel de calculs réalise la résolution des équations de Barré de St Venant par le biais d'une discrétisation aux éléments finis. Une simulation dans le temps nécessite d'abord la résolution des conditions d'écoulements à l'instant zéro : ce sont les conditions initiales. La contre partie d'un modèle sophistiqué est son instabilité de calculs. Cette instabilité est variable : elle augmente lorsque les écoulements varient brutalement dans le temps ou dans l'espace (une parade est la multiplication des sections de calculs) ou lorsque les débits sont trop faibles. Dans ce cas, l'introduction d'un débit permanent dans le réseau modélisé, permet d'éviter des divergences de calculs et assure la stabilité du modèle. Le modèle de simulation de l'Austreberthe présente l'avantage de nécessiter un débit permanent minimal, inférieur au débit d'étiage.

#### Données

ISIS nécessite 4 familles de données :

- ✓ description morphologique et topographique des lits mineurs et majeurs (profils en long et en travers) ;
- ✓ caractéristiques hydrauliques (rugosités) des biefs et du lit majeur ;
- ✓ caractéristiques des singularités et ouvrages ;
- ✓ données jaugeages ou modélisation hydrologique.

## 5.2.2 Méthodologie de la construction du modèle

### Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique modélisé comprend l'**Austreberthe depuis la limite communale de Pavilly et Barentin**, jusqu'à la station DIREN de St Paer au Paulu située à l'aval de la commune de Barentin. C'est ainsi que **6.5 km de cours d'eau** sont décrits par le biais de plus de 125 sections d'écoulements.

Les différentes sections de cours d'eau sont décrites tout d'abord par leurs caractéristiques géométriques (description de sections simples ou complexes), qui ont été relevés lors de la campagne de topographie.

Les sections sont décrites aussi par des coefficients de Manning qui caractérisent la rugosité du fond, des berges ou des parois de la section. Si l'observation de la nature du lit du cours d'eau permet d'apprécier sa rugosité, le calage des conditions d'écoulements assure correctement l'affectation d'un coefficient de Manning.

De la même façon, les pertes de charges singulières liées à la morphologie du cours d'eau, par exemple bifurcations brutales ou confluences d'apports, peuvent être insérées dans le modèle, mais seront appréciées correctement au niveau du calage phénoménologique.

Les cotes radiers des cours d'eau, les côtes d'ouvrages et les principales sections des lits majeurs ont fait l'objet d'un relevé précis effectué par un géomètre.

La construction du modèle hydraulique de l'Austreberthe est illustrée par le profil en travers et le profil en long disposés ci-dessous.

### Les ouvrages particuliers

Le logiciel ISIS permet d'insérer dans le modèle de simulation toute une série d'ouvrages. Les ponts, les seuils, les orifices, ...sont des objets à part entière possédant leur propre loi de comportement.

Ces lois théoriques, ou résultats d'études de comportement, font appel à des coefficients qui seront ajustés lors du calage du modèle.

Ainsi le modèle a été construit en insérant les ouvrages qui nous paraissent les plus influents sur le plan des conditions d'écoulements. Pour la traversée de Barentin par l'Austreberthe, le modèle comprend :

- ✓ **23 ouvrages de franchissements (ponts, passerelles) ont été inclus au modèle** ; ces ouvrages sont modélisés soit par un module d'orifice, soit par un module de pertes de charges ; la mise en charge de l'ouvrage peut-être simulée ainsi que sa submersion ;
- ✓ **8 ouvrages de type seuils et/ou vannes** sont insérés dans le modèle ; les vannages et seuils sont considérés comme fixe durant la simulation ;
- ✓ **5 passages souterrains.**

### Le calage du modèle

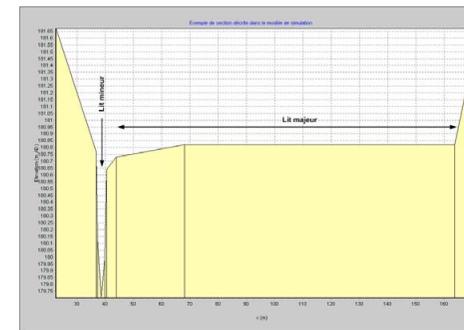
Après la mise en forme des données de bases, il sera procédé à la construction d'un modèle hydraulique détaillé de l'**Austreberthe**. La construction du modèle est finalisée par son calage.

Le modèle de simulation sera calé en différents points, à partir de plusieurs événements de référence, selon les étapes suivantes :

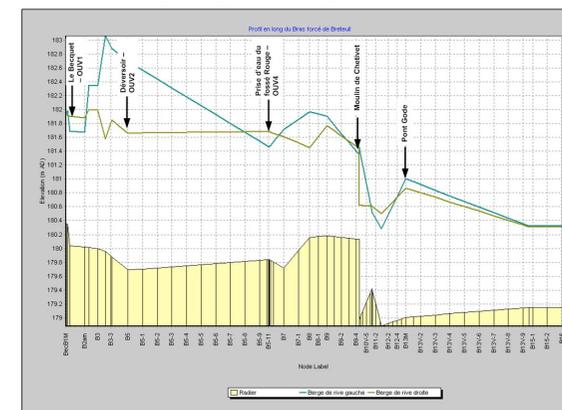
- **calage hydraulique du lit mineur et des ouvrages** (rugosités macroscopiques, points d'écrêtements) pour les débits d'étiage et les débits moyens suivant les levés de hauteurs d'eau effectuées par le géomètre ;
- **calage hydraulique des lits mineurs et majeurs, ainsi que des ouvrages** pour les crues exceptionnelles.

L'objectif du calage est d'atteindre une reproductibilité des phénomènes, cohérente et fidèle, base d'un diagnostic précis.

#### Exemple de profil en travers issu du modèle :



#### Exemple de profil en long issu du modèle :



## 6. EXAMEN DES RESULTATS OBTENUS, COMPARAISONS

### 6.1 MISE EN ŒUVRE DES MODELES HYDROLOGIQUES

#### 6.1.1 Découpage en bassins élémentaires

Le bassin versant de l'Austreberthe et du Saffimbec, durant la décennie passée, a fait l'objet de plusieurs études globales et partielles visant des objectifs variés, spécifiques, comme l'indique la liste des documents répertoriés.

Ainsi, le contexte n'a pas été appréhendé de façon homogène sur l'ensemble du bassin versant :

- dans le cadre du PPR « talwegs » [21], les sites étudiés sont choisis selon l'importance des impluviums, et les enjeux ponctuels sur les talwegs amont sont traités au même niveau d'aléa qu'en fond de vallon aval.
- en revanche, l'étude d'aménagement hydraulique du sous-bassin versant de Saint Héliér [3], a produit une analyse détaillée des formations superficielles, des éléments hydrogéologiques, de l'occupation des sols avec un découpage en 17 surfaces élémentaires, du bassin versant de St Héliér seulement ;
- le schéma d'aménagement du bassin versant de l'Austreberthe [1], inclut la modélisation de 125 bassins élémentaires, 23 biefs, 459 sections, 79 ponts et passerelles, 40 seuils et vannages, sur l'intégralité du bassin versant de l'Austreberthe.

C'est donc sur la base de l'étude d'aménagement hydraulique du sous-bassin versant de Saint Héliér [3], étendue à l'ensemble des sous bassins versants en amont de Barentin, que repose notre appréhension des différents contextes hydrologiques.

La présentation générale du bassin versant et son organisation topologique sont illustrées par la carte 2, qui représente :

- 175 bassins et sous bassins élémentaires,
- 200 points de calculs de génération des débits ;
- 30 ouvrages rétentions ou contraintes d'écoulements, dans la situation de référence avant la création des aménagements.

#### 6.1.2 Définition des pluies de projet

En pratique d'analyse pluviométrique et d'utilisation dans les modèles, on utilise deux types de courbes d'interpolation et leurs formulations mathématiques associées :

- une courbe matérialisée par une droite de régression dans le repère logarithmique, dont l'équation est en fait une fonction puissance  $y = a \cdot x^b$ . Cette droite correspond à la formulation des intensités remarquables dite « exponentielle » ou « de Montana », c'est-à-dire  $i = At^b$  ;
- une courbe s'affaissant aux extrémités, ayant pour équation une fonction dérivée logarithmique. Cette courbe correspond à la formulation dite « homographique » :

$$\text{c'est-à-dire : } y = \frac{a}{x + b}.$$

La formulation exponentielle n'est pas bien adaptée pour tous les intervalles de temps  $t$  considérés. Aussi il a été retenu, dans la modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21], les 4 courbes successives correspondant aux formules suivantes, pour l'averse décennale :

$$i_{(10)} = 4.333 t^{-0.543} \text{ entre 6 et 25 mn}$$

$$i_{(10)} = 7.384 t^{-0.702} \text{ entre 25 et 60 mn}$$

$$i_{(10)} = 8.369 t^{-0.729} \text{ entre 60 et 180 mn}$$

$$i_{(10)} = 13.602 t^{-0.827} \text{ entre 180 et 360 mn}$$

La validité de ces courbes est limitée à 360 mn. Elles peuvent être appliquées aux sous bassins, mais pas à l'ensemble du bassin-versant de l'Austreberthe dont le temps de concentration est de 12 heures environ. En effet, l'application de la dernière formule à ce temps de concentration conduit à une hauteur de pluie faible :  $H_{(10)} = i_{(10)} \cdot t = 0.059 \times 720 = 42.45 \text{ mm}$ .

Par ailleurs, les recommandations pour l'assainissement routier (SETRA) ont préconisé de retenir à Rouen la formule homographique suivante :

$$i(10) = \frac{40.31}{t + 15.8}$$

L'application de deux précédentes formulations au bassin-versant de l'Austreberthe nécessite de majorer les valeurs par un coefficient de 1,1 (cf. étape 3, page 39). Les formules adaptées seraient alors :

$$i_{(10)} = a \times 1,1 \times t^{-b} = 14,96 t^{-0,827}, \text{ selon la formulation issue de [21] ;}$$

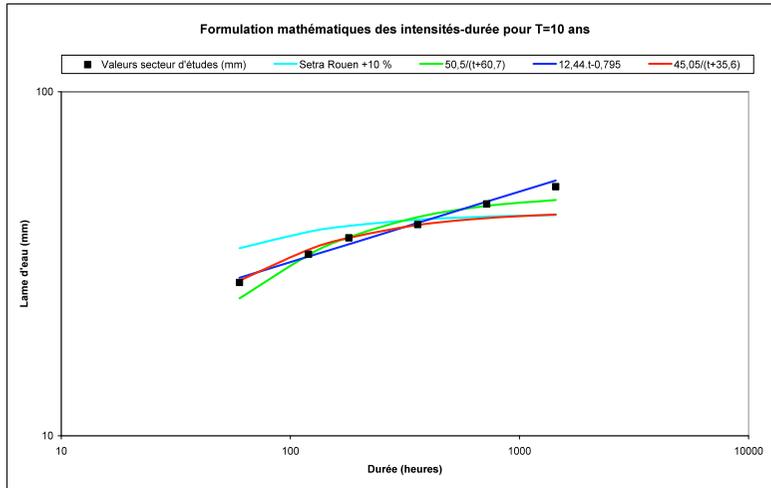
$$i(10) = \frac{a * 1,1}{t + 15,8} = \frac{44,34}{t + 15,8}, \text{ selon la formulation issue du SETRA.}$$

Le graphique placé ci-après confronte les différentes formulations. La représentation mathématique interpolant au plus près les valeurs réelles serait donc la forme homographique.

Par conséquent, elle sera utilisée lors de l'application d'un modèle de génération des débits maximums.

Compte tenu des valeurs limites, notamment les pluies décennales 12 heures (47,2 mm) et celles encadrant les temps de concentration, nous appliquerons la formule réajustée suivante :

$$i(10) = \frac{45}{t + 35,6}$$



Suivant le même raisonnement, les pluies de période de retour 100 ans seront exprimées par la formulation suivante :

$$i(10) = \frac{62,9}{t + 31,7}$$

### 6.1.3 Les hypothèses de calculs

La mise en œuvre des modèles hydrologiques décrits ci avant, repose sur les données suivantes :

- le découpage en 175 bassins élémentaires, chacun redécoupé en 5 ou 6 zones homogènes d'occupation des sols, et de pentes, de manière à obtenir des entités hydrologiques comparables, voire plus fines que celles produites dans les études antérieures ;
- ce découpage s'appuie sur celui effectué par :
  - le Schéma d'aménagement de l'Austreberthe [1] ;
  - l'étude d'aménagement hydraulique du sous bassin versant de Saint Hélier [3] ;
  - le Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9].
- chaque zone homogène d'occupation des sols et de pentes, est affectée d'un coefficient de ruissellement ; les coefficients affectés sont très voisins des valeurs utilisées dans les études [3] et [9].
- la segmentation des talwegs, en fonction d'obstacles aux écoulements, d'un aménagement d'une retenue existante ou projetée dans les diverses études réalisées, conditionne également le découpage en bassins élémentaires.
- les caractéristiques des précipitations introduites dans l'outil de calculs sont issues de la même analyse produite par le Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9].

Les cartes qui présentent le découpage en surfaces élémentaires (atlas cartographique joint au présent rapport), sont à associer aux tableaux placés en annexe de caractérisation des bassins élémentaires.

**Annexe n° 3** : Tableaux de caractérisation des bassins élémentaires

Au final, les estimations réalisées dans le cadre de cette étude reprennent les éléments et méthodes de calculs produits par les études antérieures, jugés satisfaisants conformément aux conclusions de l'examen des études antérieures. L'expertise vise à homogénéiser la méthode et la qualité des données de base.

Le second objectif de cette partie est d'appliquer une méthode homogène d'évaluation des débits de pointe ruisselés pour qualifier au plus juste la situation d'aménagement de référence (2000).

Les effets de pluies de période de retour 10 ans et 100 ans, seront examinés pour cette situation.

Les résultats de l'application de la méthode dite « rationnelle » avec les paramètres ajustés : de pluie, de répartition de l'orage dans l'espace, ... et d'adaptation à la géomorphologie des sites sont présentés en annexes, sous forme de tableaux restituant les principales données et les valeurs suivantes :

- la vitesse moyenne dans chaque sous-bassin et ensemble de sous-bassin, pondérée en fonction des apports des bassins élémentaires convergents.
- le débit de pointe propre à chaque sous bassin, ensemble de sous bassins et bassins au point de calculs considéré ;
- le débit maximum au temps de concentration  $t_c$  à chaque point de calcul.

## 6.2 RESULTATS DES CALCULS HYDROLOGIQUES

Les résultats obtenus pour la modélisation hydrologique, pour les pluies décennale et centennale concernent la situation d'aménagement en 2000. Le tableau ci-après synthétise les résultats obtenus aux points caractéristiques du bassin versant.

**Remarque 1 :** pour le sous bassin versant des sources de l'Austreberthe, les valeurs de débits sont trompeuses. En effet, les traversées de Sainte Austreberthe et de Pavilly constituent des verrous hydrauliques, pour lesquels les débordements occasionnés assurent un écrêtement des débits aval. Ainsi les faibles débits de pointe de ce sous bassin versant ne sont pas à mettre au crédit d'équipement de rétentions, mais à des débordements importants.

Détails des résultats de calculs des débits pour le sous bassin versant de l'Austreberthe Amont

Sous bassin versant	Lieux	N°	Débit de pointe (en m <sup>3</sup> /s)	
			Situation 2000	
			T = 10 ans	T = 100 ans
Austreberthe Amont	Frettemeule	30.1	2,5	4,4
	Bacolle (digue 16)	30.2	2,5	4,4
	Emanville –D22 (digue 13)	30.4	2,9	5,3
	Queue de Renard – Bois de Grosfy	32.1	6,0	11,2
	Fonds d'Hugleville – AP3b	32.2	6,0	11,2
	Tangrume les Haies (digue 3)	33.2	1,4	2,6
	Ste Austreberthe Nord	34.1	7,0	12,9
	Austreberthe en aval	34.3	7,0	8,0
	<b>Austreberthe avant confluence</b>	<b>34.4</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
	<b>Austreberthe à l'amont de Barentin</b>	<b>70.1</b>	<b>11,3</b>	<b>18,1</b>

Nota : la période de retour indiquée (T) est celle de l'averse pluvieuse à l'origine des débits de pointe calculés.

Détails des résultats de calculs des débits pour le sous bassin versant du Saffimbec

Sous bassin versant	Lieux	N°	Débit de pointe (en m³/s)	
			Situation 2000	
			T = 10 ans	T = 100 ans
Saffimbec	La Hongrie	45.1	1,9	3,2
	Digue SNCF	48.2	2,1	3,2
	Cideville – Brun Château	50.2	3,4	5,6
	Neufmesnil – Limésy (digue 1)	53.2	2,2	4,0
	Vallée en amont D63 (AP1)	56.1	6,8	12,5
	Vallée en aval D63 (digue 2)	56.3	6,8	12,5
	Nvx Monde en amont D88 (AP2)	60.1	6,8	12,5
	Nvx Monde en aval D88 (digue 4)	60.2	6,8	12,5
	Talweg de la Salle verte	61.1	1,1	2,0
	<b>Saffimbec avant confluence</b>	<b>62.4</b>	<b>6,8</b>	<b>12,5</b>

Détails des résultats de calculs des débits pour le sous bassin versant de St Hélier

Sous bassin versant	Lieux	N°	Débit de pointe (en m³/s)	
			Situation 2000	
			T = 10 ans	T = 100 ans
St Hélier	Bois de Pôville	2.3	2,1	3,9
	Fresquienne D44-D124	6.2	1,2	2,0
	Renfeugères (Digue 5)	12.2	1,7	2,4
	Le Grand Catillon (Digue 6)	14.3	3,6	6,8
	Bois de Hamel	15.2	3,4	6,1
	Val amont – D504 – D104	16.1	9,0	17,2
	Talweg de St Hélier	16.2	5,5 <sup>1</sup>	17,2 <sup>2</sup>
	<b>Exutoire de St Hélier (ovoïdes)</b>	<b>19.2</b>	<b>6,3</b>	<b>17,2</b>

Détails des résultats de calculs des débits pour la zone urbaine de Barentin

Sous bassin versant	Lieux	N°	Débit de pointe (en m³/s)	
			Situation 2000	
			T = 10 ans	T = 100 ans
Zone urbaine de Barentin	Mont Gericault	17.3	0,3 <sup>0</sup>	2,2 <sup>2</sup>
	Amont Boieldieu	80.2	2,65 <sup>3</sup>	4,40 <sup>3</sup>
	Apport aval Boieldieu	80.4	2,85	4,75
	La Carbonnière – Bd de Normandie	83.1	0,3 <sup>3</sup>	0,3 <sup>3</sup>
	Vallon du Bois d'Epinay	85.3	1,2 <sup>3</sup>	1,4 <sup>3</sup>
	Les Campeaux	86.2	1,0	1,7

### Synthèse des résultats de calculs des débits

Lieux	N°	Débit de pointe (en m <sup>3</sup> /s)	
		Situation 2000	
		T = 10 ans	T = 100 ans
Saffimbec avant confluence	62.4	6,8	12,5
Austreberthe avant confluence	34.4	4,0	4,0
<b>Austreberthe à l'amont de Barentin</b>	<b>70.1</b>	<b>11,3</b>	<b>18,1</b>
<b>Autreberthe - Rue Lalizel - SNCF</b>	<b>70.3</b>	<b>10,0<sup>1</sup></b>	<b>10,0<sup>1</sup></b>
Exutoire de St Hélier (ovoïdes)	19.2	6,3	17,2
<b>Austreberthe Centre de Barentin</b>	<b>82.1</b>	<b>19,5</b>	<b>33,3</b>
<b>Austreberthe Centre de Barentin à Badin</b>	<b>82.3</b>	<b>15,0<sup>1</sup></b>	<b>15,0<sup>1</sup></b>
<b>Austreberthe à l'aval de Barentin</b>	<b>88.1</b>	<b>16,7</b>	<b>18,0</b>

### 6.3 RESULTATS DE LA MODELISATION DES ECOULEMENTS DE L'AUSTREBERTHE

#### 6.3.1 Diagnostic hydraulique

Nous avons procédé à la simulation des écoulements de l'Austreberthe, dans la traversée de Barentin, pour une large gamme de débit.

Il en ressort que :

- **pour un débit de 5 m<sup>3</sup>/s, les écoulements s'effectuent librement et normalement.**
- **pour un débit de 10 m<sup>3</sup>/s, quelques tronçons voient leur capacité à plein bord atteinte, mais sans débordement dommageable.** C'est le cas :
  - au droit du lycée Thomas Corneille ;
  - les traversées sous l'usine DEREN sont en charge mais ne conduisent pas à des débordements, à condition qu'elles ne soient pas obstruées par des embâcles.
  - en aval des usines DEREN ;
  - en rive droite et en amont de la rue de l'Ingénieur Locke ;
  - à l'aval immédiat de l'Avenue Georges.
- **pour un débit de 15 m<sup>3</sup>/s :**
  - **les tronçons dont la capacité est atteinte précédemment sont soumis à des débordements :**
    - au droit du lycée Thomas Corneille et à l'approche de la rue Petit ;
    - en aval des usines DEREN ;
    - en amont de la rue de l'Ingénieur Locke.
  - **depuis la rue de l'Ingénieur Locke jusqu'à l'avenue Georges, l'Austreberthe présentent une capacité suffisante pour transiter 15 m<sup>3</sup>/s sans débordement.** La capacité maximale du lit mineur est atteinte en deux points :
    - au droit d'Intermarché ;
    - en amont de l'Avenue Georges (rue Auguste Dorchain).
  - **les débordements modélisés en aval de l'Avenue Georges s'aggravent ;**
  - **la capacité maximale de la traversée des usines Badin est atteinte pour un débit de 15 m<sup>3</sup>/s.**

Ces résultats sont conformes à ceux fournis par le diagnostic hydraulique du *Schéma d'Aménagement de l'Austreberthe [1]* et de l'*étude complémentaire [2]*.

### 6.3.2 Fréquence de débordements de l'Austreberthe

Compte tenu des débits modélisés, il faut retenir que :

- ⇒ les points soumis à des désordres pour la pluie décennale sont :
  - les tronçons au droit du lycée Thomas Corneille ;
  - les secteurs situés en aval des usines DEREN ;
  - la rive droite, en amont de la rue de l'Ingénieur Locke ;
  - au droit d'Intermarché ;
  - en amont de l'Avenue Georges (rue Auguste Dorchain).
  - en aval de l'Avenue Georges.
- ⇒ les désordres s'étendent pour la pluie centennale.

Les profils en long et lignes d'eau sont présentés en annexes.

**Carte n° 5** : Synoptique des diagnostics hydrologiques et hydrauliques de l'Austreberthe dans la traversée de Barentin

**Annexe n° 4** : Résultats des simulations hydrauliques et hydrologiques - Profils en long et Lignes d'eau

### 6.4 VERIFICATION CAPACITAIRE DES OUVRAGES FACE AUX APPORTS DES TALWEGS

Les calculs capacitaires réalisés dans le *Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9]* ou dans *l'étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]*, peuvent être ici réutilisés. **Ce paragraphe vise 4 secteurs** plus particulièrement :

- Cité Pasteur, Résidence Lamarck (vallon du Bois d'Epinay) ;
- Résidence Boieldieu ;
- Vallon de St Hélier ;
- Mont Géricault.

#### • Cité Pasteur, Résidence Lamarck (vallon du Bois d'Epinay)

Selon le *Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9]*, « en amont du Bois d'Epinay, le réseau pluvial de la ZAC du Mesnil Roux  $\varnothing$  1200 serait doté d'une capacité de 2,3 m<sup>3</sup>/s, et le réseau du Hamolet de diamètre  $\varnothing$  1000 aurait une capacité de 1,3 m<sup>3</sup>/s. A l'aval du bassin de rétention Pierre et Marie Curie, la canalisation  $\varnothing$  1000 longeant l'ancienne voie ferrée serait d'une capacité limitée à 1 m<sup>3</sup>/s. »

La modélisation réalisée dans le cadre de *l'étude [9]* (à l'issue d'une campagne de mesure et du calage du modèle), précise l'existence de débordements à l'aval du bassin Pierre et Marie Curie, dès une averse de période de retour 5 ans (SNCF Béguinage et rue Bourvil). De plus, la capacité du bassin de rétention n°18 est supérieure à l'interception d'une averse décennale. Le bureau d'études mentionne que pour limiter les désordres, « une solution pourrait consister à limiter davantage le débit de fuite rejeté par le bassin n°18 ». **Toutefois, cette appréciation ne se retrouve pas dans les préconisations.**

**Dans la situation actuelle et envisagée, les débordements du réseau pluvial situé à l'aval du bassin Pierre et Marie Curie pour des averses décennales sont confirmés, alors que la capacité du bassin de rétention n'est pas utilisée.**

En amont, les réseaux et les ouvrages de rétention (n°11, 12 et 13) présentent des capacités suffisantes pour retenir et évacuer le débit décennal.

De plus, les calculs réalisés dans le cadre de cette étude montrent que la capacité des bassins de rétention n°11, 12 et 13 (Castorama, Ateliers Relais et La Carbonnière) présentent également une capacité suffisante pour l'averse centennale, comme **le bassin Pierre et Marie Curie n°18 sous utilisé.**

- **Résidence Boieldieu**

Le débit de pointe décennal estimé par le *Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9]* et dans *l'étude de modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]*, est d'environ 2,7 ou 3 m<sup>3</sup>/s. En considérant, que le bassin de stockage restitution de Boieldieu (n°8) n'est pas opérationnel, le débit de point décennal évalué par SETEGUE - GUIGUES ENVIRONNEMENT est d'environ 2,85 m<sup>3</sup>/s dans la situation d'aménagement de référence. **Ce calcul confirme les débordements du réseau pluvial de l'avenue Boieldieu (Ø 700) pour l'averse décennale.**

De plus, conformément aux résultats du *Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9]*, les bassins de rétention situés en amont (notamment GARDY n°6) présentent une capacité suffisante pour retenir l'averse décennale, mais également pour l'averse centennale. Le débit centennal est estimé à 4,75 m<sup>3</sup>/s dans la situation d'aménagement de référence.

En 2006, plusieurs travaux envisagés par le *Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial de Barentin [9]* ont été réalisés (ou sont en cours de finalisation) : bassin du Courvaudon permettant de tamponner les apports ruraux et agrandissement du bassin GARDY n°6 avec réduction du débit de fuite. Ces actions permettent dès à présent de réduire les débits de pointe à l'exutoire du bassin Boieldieu à 2,6 m<sup>3</sup>/s pour l'averse décennale et 4,5 m<sup>3</sup>/s pour l'averse centennale, mais ne suffit pas pour éviter les débordements.

Les travaux de doublement de la canalisation de l'avenue Boieldieu envisagés permettent d'assurer l'évacuation du débit de pointe, et d'assurer l'alimentation correcte du bassin Boieldieu. **Dans ses conditions d'aménagement, le débit de pointe centennal est maîtrisé.** Toutefois il est à noter, que cette efficacité est conditionnée au bon fonctionnement des ouvrages d'interception des ruissellements, et du bassin de rétention Boieldieu n°8.

- **Vallon de St Hélier**

L'ouvrage de rétention de la ville de Barentin assure la limitation des débits de ce sous bassin versant mais seulement pour l'averse décennale dans la situation d'aménagement de référence (2000). De plus, ce débit de fuite correspond à la capacité d'évacuation des deux ovoïdes placés en aval, si leur exutoire n'est pas soumis à une contrainte aval. **Lorsque l'Austreberthe est en crue, les ouvrages interceptant le vallon de St Hélier débordent alors pour l'averse décennale** : dans la situation d'aménagement de référence (2000) et dans la situation actuelle (2006). **Par contre, la réduction des débits dans la situation future envisagée est telle que les ouvrages sont alors suffisants pour l'averse décennale, mais ce n'est pas le cas pour l'averse centennale.**

- **Mont Géricault**

Les calculs réalisés confirment que la capacité maximale du bassin Coteaux (n°17) est atteinte pour l'averse décennale, contrairement au bassin de la Résidence des Bois (n°15). Le débit décennal à l'aval est évalué à seulement 0,3 m<sup>3</sup>/s. Le collecteur Ø 500 en aval est donc suffisant (chemin rural avant franchissement de la rue Jules Ferry).

Pour l'averse centennale, le débit à l'aval est évalué à 2,2 m<sup>3</sup>/s dans la situation d'aménagement de référence, compte tenu des apports ruraux et du dépassement des capacités des bassins de stockage-restitution. Dans la situation 2006, le diagnostic est identique.

Les préconisations envisagées visent essentiellement l'interception et la rétention des apports ruraux sur le versant du Mont Géricault, dont le débit est limité à 100 l/s. Ainsi, nous estimons que la situation décennale est peu modifiée, par contre le débit centennal est ramené à 1,4 m<sup>3</sup>/s. Toutefois, **le collecteur de diamètre Ø 500 aval ne présente pas une capacité suffisante pour évacuer ce débit sans désordre.** Ce débit reste élevé du fait des apports ruraux non régulés en provenance du versant du Clos de Barentin.

## 6.5 CONCLUSIONS

Lors de la deuxième étape de cette expertise, nous avons noté que les grandeurs estimées pouvant être utilisables étaient issues de *l'étude du bassin versant de St Hélier [3]* pour le talweg du même nom, et du *SDA des eaux pluviales de Barentin [9]* pour les autres principaux talwegs. *La modélisation des écoulements dans certains talwegs à enjeux [21]* fournit des indications pour le vallon du Bois d'Epinay et pour le bassin de collecte de Boieldieu.

Les calculs de débits de pointe de ruissellement effectués dans cette expertise emploient une méthode identique aux études citées précédemment. Toutefois, **la méthode est étendue à l'ensemble du bassin versant et les données de base sont discutées et ajustées.** Les données constitutives du modèle sont disponibles en annexe.

### Annexe n° 5 : Résultats des calculs hydrologiques – Débits de pointe de ruissellement

Les débits de pointe estimés pour les averses de période de retour 10 ou 100 ans, à Barentin, sont bien supérieurs aux débits de crues de l'Austreberthe enregistrés ou évalués. Ces résultats de débits ruisselés sont pourtant cohérents :

- avec les méthodes mises en œuvre dans les études antérieures ;
- avec les observations phénoménologiques ;
- avec, au final, les hypothèses de calculs d'études antérieures (*Etude hydraulique sur la création d'une zone d'expansion de crue sur le site de l'usine Badin [19]*).

Cet écart illustre **l'importance de la mise en œuvre d'une simulation intégrée** pouvant restituer la génération des ruissellements mais aussi le dynamisme des écoulements, permettant de prendre en compte l'impact des conditions d'écoulement (débordement, expansion et accumulation) sur les débits de crue.

### 6.5.1 Bilan par secteur

Ce tableau synthétise l'aléa de débordement sur la commune de Barentin :

- ⇒ **en ce qui concerne les crues de l'Austreberthe et les désordres liés aux volumes de ruissellement (conformément aux requêtes liées à l'élaboration d'un PPRI) :** face à la situation d'aménagement de référence (2000) – c'est-à-dire, en ne prenant pas en compte les aménagements du bassin versant de lutte contre les inondations, dont le dimensionnement a été réalisé sur la base d'une période de retour T<100 ans - ;
- ⇒ **en ce qui concerne les ouvrages d'assainissement pluviaux, dans les talwegs :** face à une situation des réseaux d'assainissement actualisée (sur la base des réseaux existants en 2006).

Secteur	Désignation	Aléa de débordements
1	Vallon de St Hélier	Débordements pour T=10 ans en présence d'une crue de l'Austreberthe
2	Les coteaux : Géricault et Catillon	Débordements pour T=100 ans
3	Le flanc ouest de la vallée	Les désordres apparaissent au-delà de l'averse centennale
4	Le vallon du bois d'Epinay	Débordements à l'aval du bassin Pierre et Marie Curie pour T=5ans Absence de débordements en amont pour l'averse centennale
5	Le quartier de Normandie	Saturation pour T=10 ans et débordements pour T=100 ans
6	Av. de Boieldieu	Débordements dès l'amont de l'avenue Boieldieu pour T= 5ans
7	Usine Gaillard	Débordements pour T=100 ans
8	De l'usine Gaillard aux Ets. Deren	Débordements pour T=10 ans
9	Les Ets. Deren	
10	A l'aval des Ets Deren	Débordements pour T=10 ans entre Deren et la rue Locke Pas de débordements à l'aval
11	En amont des usines Badin	Débordements pour T=10 ans au droit d'Intermarché et av. Georges
12	Les Ets. Badin	Débordements pour T=10 ans

## 7. VALIDATION ET JUSTIFICATION DES MODIFICATIONS DES AXES DE RUISSellement RECENSES PAR LE PPRI

Le présent chapitre a pour objet d'étudier l'ensemble des axes de ruissellement recensés sur le territoire communal de Barentin. Le document de base de ce travail est la cartographie réalisée par le bureau d'études SAFEGE dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI de l'Austreberthe à l'échelle 1/10 000<sup>ème</sup>. Cette cartographie établit une hiérarchisation en trois classes :

- Aléa potentiellement faible
- Aléa fort
- Aléa ruissellement

La méthode utilisée pour identifier les zones d'aléa potentiellement faible a probablement été de les dessiner préalablement à partir du fond IGN au 1/25000<sup>ème</sup> puis d'appliquer automatiquement sous SIG, une zone tampon d'une largeur prédéfinie de part et d'autre de chaque segment sans forcément prendre en considération la réalité du terrain.

Dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI, la largeur unique appliquée correspond au **débit de pointe centennal (sur la base deux fois le débit de pointe décennal)** calculé par méthode empirique - ce qui constitue une marge très confortable).

Cette méthode a également été utilisée pour les secteurs d'aléa fort, même si là une analyse de la topographie (à partir des courbes de niveaux de la carte IGN) a été prise en compte, du moins dans certains secteurs.

### Remarques :

L'utilisation du fond de plan IGN semble être insuffisante pour réaliser ce travail notamment sur les zones de plateau relativement planes. En effet la précision du tracé des courbes de niveau ne correspond pas toujours à la réalité du terrain. De plus il existe des variations de ce tracé selon les différentes versions de la Carte IGN ainsi certains talwegs apparaissent sur un fond de plan et pas sur un autre et inversement.

Le travail réalisé, dans le cadre de cette présente synthèse, repose sur des visites de terrain sur l'ensemble des versants communaux ainsi que des levés topographiques réalisés au GPS au droit des axes identifiés par le cabinet SAFEGE afin de confirmer ou d'infirmer l'existence de ces axes d'écoulement et d'estimer leur importance.

Pour se faire, des calculs hydrologiques ont été réalisés pour une pluie centennale, afin de déterminer un débit de pointe au droit des transversaux. Ils sont confrontés aux levés topographiques afin d'estimer des largeurs d'écoulement.

**Il s'agit d'un travail délicat et les résultats fournis restent des estimations qui doivent permettre de discuter et de valider ou non les différents axes qui devront être intégrés au zonage.**

**Notons également que l'estimation d'une largeur d'écoulement n'est valable qu'en un point donné, elle varie en fonction de la topographie et des divers ruissellements latéraux. L'incertitude du calcul diminue alors au fur et à mesure que les levés topographiques sont denses et que les calculs hydrologiques sont établis sur un découpage en bassins versants fin.**

Les données disponibles et les leviers topographiques complémentaires nous ont permis de définir des classes de largeur.

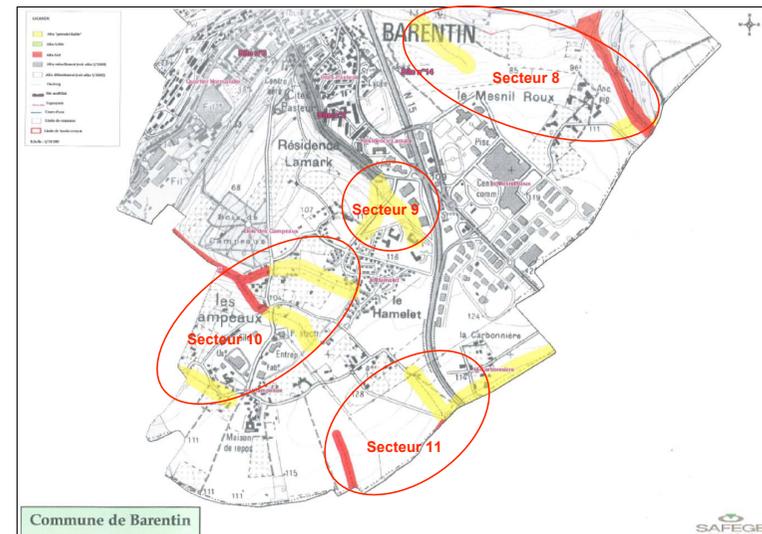
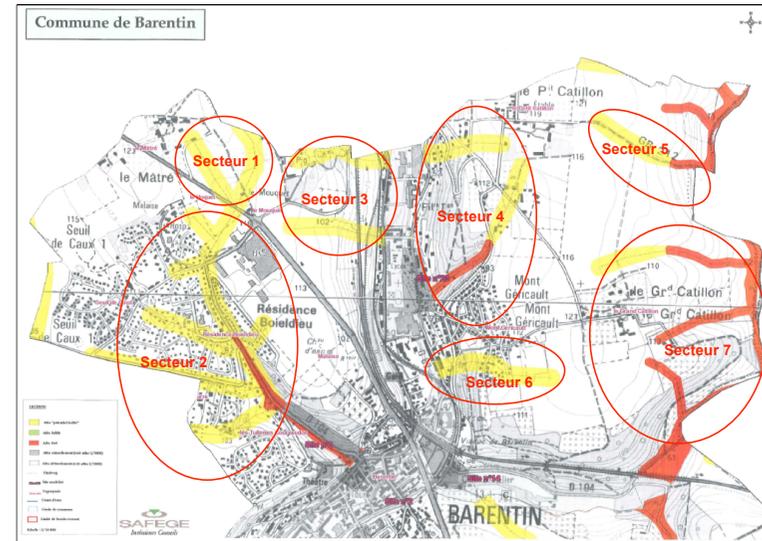


Figure 1 : Cartographie des axes d'écoulements (Source SAFEQE étude d'élaboration du PPRI)

## 7.1 SECTEUR 1 « LE MATRE »

Ce secteur s'étend au nord de la route nationale n°13bis et deux axes d'aléa potentiel faible y sont recensés. Deux talwegs sont effectivement visibles sur le fond de plan IGN mais sont très peu perceptibles sur le terrain (voir photos suivantes). Les levés topographiques (réalisations de profils transversaux) réalisés ne permettent pas non plus de dégager de manière claire des axes d'écoulement précis.



Les écoulements se produisant sur le plateau sont alors plutôt de l'ordre de ruissellements diffus que de l'ordre de ruissellement concentrés. **La délimitation de largeurs d'écoulements sur ce secteur semble délicate.** Les débits de pointe calculés pour chacun des deux axes sont de l'ordre de 200l/s, les écoulements atteignent une hauteur d'une dizaine de centimètres et une largeur de 10 à 15 mètres.

En cas d'urbanisation de la zone, **de simples prescriptions d'urbanismes seront suffisantes.** En revanche le **partie aval** du secteur est soumise au **risque d'inondation** en raison de l'effet de barrage de la route départementale en remblai. L'emprise maximale du secteur inondé serait à déterminer.

## 7.2 SECTEUR 2 « RESIDENCE BOIELDIEU »

Le quartier appelé Résidence Boieldieu est un vaste secteur urbanisé, où figurent plusieurs talwegs sur la carte préalable au PPRI. L'axe d'écoulement principal est l'avenue Boieldieu qui relie le plateau à la vallée en empruntant le fond du talweg, drainant ainsi l'ensemble des surfaces amont.

Compte tenu de la densité et de l'organisation des voiries sur cette zone, les largeurs définies sur la carte préalable au PPRI nous semblent exagérées. Les écoulements se concentrent, dans ce cas, majoritairement à la faveur des axes routiers dotés de bordures. **La largeur des écoulements peut alors être raisonnablement limitée à la largeur de la voirie.**



Le bas de l'avenue Boieldieu



Rue des vergers



Rue de la Hêtre



Bassins rue de Warendorf



Rue de Warendorf et Avenue de Boieldieu (vue vers l'aval)



Rue Gabriel Dupont et vue vers la rue André Caplet (à droite)



Avenue de Boieldieu vue vers l'amont (à gauche) vers l'aval (à droite)



Rue Daniel Aubert (à gauche) – Carrefour des rue Kennedy, Aubert et avenue Boieldieu (à droite)



Rue Erik Satie (à gauche) – passage entre les rues Satie et Aubert (à droite et ci-dessous)



Carrefour avenue Boieldieu rue Malraux (à Gauche) – Entrée de la résidence de la Pierre Normande (à droite)



Rue J-F Kennedy



Rue J-F Kennedy et impasse rurale

Concernant la rue Kennedy, l'axe identifié est trop long en direction de la commune de Bouville, puisque le point haut sur cette route se situe aux environs du passage entre la rue Kennedy et la rue du Docteur Schweitzer. En conséquence de part et d'autre de ce point, les écoulements se font dans des directions opposées. En aval de la rue Kennedy, avant le virage, une partie des écoulements risque d'emprunter un chemin piétonnier (l'impasse rurale).

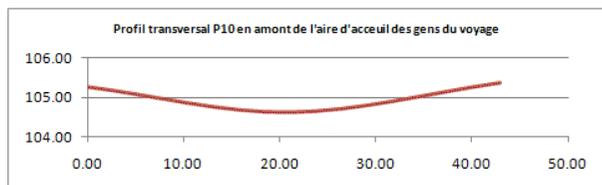
Plus à l'ouest, l'axe d'écoulement identifié, en limite communale, au niveau du Seuil de Caux est réel et a été reporté sur les documents cartographiques. Cet axe étant vraiment limitrophe seule sa partie sud concerne la commune de Barentin.

En ce qui concerne l'axe d'aléa potentiel faible (SAFEGE) au niveau de la place des Tuileries Courvaudon, il s'agit effectivement d'une zone potentiellement soumise à risque de **ruissellement diffus**. En revanche aucun axe d'écoulement majeur n'y a été identifié. Cette zone ne présente pas de risque majeur. Toutefois cette zone est en situation d'équilibre précaire d'un point de vue des ruissellements et les enjeux en aval sont forts, par conséquent toute densification de l'état actuel devra être raisonnée.

### 7.3 SECTEUR 3 « LA TREAUMONT »

**Deux axes sont identifiés** sur le versant de part et d'autre de la route reliant le plateau à la vallée, le premier au niveau de l'aire d'accueil des gens du voyage, le second dans les bois en contrebas du château à la limite communale entre Barentin et Pavilly.

L'aire des gens du voyage est en cours d'aménagement au niveau d'un talweg recensé. **Ce talweg bien que peu prononcé existe effectivement**. En revanche, compte tenu de la position topographique, les écoulements qui s'y produisent sont plutôt de type diffus que concentré. La largeur d'écoulement estimée à cet endroit est de 11m pour une hauteur d'eau maximale de 9cm. De plus ces ruissellements sont collectés par un fossé en bordure de parcelle agricole et en amont de l'aménagement, sont dirigés vers un bassin en contrebas au même titre que les volumes produits par les surfaces imperméabilisées de l'aménagement.



La réalisation de l'aménagement permet donc de traiter les écoulements produits en amont par les surfaces cultivées.

Le **second axe est assez peu flagrant**, d'une part parce que le versant semble uniforme et qu'aucun talweg ne se dessine de manière nette et, d'autre part, en raison de l'occupation du sol, le versant étant entièrement boisé. Ce type de couverture n'est en effet pas favorable à la concentration des écoulements. Cette zone n'a cependant pas pu être inspectée en détail puisqu'il s'agit d'un espace privé clos.



#### 7.4 **SECTEUR 4 « LE PETIT CATILLON » (PARTIE OUEST)**

Le **premier axe identifié** sur ce secteur est situé en aval de la voie communale n°1, rue du Docteur Robert Salle. Le talweg dans la prairie est **très peu visible**, il s'agit plutôt d'une pente généralisée sur l'ensemble de la parcelle dont la déclivité augmente vers l'aval. Les écoulements sont ensuite collectés par les voiries encaissées (rue des Catillons et chemin rural) et dirigés vers la commune de Pavilly.



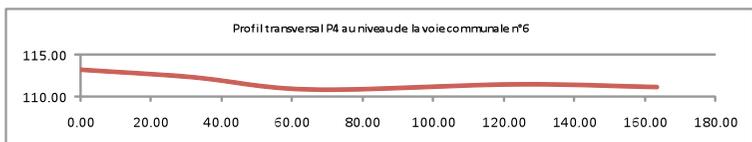
Rue du Docteur Robert Salle



Prairie en aval de la rue du Docteur Robert Salle et chemin rural collectant les écoulements

**L'existence de cet axe ne nous semble pas appropriée puisque les écoulements se font selon l'orientation des voiries et non pas du talweg.**

Le **deuxième axe** est celui qui relie le Petit Catillon nord au Petit Catillon sud. Le débit centennal calculé au droit de la route communale n°6 est de 0.25 m<sup>3</sup>/s. Compte tenu des levés topographiques réalisés à cet endroit, la hauteur d'eau atteinte sur la chaussée est d'environ 5 centimètres et la largeur de l'écoulement atteint 20 mètres.



Le **troisième axe**, ne figure pas sur la carte réalisée par SAFEGE mais il est identifié dans les études antérieures. Compte tenu de la topographie du site cet écoulement est plutôt à classer dans la catégorie des ruissellements diffus.

En aval du Petit Catillon Sud, le talweg est très encaissé (classé en rouge → Aléa fort), les versants sont boisés et le fond du talweg est occupé par diverses constructions, dont des habitations. L'accès à ces bâtiments se fait par une route dans l'axe du talweg. **Le classement en zone d'aléa fort n'est pas remis en cause.**

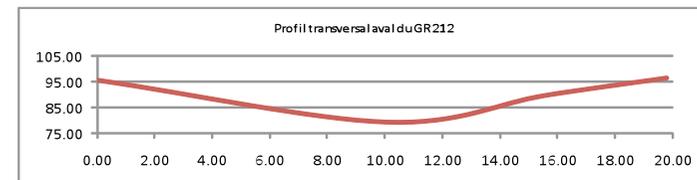
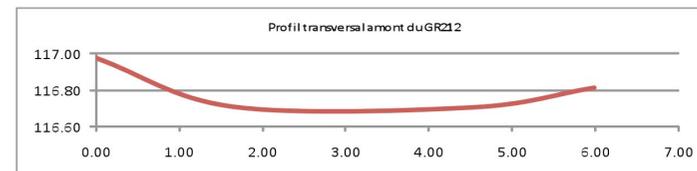


Fond du talweg en aval du Petit Catillon

Le lotissement du Petit Catillon Sud a été en partie inondé par des ruissellements diffus non maîtrisés pour des événements rares (centennaux). Même si aucun axe d'écoulement n'est mis en évidence à cet endroit par la cartographie SAFEGE, ce secteur reste vulnérable.

## 7.5 SECTEUR 5 « LE PETIT CATILLON » (PARTIE EST)

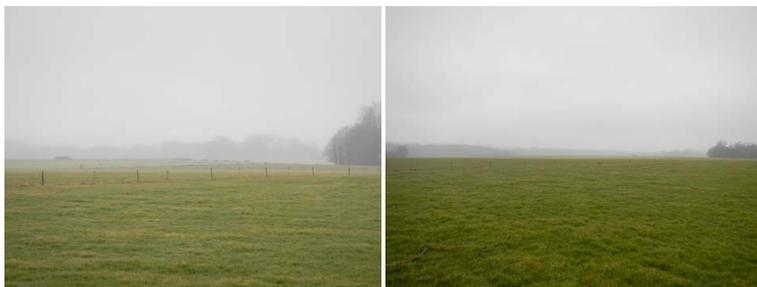
Sur ce secteur, le GR 212 occupe l'**axe du talweg**, son encaissement est très faible sur le plateau et le haut de versant, il augmente vers l'aval pour constituer un véritable chemin creux. Il **concentre ainsi les ruissellements diffus du plateau et des versants et les draine vers l'aval**. **L'existence de cet axe n'est pas remise en cause**, en revanche la **largeur est excessive**, elle pourrait être réduite à 5 mètres, y compris sur l'aval qui est défini comme zone d'aléa fort où la topographie ne laisse aucun doute sur le cheminement des écoulements et où l'encaissement du chemin empêche tout débordement.



La hauteur d'eau atteinte en aval du chemin est de 14 centimètres pour une vitesse d'écoulement de 1.8m/s.



Un axe au **nord du Petit Catillon** est identifié sur la carte SAFEGE. Cet axe est situé à la limite communale entre Barentin et Pavilly. Il est invisible sur la partie communale de Barentin, une légère déclivité est perceptible sur le plateau mais ne peut être considéré comme un axe de ruissellement majeur d'autant que l'impluvium est minime. Plus en aval apparaît effectivement un thalweg, au fur et à mesure que la pente du versant s'accroît, mais il ne concerne pas le territoire communal de Barentin



Absence d'axe d'écoulement au nord du Petit Catillon

#### 7.6 SECTEUR 6 « LE MONT GERICAULT »

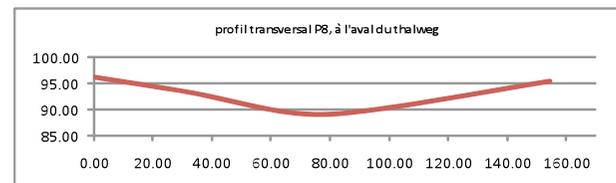
La validation de l'axe d'écoulement sur ce secteur est difficile puisque l'urbanisation rend difficile l'observation du relief surtout quand celui-ci est peu marqué. C'est effectivement le cas ici : la pente générale du versant est importante, mais **l'existence et la localisation d'un talweg reste éventuelle**. En revanche, pour nous être entretenu avec des riverains, il est certain que des habitations du secteur ont été inondées par des ruissellements non maîtrisés sur les parcelles situées en amont. Par conséquent **nous ne remettons pas en cause la présence de cet axe, ni sa largeur importante**, puisque les désordres sont probablement liés à des ruissellements diffus.

#### 7.7 SECTEUR 7 « LE GRAND CATILLON »

L'ensemble des talwegs identifiés sur ce secteur appartient au bassin versant de Saint-Hélier. L'ensemble du **fond de vallon** est classé en **zone d'aléa fort** jusqu'au tunnel sous la voie SNCF. **Ce classement n'est pas remis en cause.**



Le **talweg situé au nord du hameau du Grand Catillon** est identifié comme **zone d'aléa potentiel faible** pour sa partie amont et comme zone d'aléa fort à l'aval. Compte tenu des surfaces cultivées qui sont collectées par ce talweg, nous n'émettons **pas de remarque sur l'existence de cet axe** même si la largeur d'écoulement pourrait sans doute être réduite. Nos calculs donnent comme résultat une hauteur d'eau de 10 à 15 centimètres et une largeur d'environ 20 mètres, contre 50 dans le cas présent.



Talweg au nord du hameau du Grand Catillon vu du versant opposé

Le **deuxième axe** prend son origine dans le hameau du Grand Catillon et traverse le chemin rural du même nom. Pour cet axe, le **relief marqué** de ce talweg le rend indéniable. **En revanche** il s'étend très loin en amont ce qui nous paraît exagéré, la **partie en amont** du chemin **pourrait être supprimée**. La hauteur d'eau estimée varie de 5 à 12 centimètres d'amont en aval pour une largeur maximale de 20 mètres.



Vue du deuxième talweg

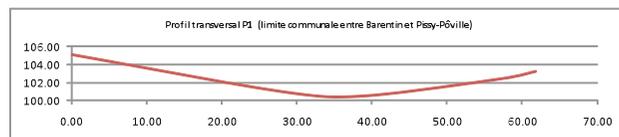
## 7.8 SECTEUR 8 « LE MESNIL ROUX »

Le **premier axe** du secteur s'étend sur le versant **entre le boulevard de Normandie et le fond du vallon de Saint Héliér**. Nous n'avons **pas de remarque** spécifique à faire sur ce talweg, la largeur d'écoulement calculée est de 10 mètres pour une hauteur d'eau maximale de 8 cm, cependant l'ensemble du versant étant en forte pente, le ruissellement peut y être généralisé, malgré une couverture des sols en prairie.



La **seconde zone** du secteur correspond à la voie communale n°20 en direction de la commune de Pissy-Pôville. L'ensemble du fond de vallon est classé en **zone d'aléa fort**, ce qui semble **cohérent** à la vue de la taille du bassin versant amont et des pentes générales du secteur.

**En revanche**, un **axe est identifié perpendiculairement** au précédent entre le chemin de l'enfer et le fond du vallon, il **ne nous semble pas justifié**, il n'y a pas de talweg réellement marqué et c'est l'ensemble du versant qui présente une déclivité importante. **A contrario**, un **talweg important** qui marque la limite communale entre Barentin et Pissy-Pôville **n'est pas identifié comme une zone d'aléa potentiel** alors que la taille du bassin versant qu'il collecte et son profil topographique laissent supposer que les écoulements peuvent s'y concentrer. Nous estimons la largeur d'écoulement à 15 mètres pour une lame d'eau de 9 cm.



## 7.9 SECTEUR 9 « RESIDENCE LAMARK »

Les **deux axes d'écoulement identifiés** en tête de bassin versant correspondent en réalité aux voiries de la rue du 11 Novembre et de la rue de la Paix. Compte tenu de la topographie du site, les **largeurs d'écoulement peuvent être réduites à la largeur des voiries**.



Rue de la Paix (à gauche) – Rue du 11 Novembre (à droite)

En aval de la rue du 11 Novembre, les écoulements se concentrent dans le talweg principal dit du Hamelet, déjà classé en zone Na.



Vues du talweg principal et de son bassin de rétention

## 7.10 SECTEUR 10 « LES CAMPEAUX »

Le **premier axe** identifié sur ce secteur s'étend depuis le hameau « Le Hamelet » jusqu'à la voie communale dite de Barentin aux Campeaux. Même si cet axe existe réellement, il est délicat de définir précisément sa largeur. Les volumes générés par les habitations du plateau sont collectés par un réseau pluvial. Les ruissellements en provenance de ce secteur vers le thalweg n'apparaissent qu'en cas de saturation du réseau. L'occupation des sols (des prairies en grande majorité) des versants en état actuel n'est pas favorable à l'apparition du ruissellement. Ce secteur étant ouvert à l'urbanisation, la largeur définie par la cartographie SAFEGE est conservée puisqu'elle est concernée par un risque de ruissellement diffus avec une bande de 15 mètres, en fond de thalweg, plus particulièrement sensible.



Talweg du « Hamelet » à la route de Barentin aux Campeaux (vues vers l'amont et l'aval)



Talweg du poste électrique la route de Barentin aux Campeaux (vues vers l'amont et l'aval)

La topographie au niveau du deuxième axe, parallèle au premier, au niveau du poste électrique, est encore moins prononcée et la largeur d'écoulement peut y être réduite.

**En aval** de la route communale de Barentin aux Campeaux, le relief est plus prononcé et les deux talwegs se rejoignent, cette zone est classée en **aléa fort**. Ceci **n'est pas remis en question**, même si, là encore, la largeur est certainement surestimée puisque l'ensemble des ruissellements est drainé par le chemin rural qui rejoint la vallée.

Le **dernier axe** du secteur se situe au niveau de la voie communale n°8. La parcelle concernée est en pente constante mais sans réel talweg, il est donc difficile de définir un axe précis, les écoulements s'y font plus probablement de manière diffuse. En revanche **la route communale est encaissée et peut concentrer les écoulements en aval de la limite communale**.



## 7.11 SECTEUR 11 « LA CARBONNIERE »

Les **deux axes** identifiés sur ce secteur sont **difficilement repérables sur site**. Le **premier** (parallèle à la N15) est identifié comme étant un aléa potentiel faible. Sur le terrain il s'agit en réalité d'une prairie, certes pentue, mais sans axe majeur d'écoulement (photo ci-dessous). En cas de forte précipitation les ruissellements y seront diffus et se concentreront plus en aval. Cet axe **ne nous semble donc pas justifié**.



Le **second axe** est cette fois classé en aléa fort, cependant il est totalement invisible sur le terrain et nos mesures GPS ne révèlent pas non plus la présence marquée d'un talweg. Il s'agit **plutôt d'un versant à la pente régulière**. (vue panoramique ci-dessous)



L'axe principal du secteur, au niveau de la zone d'activités se situe en dehors des limites communales. Les nombreuses constructions et voiries du secteur ont été accompagnés par l'aménagement de dispositifs de gestion des eaux pluviales (noues, bassins...). Cette zone, encore située sur le plateau a ainsi été profondément remaniée d'un point de vue topographique et aucun axe de thalweg n'a été repéré lors des visites approfondies de terrain. La concentration des écoulements se fait éventuellement plus en aval mais **ne concerne pas le territoire communal de Barentin.**



Aménagements de la zone commerciale de la Carbonnière



Axe d'écoulement en aval de Barentin

## 7.12 ESTIMATION JUSTIFIEE DES LARGEURS D'ECOULEMENT

Dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI (décembre 2002), des principes généraux pour « la détermination de l'aléa ruissellement » avaient été édictés et validés à l'aide d'une méthode systématique et générale (imposée par l'échelle du PPRI).

**Le détail du zonage sur la ville de Barentin impose une approche plus affinée en termes de largeurs d'écoulement susceptibles d'être inondées, au cas par cas, à partir de calculs de débits et de la topographie réelle des talwegs secs.**

La fiche suivante présente la méthodologie employée pour l'estimation des largeurs d'écoulements, qui se base sur la description précise de la topographie et le calcul des débits induits par le bassin versant réel (et son occupation du sol).

Le détail de la campagne topographique inhérente à l'estimation de la largeur d'écoulement et aux calculs des débits de pointe est donné en Annexes.

**Annexe n° 6** : Détail de la campagne topographique de caractérisation des talwegs

**Annexe n° 7** : Calcul des volumes générés par ruissellement – Présentation du module Winhyd

### Représentation cartographique des axes de ruissellement

La délimitation des secteurs soumis à l'aléa ruissellement est basée sur la connaissance des phénomènes observés, sur l'observation de la configuration physique et topographique, en prenant en compte les axes de ruissellements préalablement définis dans les documents de travail du PPRI en cours d'élaboration (cartographie des axes d'écoulements, associés à des aléas « fort » et « potentiel faible »).

Deux types de secteurs ont été définis :

- Soumis à un aléa inondation fort : axe de ruissellement dont les écoulements sont concentrés sur un talweg identifié et marqué.
- Soumis à un aléa inondation faible : ruissellements diffus, dont l'épaisseur et les vitesses d'écoulements sont faibles.

Une largeur d'écoulement a été calculée et a fait l'objet d'une représentation cartographique.

#### NOTA BENE :

Si, dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI, les zones de ruissellement concentré (secteurs d'aléas forts en rouge), ont été positionnées, leur largeur a été ajustée et précisée (au niveau de la carte de zonage), compte tenu des données complémentaires collectées (données topographiques) et visites réitérées sur site.

Cet ajustement des largeurs de ruissellement concentré concerne essentiellement :

- La rue Boeildieu ;
- Les coteaux de Catillon
- Le secteur de la Carbonnière.

### FICHE METHODOLOGIQUE POUR LE CALCUL DE LA LARGEUR D'ÉCOULEMENT

**I- Investigations de terrain**

**Réalisation de levés topographiques sur site (largeur et profondeur du thalweg)**

**II- Calcul des débits de pointes, hauteurs d'eau et largeurs d'écoulement**

2- La formule de Mannig-Strickler s'applique:

$V = K * 1/2 * Rh^{2/3}$

**Le complexe symétrique**

Les données topographiques levées sont entrées dans le programme ainsi que la pente moyenne de la section et le coefficient de rugosité

Pente i =	0.0053	m/m
Strickler K =	29	
Hauteur H <sub>1</sub> =	0.1	m
Hauteur H <sub>2</sub> =	0.2	m
Hauteur H <sub>3</sub> =	0.3	m
Hauteur H <sub>4</sub> =	0.6	m
Hauteur H <sub>5</sub> =	0.61	m
Hauteur H <sub>6</sub> =	1.1	m
Hauteur H <sub>7</sub> =	1.1	m
Pas de hauteur	0.02	m

Largeur L <sub>1</sub>	9	m
Largeur L <sub>2</sub>	10	m
Largeur L <sub>3</sub>	15	m
Largeur L <sub>4</sub>	22	m
Largeur L <sub>5</sub>	22.9	m
Largeur L <sub>6</sub>	23	m
Largeur L <sub>7</sub>	23	m

Périmètre mouillé P <sub>1</sub>	10.002	Surface mouillée S <sub>1</sub>	0.5
Périmètre mouillé P <sub>2</sub>	15.006	Surface mouillée S <sub>2</sub>	1.75
Périmètre mouillé P <sub>3</sub>	22.009	Surface mouillée S <sub>3</sub>	3.6
Périmètre mouillé P <sub>4</sub>	23.091	Surface mouillée S <sub>4</sub>	10.335
Périmètre mouillé P <sub>5</sub>	23.193	Surface mouillée S <sub>5</sub>	10.5645
Périmètre mouillé P <sub>6</sub>	24.173	Surface mouillée S <sub>6</sub>	21.8345
Périmètre mouillé P <sub>7</sub>	24.173	Surface mouillée S <sub>7</sub>	21.8345

Profil de la section complexe

Relation entre le débit et la hauteur d'eau dans une section complexe

La formule appliquée est choisie en fonction de la forme du thalweg afin de correspondre au mieux avec la réalité. (section trapézoïdale, en U ou symétrique complexe)

Hauteurs d'eau (m)	Quelle section	Périmètre mouillé (m)	Surface mouillée (m <sup>2</sup> )	Rayon hydraulique (m)	Vitesse en m/s	Débit en m <sup>3</sup> /s
0.1	S1	10.0019998	0.5	0.049999999	0.198	0.099
0.12	S2	11.00279948	0.83	0.057259155	0.216	0.136
0.14	S2	12.00359916	0.82	0.06512644	0.243	0.200
0.16	S2	13.00439884	1.07	0.08279851	0.275	0.295
0.18	S2	14.00519852	1.38	0.09853484	0.311	0.429
0.2	S2	15.0059982	1.75	0.116620033	0.348	0.608
0.22	S3	16.00679788	1.844	0.116689121	0.361	0.693
0.24	S4	17.00759754	1.833	0.116758209	0.361	0.778

3- Pour chaque pas de hauteur dont l'amplitude est paramétrable un débit maximal est calculé

**4- Le débit de pointe obtenu par calcul dans WINSTORM est comparé à celui de WINHYD ce qui permet d'obtenir une hauteur d'eau et par conséquent une largeur d'écoulement**

**Largeur d'écoulement**

**Résultat des largeurs d'écoulement calculées :**

N° Bassin	Surface en ha	Cr	Pente m/m	Tc min	Débit m3/s	Profil	Largeur écoulement	Hauteur d'eau	Vitesse écoulement
sth1.2	24.08	0.13	0.02	26.33	0.37	P7	2m	14cm	1.8m/s
sth2.1	12.2	0.15	0.05	22.37	0.24	P9	5m	6cm	0.5m/s
sth2.2	20.6	0.17	0.05	30.01	0.40	P8	20m	10cm	0.65m/s
sth3.1	16.68	0.12	0.08	14.51	0.31	P32	20m	5cm	0.65m/s
sth3.2	24.17	0.13	0.08	21.45	0.41	P33	5m	12cm	1m/s
cat1.1	15.04	0.12	0.02	20.35	0.25	P4	20m	5cm	0.2m/s
cat1.2	16.53	0.15	0.03	17.32	0.36	P35	écoulement diffus		
cat1.3	34.66	0.14	0.02	24.39	0.60	P4	20m	7cm	0.2m/s
cat2.1	4.15	0.15	0.05	4.73	0.12	P36	10m	4cm	0.4m/s
cat2.2	10.6	0.21	0.05	10.03	0.38	P5	5m	9cm	1.1m/s
ger1.2	10.14	0.15	0.03	14.07	0.24		écoulement diffus		
ger1.3	11.44	0.16	0.03	17.40	0.27		écoulement diffus		
mes1.1	19.87	0.15	0.05	20.04	0.41	P1	15m	9cm	0.7m/s
mes2.1	14.6	0.20	0.13	5.79	0.55	P38	10m	8cm	0.9m/s
mat1.2	14.16	0.09	0.02	21.22	0.18	P37	10m	9cm	0.3m/s
tre1.1	5.18	0.17	0.06	3.28	0.18	P10	11m	9cm	0.2m/s
lam1.1	15.6	0.25	0.04	16.52	0.57	P17	15m (voirie)		
lam2.1	7	0.22	0.06	10.99	0.26	P31	15m	12cm	0.27m/s
cam1.1	7.6	0.25	0.03	10.51	0.32		écoulement diffus		
cam1.2	12.5	0.15	0.06	17.05	0.14	P30	15m	5cm	0.3m/s
cam2.1	33.3	0.12	0.07	18.51	0.19	P29	15m	6cm	0.3m/s
boe1.1	7.2	0.15	0.03	9.17	0.19	P13	10m (voirie)		
boe1.2	10.3	0.15	0.03	9.17	0.27		écoulement diffus		
boe1.3	41.2	0.15	0.03	33.02	0.66	P19	20m		
boe2.1	14.7	0.20	0.04	13.71	0.46	P20	15m		
boe3.2	10.7	0.12	0.03	17.37	0.19	P21	15m (voirie)		
boe4.1	92.8	0.17	0.04	39.78	1.49	P25	20m (voirie)		
boe5.1	20.5	0.13	0.05	22.82	0.34		écoulement diffus		
boe6.1	134.2	0.17	0.04	47.14	1.93	P26	20m (voirie)		

**Remarque 1 :**

Le tracé, sur la carte suivante, des lignes d'écoulements préférentielles, veut rendre compte de la continuité hydraulique et de l'enchaînement des sous bassins versant entre eux dans le cadre du calcul des débits de pointe.

Ces lignes d'écoulement ne préjugent pas d'un risque avéré mais simplement d'un point probable de concentration minimum des écoulements, sans conséquences forcement pour l'aval. Ceci reste vrai lorsque par ailleurs, et sans contradiction, ces écoulements ont été définis comme des écoulements diffus (point de calcul et ligne d'écoulement associée cat1.2, mes1.1,...

Remarque 2 :

La topographie du talweg, qui représente la confluence des lignes d'écoulements nommées cat1.2 et cat1.3, n'a pas pu être décrite finement par le biais de topographies complémentaires (talweg dans le sous-bois qui ne permet pas l'acquisition de données topographiques GPS). Rappelons que ce talweg avait été défini comme un axe préférentiel d'écoulement dans le cadre de l'étude préalable à l'élaboration du PPRI. Toutefois, la largeur de cet axe a été réajustée sur la base de visites in situ, à une largeur de l'ordre de 30 m.

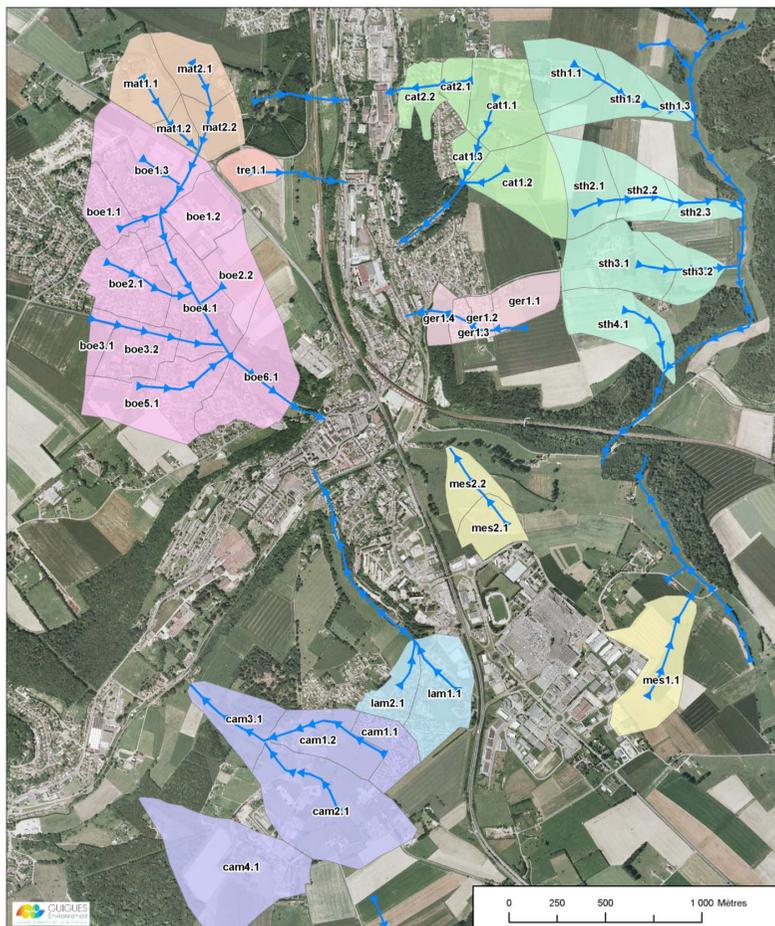


Figure 2 : Positionnement des points de calculs de débits et de calculs de largeurs d'écoulements associées à ces débits

## 8. CARACTERISATION DES ZONES SOUMISES AUX ALEAS ET RISQUES D'INONDATION – PRESCRIPTIONS URBANISTIQUES

### 8.1 LA NOTION DES RISQUES D'INONDATION

#### 8.1.1 Un aménagement cohérent pour un risque mesuré

La notion de risque d'inondation est le **résultat du croisement entre la vulnérabilité des sites et l'aléa des phénomènes**. Le risque se définit d'une part selon la nature des enjeux et leur niveau de protection requis, et d'autre part selon les caractéristiques des phénomènes (fréquence, hauteur d'eau et vitesse).

Les étapes précédentes ont eu pour objectif de décrire le plus exhaustivement et, de façon la plus détaillée possible, les aléas inondations, sur le territoire communal de Barentin.

*Nota Bene : Bien qu'un aménagement cohérent du bassin versant permette d'envisager de repousser l'apparition des débordements, le risque d'inondation existera toujours, d'une part pour un événement climatique plus important que celui pour lequel l'aménagement a été dimensionné, ou d'autre part en cas de détérioration des conditions d'écoulement ou de dysfonctionnement des ouvrages de régulation.*

La gestion raisonnée des contraintes, induites par les débits et volumes pluviaux, (par le biais de prescriptions urbanistiques et constructives intégrées dans le document d'urbanisme) permettent de ne pas envisager de mesures d'in-constructibilité étendue, au regard du risque d'inondation.

### 8.1.2 Ne pas hypothéquer les possibilités d'expansion

L'engagement des collectivités dans l'aménagement des bassins versants a une double vocation : compenser l'imperméabilisation des zones urbaines, et protéger les habitations, activités économiques et équipements implantés dans les zones d'expansion des cours d'eau par la régulation des apports ruraux. Ces bâtiments et infrastructures implantés dans ces zones, sont non seulement exposés au risque d'inondation, mais consomment également de l'espace du champ d'expansion : ils contribuent à augmenter les débits vers l'aval et à aggraver des situations à risque. **Aussi petit soit le risque d'inondation résiduel, l'occupation du champ d'expansion constitue un facteur aggravant pour les secteurs situés en amont (élévation de la ligne d'eau) et à l'aval (augmentation des débits).**

Toutefois, l'aménagement cohérent du bassin versant (et notamment sur le territoire communal de Barentin) est construit en tenant compte d'une occupation des zones d'expansion : **nous proposons que l'état de référence de l'occupation des zones d'expansion soit la situation actuelle, et non l'état naturel (aucun bâti). Il s'agit donc de rechercher les dispositions pour que l'occupation des champs d'expansion ne soit pas augmentée ou qu'elle soit compensée en cas de dépassement.**

#### L'ensemble des zones de vulnérabilité sont concernées par cet objectif.

Trois types de zones sont identifiés :

- les zones à faibles densités de bâti, généralement les zones naturelles ;
- les secteurs urbains denses ;
- les zones urbaines destinées à être remaniées ;

#### Les zones à faible densité de bâti :

La conservation des zones d'expansion appelle à une limitation drastique des constructions pour ces secteurs, et à la mise en œuvre de **mesures compensatoires** pour les projets éventuels.

#### Les secteurs urbains denses

Dans les secteurs qui présentent aujourd'hui une densité de bâti élevée, il n'est pas possible d'envisager des mesures compensatoires à une nouvelle occupation du champ d'expansion. Ainsi seules **des dispositions constructives** peuvent éventuellement être prescrites afin de réduire l'impact des nouvelles occupations du champ d'expansion.

#### Les zones urbaines destinées à être remaniées

Le réaménagement des secteurs classés UF (quartier de l'usine Gaillard, les établissements DEREN et les établissements Badin) constitue une opportunité pour que l'occupation des zones d'expansion puisse être pensée globalement. Ainsi des dispositions urbanistiques peuvent être réfléchies afin d'éviter la mise en œuvre de mesures compensatoires.

Ainsi, il est proposé d'étudier les dispositions constructives et urbanistiques des secteurs exposés à l'aléa, soit :

#### En ce qui concerne l'aléa inondation lors des crues de l'Austreberthe ou de ces affluents

- le vallon de St Hélier (secteur 1) ;
- les secteurs du vallon de St Hélier à l'aval de la rue du même nom (1) ;
- les secteurs compris entre les établissements Gaillard et les Etablissements Deren (8) ;
- les secteurs situés à l'aval des établissements Deren (10) ;
- les secteurs situés à l'amont des établissements Badin (11).
- le quartier des usines Gaillard (7) ;
- les établissements Deren (9) ;
- le quartier des usines Badin (12).

#### En ce qui concerne l'aléa inondation lors des ruissellements sur les coteaux

- les coteaux : Géricault et Catillon (secteur 2) ;
- le petit Catillon (Ruissellement secteurs 4 et 5) ;
- le grand Catillon (Ruissellement secteur 7) ;
- mont Gericault (Ruissellement secteur 6) ;
- le Mesnil Roux (Ruissellement secteur 8) ;
- la résidence Lamark (Ruissellement secteur 9) ;
- le vallon du Bois d'Epinay (secteur 4) ;
- les Campeaux (Ruissellement Secteur 10) ;
- Le Matre (Ruissellement secteur 1) ;
- la résidence Boieldieu (Ruissellement Secteur 2) ;
- Av. de Boieldieu (secteur 6) ;
- La Tréaumont (Ruissellement secteur 3)

Cette orientation permet de travailler également à l'absence d'augmentation de la vulnérabilité des sites face aux risques résiduels.

## 8.2 BILAN DES CONTRAINTES POUR L'ELABORATION DU DOCUMENT D'URBANISME

L'analyse de la vulnérabilité des sites a porté sur les zones incluses dans le périmètre des plus hautes eaux connues. Ce périmètre définit la zone du « porté à connaissance » du risque d'inondation.

**La prise en compte des risques et la nécessaire préservation des zones d'expansion impliquent, dans ces zones spécifiquement :**

- **la définition de mesures compensatoires lors de constructions éventuelles;**
- **des dispositions constructives ;**
- **des dispositions urbanistiques.**

Chacune des zones sensibles recensées (zones inondables par les crues de l'Austreberthe et/ou par ruissellement superficiel), urbanisée et potentiellement urbanisable, va être replacée dans son contexte hydrologique.

Au cas par cas, ont été étudiées les différentes contraintes qui pèsent sur ces zones, à partir notamment des résultats des différentes simulations hydrauliques et de la topographie complémentaires, à savoir :

- Leur positionnement dans une **cuvette topographique**, en **fond de vallée**, ou bien dans un **axe de ruissellement majeur** ;
- Leur **positionnement à l'amont d'une zone définie comme sensible** aux inondations en situation actuelle ;
- Leur **positionnement en amont de zones pour lesquelles les exutoires ou la capacité de tamponnement s'avèrent limités** et ne pouvant accepter des débits de ruissellement supplémentaire en situation future ;
- Leur **positionnement au sein de l'enveloppe définie par les Plus Hautes Eaux connues, en fond de vallée, par les crues de l'Austreberthe et dans les zones inondées mises en évidence par les simulations face à une pluie T= 100 ans.**

Ces contraintes hydrologiques seront à la base de la définition de « groupes » pour lesquels seront définies, en terme urbanistique, des prescriptions constructives particulières.

## 8.3 ALLIER REDUCTION DE LA VULNERABILITE ET DEVELOPPEMENT

Les dispositions à étudier (mesures compensatoires, dispositions constructives et urbanistiques) doivent répondre aux objectifs de protection et de réduction de la vulnérabilité, **sans compromettre les possibilités de développement.**

La définition de ces dispositions ne peut être alors menée que sur la base du tri réalisé précédemment, en examinant leur efficacité, leurs contraintes de mise en œuvre ainsi que leurs impacts. La nature de l'occupation des sols et les contraintes en jeu, justifient **une modulation des dispositions.**

### 8.3.1 Définition des dispositions

#### 1. les zones naturelles peu ou pas urbanisées

Les possibilités d'expansion dans ces zones sont significatives : il convient de les protéger impérativement. De plus, il convient de ne pas augmenter la vulnérabilité face aux risques résiduels de dysfonctionnement des ouvrages.

**En conséquence, le règlement de construction sur ces zones sera très restrictif. Les éventuelles autorisations de construction seront limitées et les mesures compensatoires seront obligatoires si le projet autorisé s'avérait significatif.**

#### 2. les zones densément urbanisées où les risques de détérioration des conditions d'écoulement et de dysfonctionnement d'ouvrage sont très faibles ;

Ces zones, très largement occupées par le tissu urbain, ont vu se réduire drastiquement les possibilités d'expansion.

Des prescriptions qui viseraient à limiter ou à interdire les nouvelles occupations du sol, présentent l'inconvénient d'agir sur une fraction très réduite de la zone d'expansion originelle. **L'efficacité de telles mesures est donc jugée minime pour ses zones.**

Par ailleurs, **les très faibles risques liés à des détériorations des conditions d'écoulement permettent d'envisager la mise en œuvre de prescriptions simples de non-aggravation de la vulnérabilité.**

### 3. les zones densément urbanisées ou urbanisable, où il existe un risque de détérioration des conditions d'écoulement et de dysfonctionnement d'ouvrage ;

Ces zones comme les précédentes sont déjà largement occupées : la préservation des possibilités d'expansion ne constitue pas ici un intérêt majeur. Toutefois, **la présence d'un risque résiduel non négligeable** de détérioration des conditions d'écoulement et de dysfonctionnement d'ouvrage impose l'application d'un principe de précaution qui **doit se traduire par l'absence d'augmentation de la vulnérabilité**.

**Les dispositions proposées porteront sur la destination des constructions et sur les règles de construction.**

### 4. les zones urbaines vouées à être remaniées.

Contrairement aux autres zones urbaines (groupes 2 et 3<sup>11</sup>), où les perspectives de nouvelles constructions sont relativement faibles, ces zones présentent un gisement de surface bien supérieur, qui peut hypothéquer les possibilités d'expansion de la rivière. **Par conséquent, les nouvelles constructions dans ces zones devront être autorisées dans la limite où le volume occupé dans la zone d'expansion n'est pas augmenté** (la référence est la situation actuelle), et en veillant à une mise en eau correcte des zones dédiées à l'expansion. **Cette règle devra être traduite par des prescriptions urbanistiques ou par un schéma d'aménagement.**

### 5. les zones densément urbanisées ou urbanisables, situées sur un axe d'écoulement majeur des eaux de ruissellement ;

**Il s'agit d'interdire d'augmenter la vulnérabilité sur des zones limitées identifiées comme de véritables axes de concentration des eaux de ruissellement pluviaux.**

La surface non constructible de ces zones vulnérables a été justifiée et limitée par le calcul de largeur de ruissellement sur la base de débits de ruissellement centennaux et une topographie précise du talweg.

### 6. les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement diffus des eaux de ruissellement et/ou au niveau d'un point d'accumulation des eaux ;

Il s'agit d'identifier les zones ayant déjà subi des désordres liées à l'accumulation de volumes et/ou débits pluviaux de ruissellement. Aucun axe majeur ou de concentration important des débits n'a été constaté sur le terrain : il s'agit d'écoulement pluviaux dit « en nappe » et diffus. Les prescriptions restent très légères en termes de contraintes urbanistiques. L'information reste toutefois reportée dans un souci de **mémoire des désordres subits**.

<sup>11</sup> Hors zone urbanisable de Catillon

## 8.4 DEFINITION DE ZONES ET PRESCRIPTIONS ASSOCIEES

Ont été définis **4 groupes différenciés** :

- Groupe 1 : les zones naturelles peu ou pas urbanisées ;
- Groupe 2 : les zones densément urbanisées où les risques de détérioration des conditions d'écoulement sont faibles (face aux crues de l'Austreberthe) ;
- Groupe 3 : les zones densément urbanisées ou urbanisables, où il existe un risque de détérioration des conditions d'écoulement (face aux crues de l'Austreberthe) ;
- Groupe 4 : les zones urbaines vouées à être remaniées.

A ces 4 groupes, sont rajoutés **deux groupes supplémentaires** qui délimitent les **zones inondées par ruissellement** (recensés dans l'étude préalable à l'élaboration du PPR1, ajustées dans le cadre de cette étude) soit :

- Groupe 5 : les zones densément urbanisées ou urbanisables, situées sur un axe d'écoulement majeur des eaux de ruissellement.  
Pour ces zones, une largeur d'écoulement a été calculée.
- Groupe 6 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement diffus des eaux de ruissellement.  
Pour ces zones, une largeur d'écoulement a été calculée.

**Carte n° 6** : Caractérisation des zones soumises aux aléas et risques d'inondation – prescriptions urbanistiques

Désignation	Secteurs		
<b>Groupe 1 :</b> Zone naturelle (N, Na ou Nb), peu ou pas urbanisée	1	Vallon de St Hélier	En amont de la rue St Hélier A l'aval, entre la N15 et la voie ferrée Ancienne voie ferrée
	2	Les coteaux	Talweg de Catillon
	4	Le vallon du bois d'Epina	Amont du talweg Ancienne voie ferrée
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 1	Le Matre	
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 4	Le petit Catillon (partie ouest)	Dans sa partie naturelle – agricole Axe rouge ruissellement doc de travail PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 5	Le petit Catillon (partie est)	Dans sa partie naturelle - agricole Axe rouge ruissellement doc de travail PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 6	Le mont Géricault	Dans sa partie naturelle - agricole
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 7	Le grand Catillon	Dans sa partie naturelle – agricole Axes rouges ruissellement doc de travail PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 8	Le Mesnil Roux	Dans sa partie naturelle - agricole Axe rouge ruissellement doc de travail PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 10	Les Campeaux	Dans sa partie naturelle - agricole Axe rouge ruissellement doc de travail PPRI
<b>Groupe 2 :</b> Zone densément urbanisée (UAa, UAb, UC et UF)	3	Le flanc ouest de la vallée	
	5	Le quartier de Normandie	
	8	De l'usine Gaillard aux Ets. Deren	
	10	A l'aval des Ets Deren	
	11	En amont des usines Badin	
<b>Groupe 3 :</b> Zone densément urbanisé ou urbanisable (UAa, UAb, UC, UD, UG, UYa et 1UA1)	1	Vallon de St Hélier	A l'aval secteur des écoles
	4	Le vallon du bois d'Epina	Quartier de la rue Bourvil
<b>Groupe 4 :</b> Zone urbaine vouée à être remaniée (UF)	7	Quartier de l'usine Gaillard	
	9	Les Ets. Deren	
	12	Quartier des Ets. Badin	

Désignation	Secteurs		
<b>Groupe 5 :</b> Zone densément urbanisée ou urbanisable, sur un axe de ruissellement majeur	6	Av. de Boieldieu – Courvaudan - Kenndy	Partie aval
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 2	Résidence Boieldieu	Zone urbanisée sur axe de ruissellement majeur + Axe rouge ruissellement doc de travail PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 4	Le petit Catillon (partie ouest)	Dans sa partie urbanisée / urbanisable Axe rouge ruissellement PPRI
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 9	Résidence Lamark	Rue du 11 Novembre / rue de la Paix Dans sa partie urbanisée / urbanisable
	Ruis <sup>T</sup> Secteur 3	La Tréaumont	Aire des gens du voyage 1 <sup>er</sup> axe identifié (P10)
	<b>Groupe 6 :</b> Zone densément urbanisée ou urbanisable, sur un axe de ruissellement diffus	6	Av. de Boieldieu – Courvaudan - Kenndy
2		Les coteaux	Talweg amont de Géricault Talweg de Catillon Aval de la zone de collecte
Ruis <sup>T</sup> Secteur 6		Le mont Géricault	Dans sa partie urbanisée ou urbanisable
Ruis <sup>T</sup> Secteur 10		Les Campeaux	Dans sa partie urbanisée ou urbanisable

#### 8.4.1 Groupe 1 : les zones naturelles (Na ou Nb), peu ou pas urbanisées

Le règlement pour les zones Na et Nb précise que :

- « les zones Na visent à protéger les sites naturels. Aucune construction nouvelle n'est admise à l'exception des équipements publics ainsi que les ouvrages et installations liées à la lutte contre les risques ou nécessaire au fonctionnement des services publics » ;
- « les zones Nb ont pour objet la conservation du caractère naturel ou agricole des espaces tout en permettant une extension modérée des constructions existantes ».

Les dispositions urbanistiques, des secteurs appartenant au groupe 1, sont présentées ci-dessous :

- **Sont INTERDITS :**
  - les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
  - les constructions nouvelles ;
  - la création et l'extension des sous sols, la réalisation de planchers sous le niveau du terrain naturel ;
  - les créations de campings et parcs résidentiels de loisirs ;
  - le stationnement des caravanes et l'implantation d'habitation légère de loisir ;
  - les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction.

et toute création qui n'est pas admise ci-après :

- **Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :**
  - les travaux d'entretien et de gestion courants (traitement de façades, réfection de toitures, peinture, ...) ;
  - les aménagements ou adaptations visant à améliorer la sécurité des biens et des personnes ;
  - l'extension des bâtiments d'habitation existants dans la limite de 20 m<sup>2</sup> d'emprise au sol (une seule fois) ;
  - l'extension des bâtiments d'activités, industries ou agricoles, jusqu'au 20 % de l'emprise au sol (une seule fois) ;
  - les équipements d'intérêt général et annexes d'équipements existants, lorsque leur implantation est irréalisable hors du champ d'inondation, sous condition de mesures compensatoires : volumes et surfaces occupées à l'identique ;

#### 8.4.2 Groupe 2 : les zones densément urbanisées, exposées au risque d'inondation, où les risques de détérioration des conditions d'écoulement sont faibles

Les zones appartenant au groupe 2 sont dotées des règles suivantes :

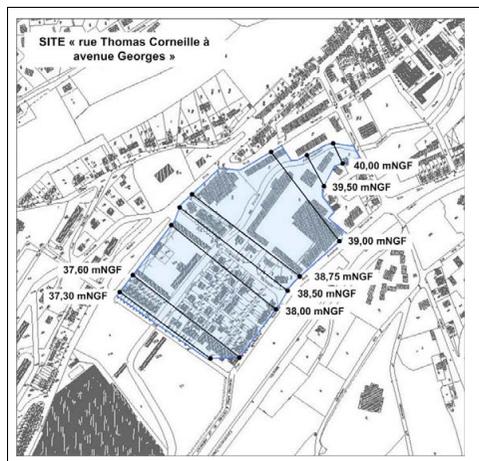
- **Sont INTERDITS :**
  - les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
  - la création et l'extension des sous sols ;
  - les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction.
- **Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :**
  - les créations de constructions nouvelles à usage d'habitation, d'activités et d'équipements publics, sous réserve que la surface de planchers soit calée **au minimum à la cote de PHE + 30 cm**<sup>12</sup>,
  - l'extension modérée<sup>13</sup> des bâtiments d'habitation, d'équipements publics, d'activités, industries ou agricoles, existants, sans surélévation de plancher de la partie étendue ;
  - les infrastructures et installations permettant le fonctionnement des services publics.

L'instauration d'une bande de recul vis-à-vis des berges de l'Austreberthe, à appliquer sur les zones du groupe 2 et classées UC, ne vise que le maintien d'une accessibilité éventuelle le long des berges.

<sup>12</sup> En l'absence de données topographiques, **les Plus Hautes Eaux seront définies comme étant le niveau du terrain naturel** (la surface de planchers doit alors être calée au minimum à + 30 cm au dessus du terrain naturel défini avant la réalisation de travaux).

<sup>13</sup> soit une augmentation totale inférieure à 30% de la surface imperméabilisée initiale.

La cote des Plus Hautes Eaux (PHE) est définie à partir des cartes d'aléa et des informations topographiques. Les données sont suffisamment précises pour le site suivant :



#### 8.4.3 Groupe 3 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, exposées au risque d'inondation, où il existe un risque de détérioration des conditions d'écoulement ;

Les zones appartenant au groupe 3 sont dotées des règles suivantes :

- **Sont INTERDITS :**

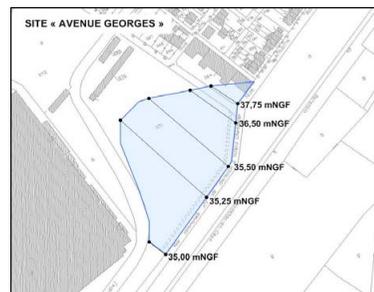
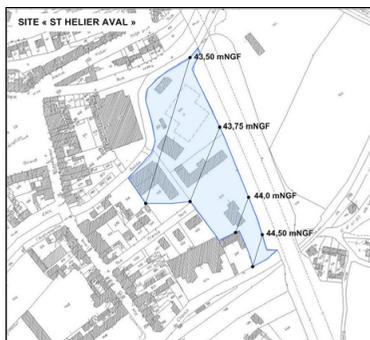
- les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
- la création d'équipements publics à caractère vulnérable (établissement recevant un public particulièrement vulnérable : crèches, écoles, maisons de retraite, cliniques, ...);
- la création d'installations classées ;
- la création et l'extension des sous sols ;
- les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction.

- **Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :**

- les créations de constructions nouvelles à usage d'habitation, d'activités et d'équipements publics, sous réserve que la surface de planchers soit calée **au minimum à la cote de PHE + 30 cm**,
- l'extension modérée<sup>14</sup> des bâtiments d'habitation, d'équipements publics, d'activités, industries ou agricoles, existants, sans surélévation de plancher de la partie étendue ;
- les infrastructures et installations permettant le fonctionnement des services publics.
- les changements de destination du bâti existant, dont le plancher est à un niveau inférieur à PHE+30, s'ils ne concourent pas à augmenter le nombre de personnes exposées au risque.

<sup>14</sup> soit une augmentation totale inférieure à 30% de la surface imperméabilisée initiale.

La cote des Plus Hautes Eaux (PHE) est définie à partir des cartes d'aléa et des informations topographiques. Les données sont suffisamment précises pour les sites suivants :



Pour certains versants, cette information n'est pas disponible.

En l'absence de données topographiques, **les Plus Hautes Eaux seront définies comme étant le niveau du terrain naturel** (la surface de planchers doit alors être calée au minimum à + 30 cm au dessus du terrain naturel défini avant la réalisation de travaux).

#### 8.4.4 Groupe 4 : les zones urbaines exposées au risque d'inondation, vouées à être remaniées

L'objectif des prescriptions pour **les zones inondables situées en secteur UF est de maintenir le volume occupé dans la zone d'expansion de crue de l'Austreberthe, voire de le diminuer.**

Les dispositions qui peuvent contribuer à garantir cet objectif, sont les suivantes :

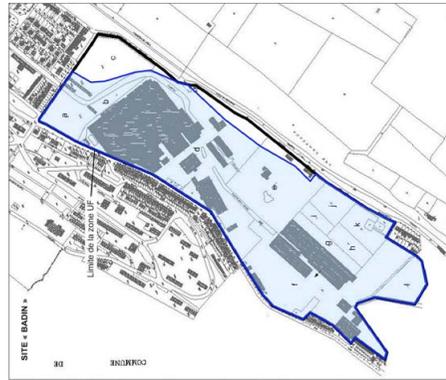
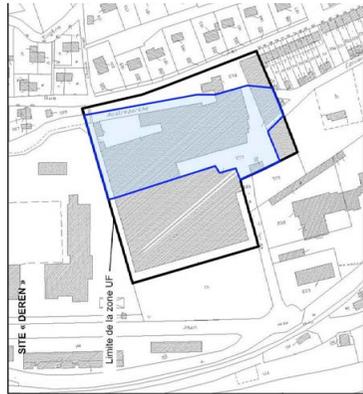
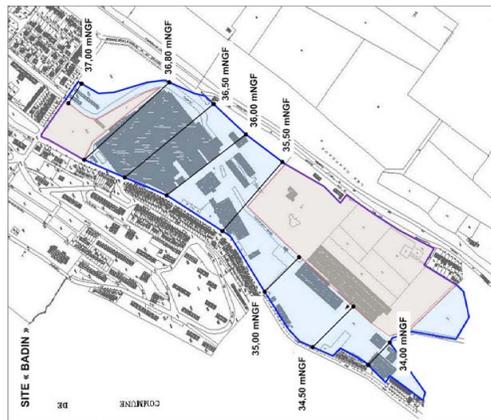
- la limitation de l'emprise au sol des nouvelles constructions ;
- l'instauration de distance de recul vis-à-vis des berges de l'Austreberthe (12 m).

Il s'agit dans un premier temps de confronter les surfaces bâties existantes dans les zones inondables, avec les superficies projetées maximales. **Il est impératif que ce critère soit respecté après réaménagement intégral de la zone, mais aussi au cours du réaménagement autant que possible.**

L'emprise au sol pour les constructions et installations d'intérêt général est également limitée, comme pour les autres constructions.

La compatibilité du projet de règlement d'urbanisme avec l'objectif de maintien de la surface occupée dans les zones inondables du groupe 4 a été étudiée. L'étude détaillée est jointe en Annexes de ce présent rapport, pour les 3 zones destinées à être remaniées : sites Gaillard, Deren et Badin.

**Annexe n° 8** : Etude détaillée de maintien de la surface occupée dans les zones inondables du groupe 4.



De ce fait les prescriptions concernant ces zones sont les suivantes :

• **Sont INTERDITS :**

- les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
- la création et l'extension des sous sols ;
- les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction.

• **Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :**

- les créations de logements, d'activités ou de surface habitable, sous réserve que :
  - la surface de planchers soit calée au minimum à la cote de PHE + 30 cm ;
  - la limitation de l'emprise au sol des nouvelles constructions suive les prescriptions suivantes (étude en Annexes) :

<u>Site Gaillard</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>geler les possibilités de construction pour les parcelles a et b ;</b></li> <li>○ <b>instaurer une distance de recul de 12 m vis-à-vis de l'Austreberthe ;</b></li> <li>○ <b>effectuer un sous découpage de la parcelle d distinguant la partie comprise dans la zone inondable ;</b></li> <li>○ <b>limiter l'emprise au sol à 0,45 et d'appliquer cette règle à l'unité foncière comme à la sous zone.</b></li> </ul>
<u>Site Deren</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>porter la distance de recul à 20 m en rive droite de l'Austreberthe ;</b></li> <li>○ <b>limiter l'emprise au sol à 0,45.</b></li> </ul>
<u>Site Badin</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>geler les possibilités de construction des parcelles a, b, e, g, h, i, j, k et partiellement sur la parcelle f.</b></li> <li>○ <b>appliquer un coefficient d'emprise au sol de 0,40.</b></li> </ul>

*Pour information,*

- dans le cadre d'un schéma d'aménagement, le découpage en lots est possible à condition qu'il ne conduise pas à exclure du projet les surfaces comprises dans la bande de recul. En conséquence, l'autorisation devra s'assurer que la **division soit faite perpendiculairement à l'axe des écoulements.**
- lorsque l'Austreberthe est couverte, la distance de recul doit aussi s'appliquer. Une distance de recul figure graphiquement dans le document d'urbanisme.

*Remarque :* la conservation de la capacité des zones d'expansion telle que décrite ci-dessus n'est valable qu'à la suite de la destruction des constructions en place, situées à l'intérieure de la distance de recul de l'Austreberthe et en zone

***inondable : l'autorisation de construction doit être conditionnée à la démolition.***

Ensuite, **la conservation des capacités d'expansion passe par le maintien de la topographie des sites : le règlement d'urbanisme de ces zones devra imposer le maintien de la topographie existante, aux démolitions et aux constructions** (affouillement et exhaussement de sol limités strictement à la réalisation des constructions).

Par ailleurs, il est impératif que l'intégralité des zones non bâties situées en zone inondable puisse être mise en eau facilement : des secteurs ne doivent pas être isolés du reste de la zone d'expansion. La disposition du bâti est donc à réglementer : **les constructions ne pourront pas occuper majoritairement la largeur comprise entre la berge de l'Austreberthe et la limite de la zone inondable**. Il s'agit de ne pas créer de front bâti constitué de constructions accolées ou d'une seule, implantées perpendiculairement à l'axe de l'Austreberthe. Cet objectif se traduit par la limitation de la longueur des constructions perpendiculairement à l'axe de l'Austreberthe à 35 m et par une règle relative à l'implantation des constructions les unes par rapports aux autres.

- o les créations de voies d'accès, voiries, chemin, sous les réserves suivantes :
  - Les voies ne doivent pas constituer des obstacles au bon écoulement dans les zones d'expansion ; plusieurs dispositions doivent s'y rapporter.
  - la création de nouvelles voies est conditionnée à l'absence d'impact sur les écoulements dans la zone d'expansion ;
  - les voies parallèles à l'axe de l'Austreberthe, hors cheminements piétons ou cycles, sont interdites dans la bande de recul de l'Austreberthe ;
  - les voies assurant la traversée de la bande de recul ne doivent pas être disposées sur remblai.
- o l'extension des constructions existantes, sous réserve que le projet soit compensé par la démolition de la surface équivalente de bâti en zone inondable.

#### **8.4.5 Groupe 5 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement majeur des eaux de ruissellement ;**

La vulnérabilité pour les zones urbanisées ou urbanisables dans les talwegs se traduit par la **mise en œuvre d'une largeur d'écoulement inconstructible** (= zone de recul par rapport à l'axe d'écoulement).

De ce fait, au niveau des zones définies en groupe 5 :

- **Sont INTERDITS :**

- o les créations de constructions nouvelles à usages d'habitation, d'activités ou d'équipement public ;
- o les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
- o la création d'installations classées ;
- o la création et l'extension des sous sols ;
- o les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction ;
- o l'extension des constructions existantes sauf ouvrages de lutte contre les risques ;
- o les voies qui franchissent les axes de ruissellement ayant pour effet de faire un obstacle et/ou de rediriger l'écoulement, de façon anarchique ou vers un point bas ;

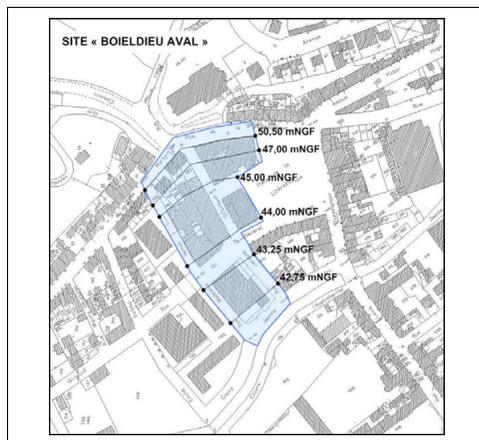
- **Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :**

- o les infrastructures et installations permettant le fonctionnement des services publics ;
- o les changements de destination du bâti existant s'ils ne concourent pas à augmenter le nombre de personnes exposées au risque.

Pour les secteurs Boieldieu ou Géricault, on notera que l'axe des écoulements est porté par les voiries.

La largeur de ruissellement veut traduire et représenter en hydrologie, la notion, en termes urbanistiques, de **distance de recul par rapport aux axes d'écoulement**.

La cote des Plus Hautes Eaux (PHE) est définie à partir des cartes d'aléa et des informations topographiques. Les données sont suffisamment précises pour le site suivant :



#### 8.4.6 Groupe 6 : les zones densément urbanisées ou urbanisable, situées sur un axe d'écoulement diffus des eaux de ruissellement et/ou au niveau d'un point d'accumulation des eaux ;

Il s'agit globalement de zones situées (définies dans le cadre de l'ébauche du PPRI et validées et ajustées dans le cadre de cette étude), situées sur les coteaux pentus, dont aucun talweg ne peut être défini précisément, mais génératrices de ruissellement diffus.

Les prescriptions suivantes ont pour objectif de protéger des zones sensibles avérées à la problématique inondation par ruissellement, ayant déjà subi des inondations.

##### • Sont INTERDITS :

- les reconstructions d'un bâtiment détruit tout ou partie par une crue ;
- la création d'équipements publics à caractère vulnérable (établissement recevant un public particulièrement vulnérable : crèches, écoles, maisons de retraite, cliniques, ...)
- la création d'installations classées ;
- la création et l'extension des sous sols ;
- les nouvelles clôtures pleines et leur reconstruction.

##### • Sont ADMIS SOUS CONDITIONS :

- les créations de constructions nouvelles à usage d'habitation, d'activités et d'équipements publics, sous réserve que la surface de planchers soit calée au minimum à la cote de PHE+ 30 cm<sup>15</sup>,
- l'extension limitée<sup>16</sup> des bâtiments d'habitation, d'équipements publics, d'activités, industries ou agricoles, existants, sans surélévation de plancher de la partie étendue,

<sup>15</sup> En l'absence de données topographiques, les Plus Hautes Eaux seront définies comme étant le niveau du terrain naturel (la surface de planchers doit alors être calée au minimum à + 30 cm au dessus du terrain naturel défini avant la réalisation de travaux).

<sup>16</sup> Extension limitée pour un coefficient d'imperméabilisation strictement inférieur à 40% en situation aménagée, sur l'unité foncière