

# **Etude hydraulique, hydrologique et hydrobiologique du secteur du Linoléum au Houleme et à Notre Dame de Bondeville**



**Phase 1 : diagnostic initial et orientations d'aménagements**

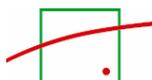
## **Rapport définitif**

Février 2006



## Sommaire :

<b>1. GÉNÉRALITÉS .....</b>	<b>5</b>
1.1. CONTEXTE .....	5
1.2. OBJET DE L'ÉTUDE.....	5
1.3. SECTEUR D'ÉTUDE.....	5
1.4. SYSTÈME DE NIVELLEMENT.....	6
<b>2. ETAPE 1 : DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE.....</b>	<b>7</b>
2.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE .....	7
2.1.1. <i>La vallée du Cailly</i> .....	7
2.1.2. <i>Le Cailly dans la zone d'étude</i> .....	7
2.1.3. <i>Les ouvrages hydrauliques</i> .....	10
2.2. ENQUÊTE RIVERAINS .....	18
2.3. DONNÉES HYDROLOGIQUES .....	19
2.3.1. <i>Ecoulements mensuels</i> .....	19
2.3.2. <i>Modules interannuels</i> .....	20
2.3.3. <i>Débits caractéristiques d'étiage</i> .....	20
2.3.4. <i>Débits caractéristiques de crues du Cailly</i> .....	21
2.4. MODÉLISATION HYDRAULIQUE .....	23
2.4.1. <i>Outil informatique</i> .....	23
2.4.2. <i>Hypothèses sur la validité du modèle hydraulique</i> .....	23
2.4.3. <i>Zone d'étude</i> .....	24
2.4.4. <i>Données utilisées</i> .....	24
2.4.5. <i>Description du modèle</i> .....	24
2.4.6. <i>Calage du modèle</i> .....	26
2.4.7. <i>Simulations dans l'état actuel</i> .....	28
<b>3. ETAPE 2 : CARACTÉRISATION DE LA ZONE NATURELLE DU LINOLÉUM.....</b>	<b>36</b>
3.1. DIAGNOSTIC HYDROBIOLOGIQUE .....	36
3.1.1. <i>Données sur les macro-invertébrés benthiques</i> .....	36
3.1.2. <i>Données sur les peuplements piscicoles</i> .....	46
3.2. DIAGNOSTIC FAUNE ET FLORE .....	49
3.2.1. <i>Espaces protégés</i> .....	49
3.2.2. <i>Inventaire floristique</i> .....	51
3.2.3. <i>Les peuplements forestiers et leur gestion</i> .....	66
3.2.4. <i>La faune forestière</i> .....	67
3.3. CONCLUSIONS.....	67
<b>4. ETAPE 3 : CALIBRAGE DE LA ZONE D'EXPANSION DES EAUX .....</b>	<b>69</b>
4.1. DESCRIPTION DES SCÉNARIIS ENVISAGÉS .....	69
4.1.1. <i>Scénario n°1</i> .....	69
4.1.2. <i>Scénario n°2</i> .....	69
4.1.3. <i>Scénario n°3</i> .....	69
4.2. MODÉLISATION DES SCÉNARIIS ENVISAGÉS.....	69
4.2.1. <i>Ouvrages de franchissement</i> .....	69
4.2.2. <i>Simulation du scénario n°1</i> .....	69
4.2.3. <i>Simulation du scénario n°2</i> .....	69
4.2.4. <i>Simulation du scénario n°3</i> .....	69
4.2.5. <i>Comparaison des scénariis</i> .....	69



## Table des illustrations :

### Tableaux

TABLEAU 1 : ÉCOULEMENTS MENSUELS DU CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE).....	19
TABLEAU 2 : ÉCOULEMENTS INTERANNUELS DU CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE) .....	20
TABLEAU 3 : DÉBITS CARACTÉRISTIQUES D'ÉTIAGE DU CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE) .....	20
TABLEAU 4 : MAXIMA CONNUS SUR LE CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE) .....	21
TABLEAU 5 : DÉBITS CARACTÉRISTIQUES DE CRUES DU CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE) .....	21
TABLEAU 6 : DÉBITS CLASSÉS POUR LE CAILLY (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE).....	22
TABLEAU 7 : CONDITIONS LIMITES .....	26
TABLEAU 8 : TABLE DES COEFFICIENTS DE MANNING THÉORIQUES.....	27
TABLEAU 9 : RÉSULTATS DU CALAGE.....	27
TABLEAU 10 : CARACTÉRISTIQUES DES CRUES DE PROJET .....	29
TABLEAU 11 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 1 .....	69
TABLEAU 12 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 1 (SUITE) .....	69
TABLEAU 13 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 2 .....	69
TABLEAU 14 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 2 (SUITE) .....	69
TABLEAU 15 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 3 .....	69
TABLEAU 16 : RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LE SCÉNARIO 3 (SUITE) .....	69
TABLEAU 17 : COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LES TROIS SCÉNARIIS ENVISAGÉS.....	69

### Figures :

FIGURE 1 : CARTE DE LOCALISATION DU SECTEUR D'ÉTUDE .....	6
FIGURE 2 : BIEFS DU CAILLY DANS LA ZONE D'ÉTUDE.....	9
FIGURE 3 : PLAN DU SITE ACTUEL.....	13
FIGURE 4 : PLAN ANTÉRIEUR À 1880 FAISANT APPARAÎTRE L'EMPLACEMENT DE LA FILATURE DE COTON (ACTUEL MUSÉE DE LA CORDERIE) ET D'UN MOULIN À BOIS .....	16
FIGURE 5 : LOCALISATION DE LA STATION HYDROMÉTRIQUE DE NOTRE-DAME-DE-BONDEVILLE (SOURCE DIREN HAUTE-NORMANDIE) .....	19
FIGURE 6 : ÉCOULEMENTS MENSUELS DU CAILLY .....	20
FIGURE 7 : AJUSTEMENT DES DÉBITS PAR LA LOI DE GUMBEL .....	23
FIGURE 8 : STRUCTURE DU MODÈLE ISIS .....	25
FIGURE 9 : COURBE DE TARAGE .....	28
FIGURE 10 : LOCALISATION DES ZONES DE DÉBORDEMENTS POUR LA CRUE DÉCENNALE.....	32
FIGURE 11 : LOCALISATION DES ZONES DE DÉBORDEMENTS POUR LA CRUE CINQUANTENNALE.....	33
FIGURE 12 : LOCALISATION DES ZONES DE DÉBORDEMENTS POUR LA CRUE CENTENNALE.....	34
FIGURE 13 : LOCALISATION DES ZONES DE DÉBORDEMENTS POUR LES CRUES DÉCENNALE, CINQUANTENNALE ET CENTENNALE .....	35
FIGURE 14 : RÉSULTATS IBGN 1991-2002.....	36
FIGURE 15 : VUE SUR LA STATION 1 .....	37
FIGURE 16 : REFUS DE TAMIS DE MAILLE 0,5 MM. ....	40
FIGURE 17 : LISTE DES TAXONS RÉCOLTÉS SUR LES 2 STATIONS DU LINOLÉUM.....	40
FIGURE 18 : FOURREAUX DE TRICHOPTÈRES (UN <i>LIMNEPHILIDAE</i> ET DEUX <i>SERICOSTOMATIDAE</i> ) © BIEF, 2005 .....	41
FIGURE 19 : TRÈS PETITS CHABOTS OBSERVÉS DANS LA CAILLY TRAVERSANT LE LINOLÉUM. ....	47



FIGURE 20 : LE QMNA5 DU CAILLY AU DROIT DU LINOLÉUM EST DE 1,6 M3/S..... 49

FIGURE 21 : LA ZNIEFF SE SITUE À L' OUEST DU LINOLÉUM. .... 50

FIGURE 22 : LE LIT MINEUR EST BIEN VÉGÉTALISÉ PAR LES CALLITRICHES NOTAMMENT. .... 52

FIGURE 23 : VÉGÉTATION RIVULAIRE TYPIQUE : PHALARIS ET CRESSON (À GAUCHE), SALICAIRES (À DROITE)..... 54

FIGURE 24 : NOMBREUX DÉCHETS DANS LE CAILLY, DERRIÈRE LA PISCINE..... 55

FIGURE 25 : VUE SUR LA ZONE A À GAUCHE, ET SUR LA ZONE B À DROITE. .... 57

FIGURE 26 : DÉCHETS EN ZONE B ..... 58

FIGURE 27 : RENOUÉE DU JAPON, OSIER FLEURI ET ORPIN BLANC DE LA ZONE E..... 61

FIGURE 28 : VUES SUR LA ZONE H..... 62

FIGURE 29 : DÉCHETS DANS LE PETIT BRAS DU CAILLY..... 63

FIGURE 30 : VUE SUR LA ZONE DE LA HÉRONNIÈRE ..... 63

FIGURE 31 : VUE SUR DES BÂTIMENTS DÉSFFECTÉS. .... 64

FIGURE 32 : VUES SUR LA ZONE K ..... 65

FIGURE 33 : EXTRAIT DE LA FICHE ONF N°52 ..... 67

FIGURE 34 : PROFIL TYPE ACTUEL DU PETIT BRAS..... 69

FIGURE 35 : COUPE TYPE DES AMÉNAGEMENTS PRÉVUS DANS LE SCÉNARIO N°1 ..... 69

FIGURE 36 : COUPE TYPE DES AMÉNAGEMENTS PRÉVUS DANS LE SCÉNARIO N°2..... 69

FIGURE 37 : ÉLÉVATION AMONT DU FRANCHISSEMENT SUR LE GRAND BRAS DU CAILLY..... 69

FIGURE 38 : ÉLÉVATION AMONT DU FRANCHISSEMENT SUR LE GRAND BRAS DU CAILLY..... 69

FIGURE 39 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDÉES APRÈS AMÉNAGEMENTS SELON LE SCÉNARIO 1.... 69

FIGURE 40 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDÉES APRÈS AMÉNAGEMENTS SELON LE SCÉNARIO 2.... 69

FIGURE 41 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDÉES APRÈS AMÉNAGEMENTS SELON LE SCÉNARIO 3.... 69

Photos :

PHOTO 1 : VUE DEPUIS L' AVAL D' UN ANCIEN MOULIN AU NIVEAU DE L' ENTREPRISE LEBOUCHER..... 10

PHOTO 2 : VUE AMONT DE L' ANCIEN MOULIN AU NIVEAU DE L' ENTREPRISE LEBOUCHER..... 11

PHOTO 3 : VESTIGES DU VANNAGE ..... 11

PHOTO 4 : DÉVERSOIR À L' AMONT DU PONT DE LA RUE DE LA FONTAINE ..... 12

PHOTO 5 : ROUE DU MUSÉE DE LA CORDERIE VALLOIS VUE DEPUIS L' AVAL..... 14

PHOTO 6 : VANNAGE SUR LE CANAL DE DÉCHARGE ..... 15

PHOTO 7 : DÉVERSOIR SUR LE CANAL DE DÉCHARGE..... 15

PHOTO 8 : VANNAGE SITUÉ SUR LE PETIT BRAS INTERMÉDIAIRE ..... 16

PHOTO 9 : VUE DEPUIS L' AMONT DE LA PASSERELLE SITUÉE À PROXIMITÉ DE L' ENTREPRISE LIMARE ..... 17



## 1. GÉNÉRALITÉS

### 1.1. Contexte

Dans le cadre de sa politique de développement économique, la Communauté d'Agglomération Rouennaise souhaite développer des espaces d'implantation pour les entreprises.

Le secteur du Linoléum au sein de la vallée du Cailly est considéré comme propice à la réalisation de cet objectif. Il est principalement constitué d'une friche industrielle et de terrains situés à l'ouest de l'ancienne usine du Linoléum, servant de zone d'expansion aux eaux de la rivière du Cailly essentielle aux mesures de prévention des inondations dans la vallée et pouvant devenir un espace paysagé utilisable par les habitants. Ce site a été retenu pour des études de faisabilité afin de vérifier dans quelles conditions cette opération pourrait s'inscrire dans les actions de développement économique d'intérêt communautaire.

Parallèlement, le site a été classé en zone à urbaniser à vocation mixte d'habitat et d'activité économique et en zone naturelle afin, d'une part, de maintenir sa fonction hydraulique et, d'autre part, d'en faire un espace naturel de détente et de découverte.

Le secteur du Linoléum est ainsi destiné à l'accueil d'activités économiques compatibles avec de l'habitat prenant la forme de programmes de maisons de ville et de petits collectifs et à l'aménagement d'un espace naturel sur le thème de l'eau permettant de mettre en valeur la nature dans la ville.

### 1.2. Objet de l'étude

Cette étude, comportant des volets hydraulique, hydrologique et hydrobiologique, doit permettre de juger de la faisabilité technique et réglementaire du programme de reconversion du secteur du Linoléum.

Les objectifs sont les suivants :

- Etablir un diagnostic environnemental sur le secteur afin de caractériser :
  - ⇒ Les limites des zones de débordement de la rivière,
  - ⇒ Les qualités écologiques de l'espace naturel préservé.
- Sur la base du diagnostic, déterminer, parmi les espaces mobilisables répertoriés, ceux qui peuvent être réurbanisés et ceux qui peuvent participer à la préservation de la fonction hydraulique et à la valorisation paysagère et écologique du secteur.

L'étude est décomposée en 2 phases :

- Phase 1 : diagnostic initial et orientations d'aménagements,
- Phase 2 : évaluation et participation à la concertation sur la base du programme d'aménagement de référence.

Ce rapport présente la phase 1 de l'étude.

### 1.3. Secteur d'étude

Le secteur d'étude est repéré sur le plan ci-après.





## 2.ETAPE 1 : DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

### 2.1. Description générale du fonctionnement hydraulique

#### 2.1.1. La vallée du Cailly

La rivière du Cailly prend naissance dans la commune du même nom. Elle serpente sur une longueur de 25 km avant de se jeter dans la Seine à Rouen. Le bassin versant du Cailly couvre une superficie de 248 km<sup>2</sup>.

Alimenté par la nappe de la craie et par la petite rivière de Clères, cet affluent se distingue par une dénivellation de près de 120 m depuis sa source et jusqu'à son débouché en Seine. La pente moyenne est de l'ordre de 4.6 ‰.

En outre, les eaux vives du Cailly se caractérisent par un régime particulièrement régulier tout au long de l'année, ce qui rend rare les épisodes de débordement.

Le Cailly coule au fond d'une vallée étroite et fortement encaissée. Celle-ci est en effet dominée par des plateaux calcaires qui culminent entre 160 et 165 m d'altitude et sont en partie recouverts par les massifs forestiers de la forêt Verte et de la forêt de Roumare.

La rivière se divise en de nombreux bras qui forment une multitude d'îles et d'îlots jalonnant son parcours. Pour la plupart artificiels, ces bras et ces îlots témoignent de l'aménagement précoce de la rivière pour en tirer le meilleur parti hydraulique en multipliant les possibilités d'implantation de moulins à eau.

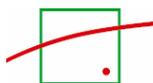
#### 2.1.2. Le Cailly dans la zone d'étude

Dans la zone d'étude, la rivière du Cailly représente un linéaire d'environ 3 km depuis la limite de la commune du Houlme à l'amont (vers la maison de retraite) jusqu'à la passerelle de la sente de la Basse Ville sur la commune de Notre-Dame-de-Bondeville à l'aval.

Le Cailly a une largeur de 10 à 15 m de large à l'amont et à l'aval du secteur du Linoléum. Au niveau du secteur du Linoléum, la rivière se divise en deux bras : le bras rive gauche fait 10 m de large tandis que le petit bras rive droite mesure 5 m de large. Les deux bras se rejoignent à l'aval du musée de la Corderie Vallois.

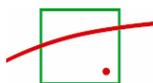
Sur la zone d'étude, quatre ouvrages hydrauliques ont été recensés et font l'objet de fiches d'ouvrages présentées en annexe :

- ⇒ Vannage d'un ancien moulin au niveau de l'entreprise Leboucher,
- ⇒ Déversoir à l'amont du pont de la rue de la Fontaine,
- ⇒ Les ouvrages du Musée de la Corderie Vallois,
- ⇒ Le déversoir de la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE.



Le Cailly est ainsi divisé en 5 biefs d'écoulement :

- ⇒ Bief 1 (~ 290 m) : depuis la limite amont de la zone d'étude jusqu'à la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE ;
- ⇒ Bief 2 (~ 1.1 km) : depuis la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE jusqu'au musée de la Corderie Vallois (il s'agit du bras rive gauche);
- ⇒ Bief 3 (~ 2 km) : depuis la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE jusqu'au déversoir situé à l'amont du pont de la rue de la Fontaine (le petit bras rive droite et une partie du Cailly à l'aval de la confluence) ;
- ⇒ Bief 4 (~ 180 m) : depuis le déversoir situé à l'amont du pont de la rue de la Fontaine jusqu'à l'ancien moulin occupé par entreprise Leboucher ;
- ⇒ Bief 5 (~ 170 m) : depuis l'ancien moulin occupé par entreprise Leboucher jusqu'à la limite aval de la zone d'étude.



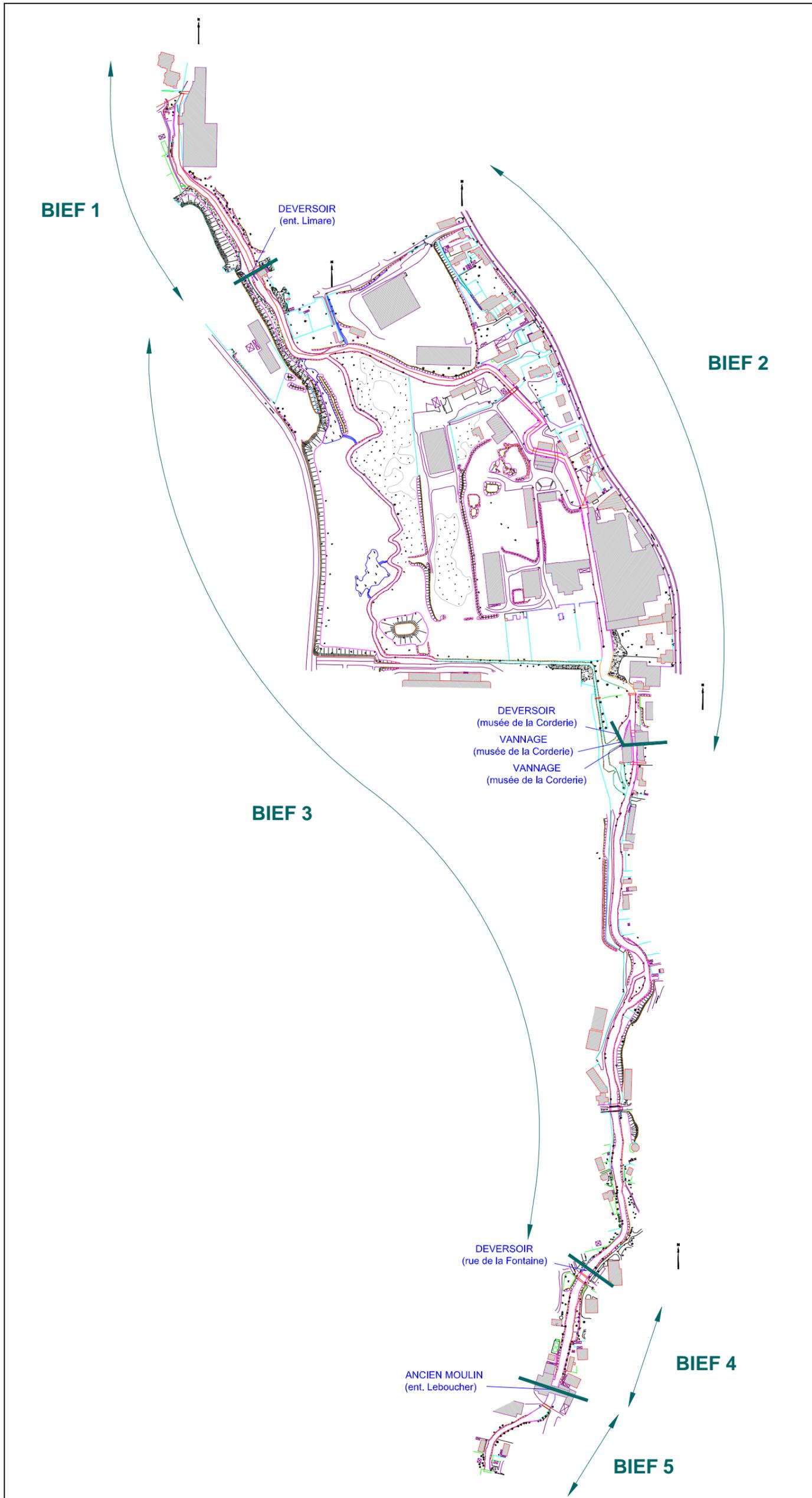


Figure 2 : biefs du Cailly dans la zone d'étude

### 2.1.3. Les ouvrages hydrauliques

#### 2.1.3.1. Vannage d'un ancien moulin au niveau de l'entreprise Leboucher

Le site se caractérise par un bâtiment traversant la rivière. Il s'agit probablement d'un ancien moulin. Les vestiges d'un vannage sont en effet présents à l'amont, on y accède en contournant le bâtiment.



**Photo 1 : vue depuis l'aval d'un ancien moulin au niveau de l'entreprise Leboucher**

Ce vannage devait être à l'origine constitué de quatre vannes levantes à crémaillères manœuvrées par des volants.

Il est actuellement en très mauvais état : les corps des vannes ont disparu et quant aux crémaillères, deux d'entre elles sont encore en place alors que les deux autres sont cassées. L'armature métallique des vannes sur laquelle sont fixées les crémaillères est fortement dégradée et en partie déstabilisée. La berge donnant accès au vannage est érodée et le garde-corps, fixé à l'ouvrage, est instable.

Actuellement, seul le radier des vannes joue un rôle hydraulique en assurant un déversement latéral.





**Photo 2 : vue amont de l'ancien moulin au niveau de l'entreprise Leboucher**



**Photo 3 : vestiges du vannage**



### **2.1.3.2. Déversoir à l'amont du pont de la rue de la Fontaine**

Un déversoir est situé à une dizaine de mètres à l'amont du pont de la rue de la Fontaine.

Ce déversoir maçonné fait environ 12 m de large.



Photo 4 : déversoir à l'amont du pont de la rue de la Fontaine

### **2.1.3.3. Les ouvrages du Musée de la Corderie Vallois**

#### ✓ **Historique**

L'ancien moulin à papier devenu filature fut remplacé par une corderie mécanique par Jules Vallois en 1880. Celui-ci, cordier à Saint-Martin-du-Vivier, fut obligé de chercher une autre implantation industrielle suite à la mise en place d'un captage d'eau potable du Robec pour l'alimentation en eau de la ville de Rouen en 1875. D'abord locataire en 1880 de la propriété Rondeaux, à Notre-Dame-de-Bondeville, il devint propriétaire des lieux en 1897.

A sa mort en 1918, son fils Gaston Vallois vend l'affaire à Henri Bresch, un ingénieur vosgien. La corderie connaît alors une période prospère.

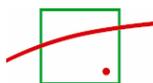
En 1930, une SARL est fondée entre les héritiers Bresch et Gaston Vallois qui en devient gérant, mais l'entreprise connaît des difficultés dues à la crise de 1929.

En 1936, Maurice Mallet épouse la fille de d'Henri Bresch et assure alors la direction commerciale et technique de l'affaire jusqu'à sa fermeture en 1978.

Entre 1974 et 1994, les initiatives privées relayées par les décisions de l'Etat et des collectivités territoriales ont permis la restauration du site et sa transformation en musée.

Aujourd'hui, le Musée de la Corderie Vallois est la propriété du Syndicat Intercommunal du Houlme et de Notre-Dame-de-Bondeville.

Février 2006



✓ Caractéristiques



Figure 3 : plan du site actuel

Abritée sous un bâtiment de 45 m<sup>2</sup>, la roue à aubes alimentait la corderie en énergie. Elle a été installée en 1825. Elle mesure environ 3.80 m de large pour un diamètre de 5.50 m.





**Photo 5 : roue du Musée de la Corderie Vallois vue depuis l'aval**

Le canal d'amenée forme une dérivation aménagée artificiellement, les rives sont maçonnées.

Une vanne motrice permet la régulation de la vitesse de la roue. Elle est constituée de 3 vantaux de chêne et elle est commandée par un volant à main situé à l'intérieur de l'usine.

Le canal de décharge est équipé d'un déversoir en maçonnerie de 6 m de large et d'un vannage constitué de trois vannes levantes à crémaillères manoeuvrées par des volants. Les passes rive gauche, centrale et rive droite du vannage ont respectivement une largeur d'environ 1.65 m, 2.35 m et 1.45 m. L'ensemble est en bon état. Lors de notre passage, fin juillet 2005, l'écoulement s'effectuait par surverse (cf. photo 6).





**Photo 6 : vannage sur le canal de décharge**



**Photo 7 : déversoir sur le canal de décharge**

Un second vannage est présent sur le site. Il est situé sur un petit bras intermédiaire, en rive gauche du canal de décharge. Il est constitué d'une vanne levante en bois, à crémaillère, de 1.75 m de large environ.

D'après un ancien plan antérieur à 1880, ce vannage devait permettre l'alimentation d'un moulin à bois localisé sur l'île en rive droite de l'ancienne filature de coton.

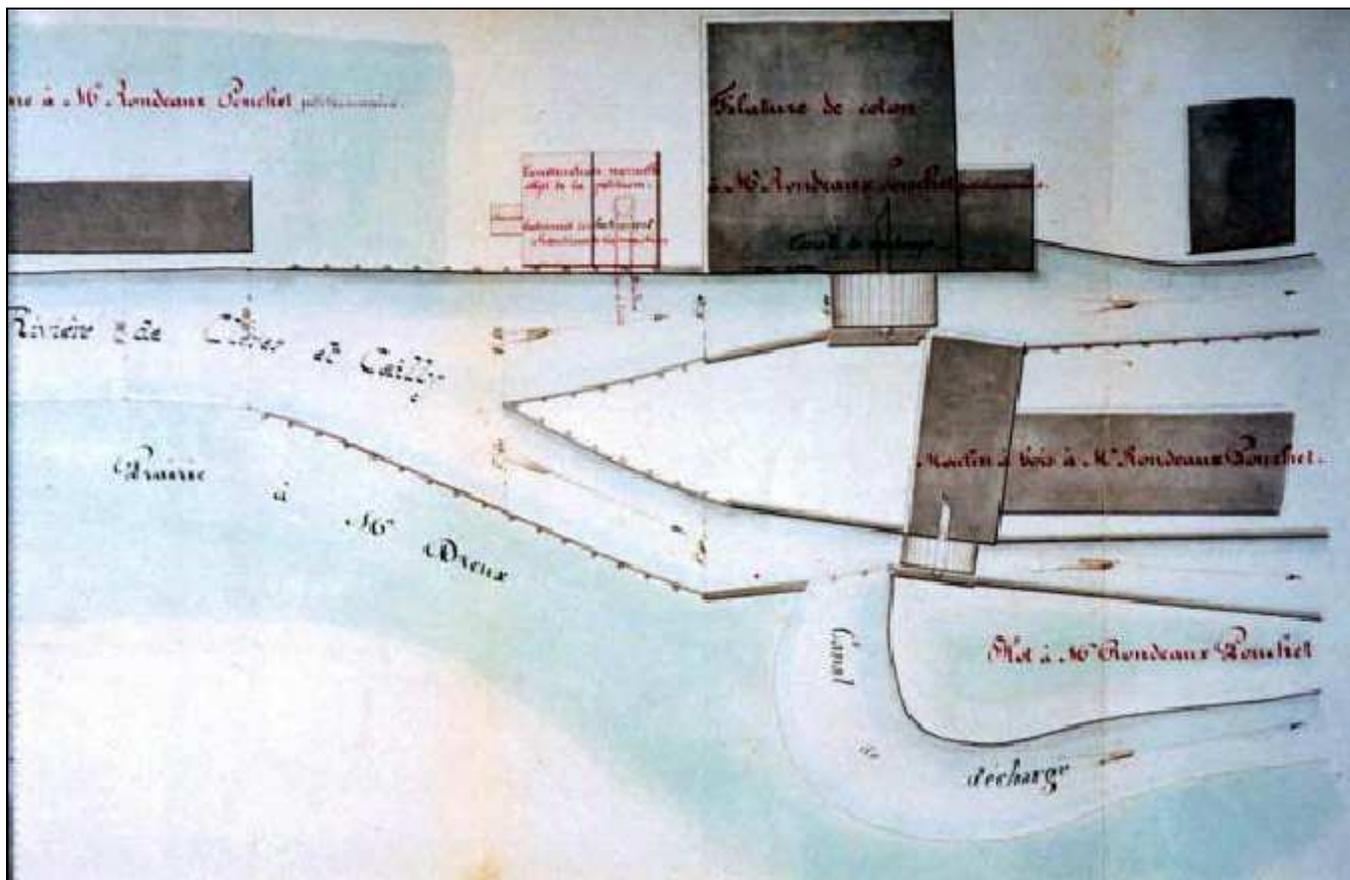


Figure 4 : plan antérieur à 1880 faisant apparaître l'emplacement de la filature de coton (actuel musée de la Corderie) et d'un moulin à bois



Photo 8 : vannage situé sur le petit bras intermédiaire

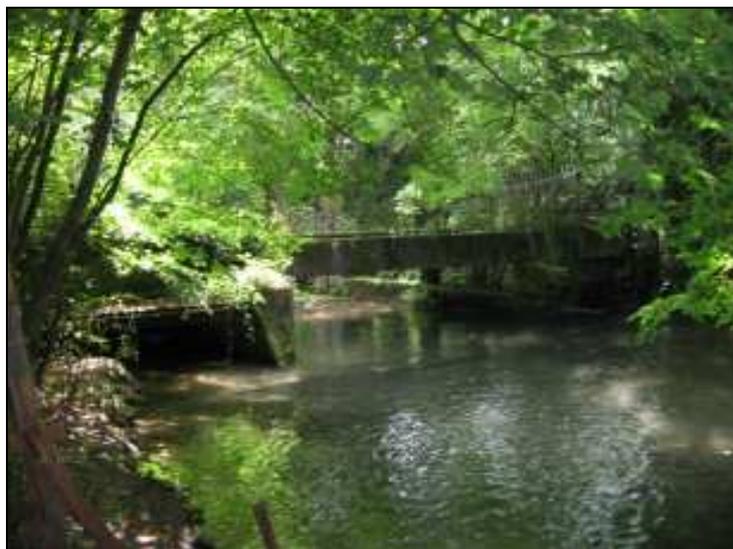
#### **2.1.3.4. Le déversoir de la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE**

Cet ouvrage est situé à l'amont de la zone d'étude, à proximité de l'entreprise LIMARE et du centre médico-psychopédagogique.

On peut distinguer trois passes :

- La première passe, en rive gauche, est bouchée et ne permet plus d'écoulement sur environ 4.40 m ;
- La passe centrale est large d'environ 5.60 m, le fond de la rivière est à la cote 24.16 m NGF ;
- La passe rive droite, de 3.50 m de large, est calée 40 cm plus bas que la passe centrale (23.76 m NGF).

Une passerelle surmontant l'ouvrage est en très mauvais état et n'est plus accessible, la végétation ayant envahi les berges sur les deux rives. Le portail d'accès en rive droite est d'ailleurs fortement dégradé et déstabilisé.



**Photo 9 : vue depuis l'amont de la passerelle située à proximité de l'entreprise LIMARE**

## 2.2. Enquête riverains

L'enquête auprès des riverains a été menée parallèlement à la visite de terrain, à la fin du mois de juillet 2005. Cette visite s'étant déroulée en pleine période de vacances d'été, de nombreux riverains étaient en congés quand nous sommes passés.

Les résultats détaillés de l'enquête menée auprès des services des communes et des riverains sont présentés en annexe.

Les services des mairies du Houlme et de Notre-Dame-de-Bondeville ont tout d'abord été interrogés dans le but de récupérer d'éventuelles informations concernant les crues du Cailly et les zones de débordement connues. A l'issue de ces entretiens, il s'est avéré que les mairies n'ont pas connaissance d'inondations dues aux crues du Cailly.

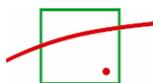
A la mairie du Houlme, le responsable que nous avons rencontré, présent depuis 1997, n'a jamais vu le Cailly déborder et n'a jamais entendu parlé de problèmes d'inondations dues au Cailly. En fait, les problèmes qui surviennent dans le secteur sont plutôt dus aux forts ruissellements provenant des bassins versants lors de violents orages, comme par exemple en juin 1997 durant lequel des coulées de boues ont provoqué d'importants dégâts sur la commune.

De même, la mairie de Notre-Dame-de-Bondeville n'a pas connaissance d'inondations dues à la rivière. Les déclarations de sinistre qui ont fait suite aux intempéries de juin 1997 font état d'importants dégâts dus à la violence de l'orage et à l'importance des précipitations sur les bassins versants et certains documents évoquent quelques débordements de la rivière mais sans aucune précision.

L'enquête menée ensuite auprès des riverains (particuliers et entreprises) aboutit aux mêmes constatations. En effet, la plupart des personnes interrogées (en particulier les entreprises) n'ont pas constaté de débordements de la rivière et n'ont pas été victimes d'inondations. Ponctuellement, seuls quelques riverains se souviennent d'inondations mais n'ont plus mémoire de l'année à laquelle s'est déroulée l'événement. Les quartiers « La Basse Ville » et « Ferdinand Cartier » semblent en particulier avoir été touchés mais les informations recueillies sont peu précises :

- ⇒ Face au n°15 Sente de la Basse Ville : la propriétaire s'est souvenue avoir eu une vingtaine de centimètres d'eau au fond de son jardin mais ne savait plus en quelle année. Ces informations n'ont pas pu être vérifiées auprès des voisins, ceux-ci étant partis en vacances...
- ⇒ Au n°36 rue Ferdinand Cartier : installés depuis 5 ans, la personne interviewée n'a jamais été inondée mais a déjà entendu parler de débordements de la rivière auprès de sa mère (absente lors de notre passage).

De façon générale, il ne semble pas y avoir de problèmes d'inondations dues à la rivière Le Cailly, la zone d'expansion des crues située au niveau du secteur du Linoléum jouant parfaitement son rôle.



### 2.3. Données hydrologiques

L'ensemble des données hydrologiques concernant la rivière Le Cailly ont été récupérées auprès de la DIREN Haute-Normandie.

La station hydrométrique la plus proche est située à Notre-Dame-de-Bondeville (code station H9913020). Il s'agit d'une station limnigraphique automatisée mise en service en 1963.



Figure 5 : localisation de la station hydrométrique de Notre-Dame-de-Bondeville (source DIREN Haute-Normandie)

#### 2.3.1. Écoulements mensuels

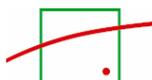
Comme l'indique le tableau ci-après, les écoulements mensuels moyens du Cailly varient entre 2.17 et 3.13 m<sup>3</sup>/s pour une moyenne annuelle de 2.69 m<sup>3</sup>/s.

Écoulements mensuels (naturels)			
Mois	débits (m <sup>3</sup> /s)	Qsp (l/s/km <sup>2</sup> )	lame d'eau (mm)
janv.	2.85	13.6	36
fév.	3.09	14.7	36
mars	3.13	14.9	39
avr.	3.13	14.9	38
mai	3.01	14.3	38
juin	2.74	13.1	33
juil.	2.55	12.2	32
août	2.38	11.3	30
sept.	2.27	10.8	28
oct.	2.17	10.3	27
nov.	2.35	11.2	28
déc.	2.63	12.5	33
année	2.69	12.8	405

(données calculées sur 43 ans)

Qsp : débit rapporté à la superficie du bassin versant

Tableau 1 : écoulements mensuels du Cailly (source DIREN Haute-Normandie)



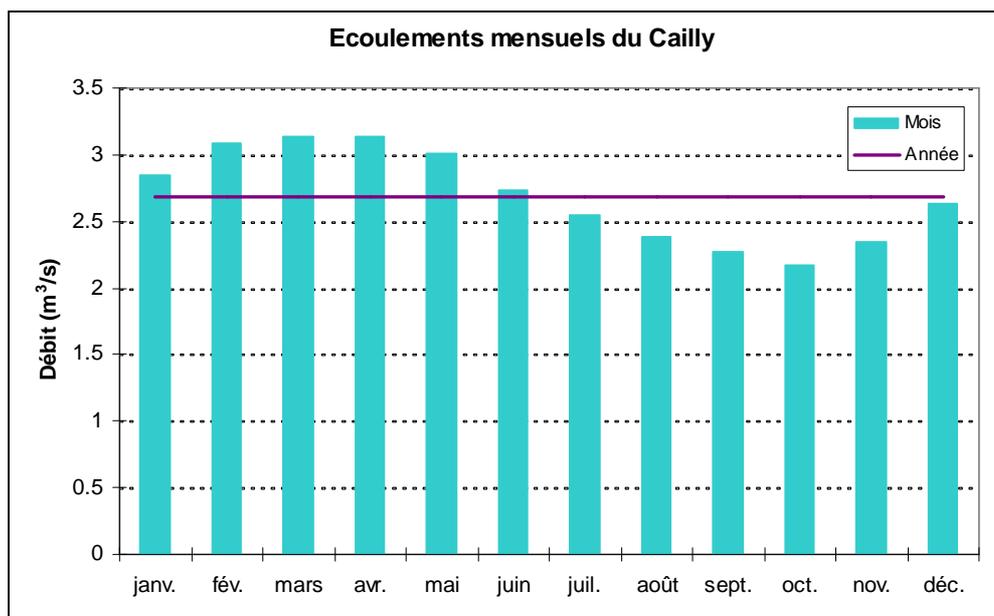


Figure 6 : écoulements mensuels du Cailly

### 2.3.2. Modules interannuels

Les modules interannuels du Cailly sont indiqués dans le tableau ci-après :

modules interannuels ( loi de Gauss - septembre à août )				
module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
2.690 [ 2.430;2.950 ]	<b>débits (m³/s)</b>	2.000 [ 1.700;2.300 ]	2.700 [ 2.400;3.000 ]	3.400 [ 3.100;3.800 ]

(données calculées sur 43 ans)

Tableau 2 : écoulements interannuels du Cailly (source DIREN Haute-Normandie)

### 2.3.3. Débits caractéristiques d'étiage

Le tableau suivant résume les débits caractéristiques d'étiage de la rivière Le Cailly :

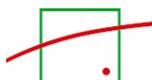
basses eaux ( loi de Galton - janvier à décembre )			
fréquence	VCN3 (m³/s)	VCN10 (m³/s)	QMNA (m³/s)
biennale	1.700 [ 1.500;1.900 ]	1.800 [ 1.600;2.000 ]	2.000 [ 1.800;2.100 ]
quinquennale sèche	1.300 [ 1.100;1.500 ]	1.300 [ 1.100;1.500 ]	1.600 [ 1.400;1.700 ]

(données calculées sur 43 ans)

QMNA : débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A)

VCNn : moyenne de n débits journaliers consécutifs, la plus faible sur la période considérée

Tableau 3 : débits caractéristiques d'étiage du Cailly (source DIREN Haute-Normandie)



### 2.3.4. Débits caractéristiques de crues du Cailly

Comme nous l'avons déjà évoqué, la rivière du Cailly se caractérise par un régime particulièrement régulier tout au long de l'année, ce qui rend rare les épisodes de débordement.

Les maxima connus, c'est-à-dire les débits et les hauteurs d'eau maxima enregistrés à la station hydrométrique de Notre-Dame-de-Bondeville sont les suivants :

maxima connus (par la banque HYDRO)			Période de retour estimée (*)
hauteur maximale instantanée (mm)	907	08/05/1988 22:14	13 ans
débit instantané maximal (m <sup>3</sup> /s)	9.59	08/05/1988 22:14	
débit journalier maximal (m <sup>3</sup> /s)	9.9	13-déc-66	15 ans

(\*) loi de Gumbel

Tableau 4 : maxima connus sur Le Cailly (source DIREN Haute-Normandie)

D'après les données issues de la Banque Hydro, il apparaît que la crue la plus importante est survenue au mois de **mai 1988** avec un débit de **9.59 m<sup>3</sup>/s**.

Depuis l'année 1988, les débits maxima ont été enregistrés en **avril 2001** et en **avril 1995** avec respectivement **9.11 m<sup>3</sup>/s** et **8.82 m<sup>3</sup>/s**.

Les débits caractéristiques des crues du Cailly sont récapitulés ci-après :

CRUES ( loi de Gumbel - septembre à août )		
fréquence	QJ (m <sup>3</sup> /s)	QIX (m <sup>3</sup> /s)
biennale	4.800 [ 4.400;5.400 ]	6.100 [ 5.600;6.700 ]
quinquennale	6.500 [ 5.900;7.500 ]	8.000 [ 7.300;9.200 ]
décennale	7.600 [ 6.800;9.100 ]	9.200 [ 8.400;11.00 ]
vicennale	8.700 [ 7.700;11.00 ]	10.00 (*) [ 9.300;13.00 ]
cinquantennale	10.00 [ 8.800;12.00 ]	12.00 [ 11.00;15.00 ]
centennale	non calculé	non calculé

(données calculées sur 42 ans)

QJX : débit (Q) journalier (J) maximal (X) enregistré (au cours de l'année).

QIX : débit (Q) instantané (I) maximal (X) enregistré (au cours de l'année).

(\*) : valeur douteuse car non située sur l'ajustement de Gumbel (cf. figure 7)

Tableau 5 : débits caractéristiques de crues du Cailly (source DIREN Haute-Normandie)



Les débits classés sont présentés dans le tableau qui suit :

débits classés	
fréquence	débit (m <sup>3</sup> /s)
0.99	5.79
0.98	5.4
0.95	4.67
0.9	4.16
0.8	3.52
0.7	3.09
0.6	2.82
0.5	2.48
0.4	2.18
0.3	1.98
0.2	1.75
0.1	1.6
0.05	1.49
0.02	1.29
0.01	1.28

*(données calculées sur 12445 jours)*

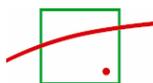
**Tableau 6 : débits classés pour Le Cailly (source DIREN Haute-Normandie)**

NB : Le tableau des débits classés indique la probabilité moyenne pour laquelle le débit de la rivière dépasse la valeur indiquée. Ainsi, un débit de 5.79 m<sup>3</sup>/s associé à une fréquence de 0.99 signifie qu'il y a une probabilité de 1 jour sur 100 pour que le débit de la rivière dépasse la valeur de 5.79 m<sup>3</sup>/s.

Les calculs statistiques de la DIREN ne font pas apparaître le débit d'une crue centennale.

Ce débit peut être calculé en reconstituant l'ajustement de Gumbel avec les données de la DIREN et en extrapolant la droite obtenue.

Le débit centennal est ainsi estimé à **13.2 m<sup>3</sup>/s**.



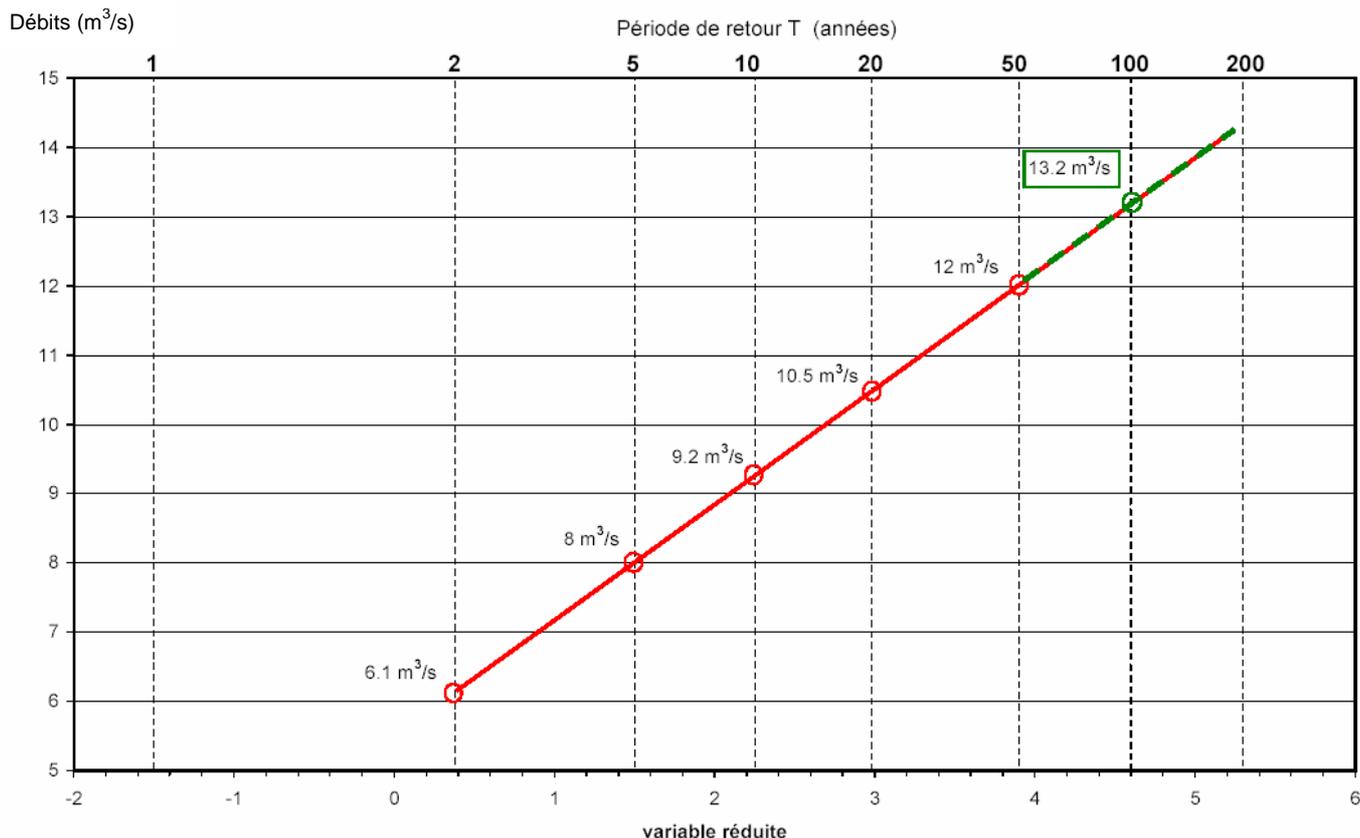


Figure 7 : ajustement des débits par la loi de Gumbel

## 2.4. Modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique a pour but de connaître le fonctionnement de la Seine dans la zone d'étude puis de déterminer les impacts des aménagements proposés sur les écoulements des crues.

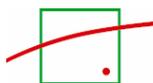
### 2.4.1. Outil informatique

La modélisation est réalisée à l'aide d'ISIS Flow, qui est le module principal du logiciel ISIS. Il s'agit d'un modèle pseudo bidimensionnel complet de simulation hydraulique des écoulements fluviaux du type modèle à casiers.

### 2.4.2. Hypothèses sur la validité du modèle hydraulique

La modélisation réalisée à l'aide du logiciel ISIS Flow est la représentation :

- ⇒ D'un écoulement unidimensionnel (ou filaire) ;
- ⇒ D'un écoulement permanent prenant en compte les phénomènes transitoires ;
- ⇒ D'un écoulement en tout point fluvial (nombre de Froude  $F < 1$ ).



Cette approche s'avère tout à fait suffisante pour l'étude des crues et pour tous les phénomènes à l'échelle de la longueur de la rivière (évolution du profil en long et calcul des lignes d'eau).

### **2.4.3. Zone d'étude**

La modélisation hydraulique concerne un linéaire d'environ 3.5 km, depuis la limite communale de Notre-Dame-de-Bondeville à l'amont jusqu'au pont de la Sente de la Ville Basse à l'aval.

### **2.4.4. Données utilisées**

#### **2.4.4.1. Données topographiques**

La modélisation hydraulique est basée sur le plan topographique de la zone d'étude comprenant :

- Les profils en travers des deux bras du Cailly,
- Un levé topographique général de la zone d'étude.

#### **2.4.4.2. Données hydrauliques**

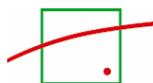
Les données hydrauliques suivantes ont été utilisées :

- Les débits de crue récupérés auprès de la Banque Hydro et de la DIREN Haute-Normandie.
- Les niveaux d'eau fournis par la DIREN Haute-Normandie.

### **2.4.5. Description du modèle**

#### **2.4.5.1. Architecture du réseau hydraulique**

La figure ci-après représente la vue en plan du modèle ISIS :



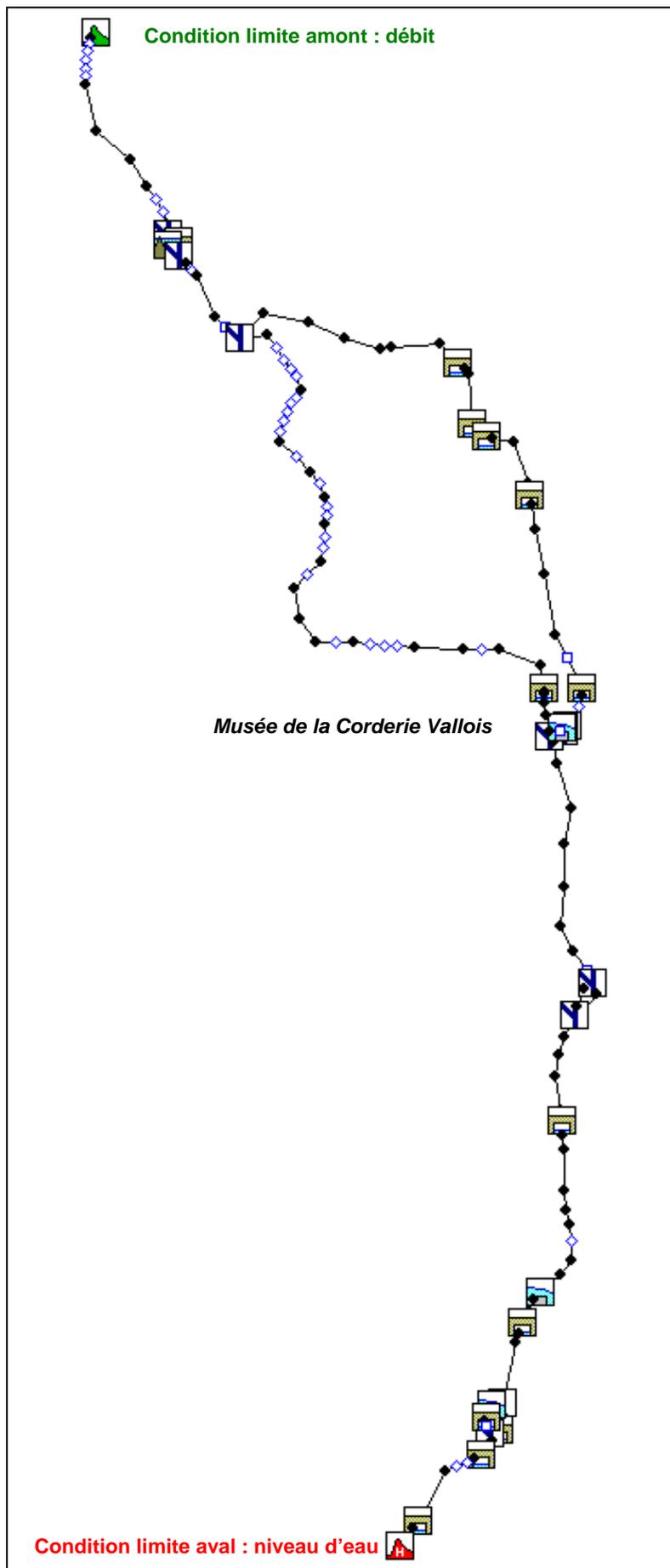


Figure 8 : structure du modèle ISIS

Février 2006



### 2.4.5.2. Conditions limites

Les conditions limites du modèle mathématique sont :

- des débits maxima estimés lors des événements de crue ;
- des niveaux d'eau à l'aval du modèle.

Ces conditions limites sont les données essentielles pour permettre de caler la modélisation à la réalité à l'amont et l'aval de la zone d'étude.

Dans ce cas de figure, les conditions limites connues sont :

- Les débits maxima des crues du Cailly de 1988 et 2001 ;
- Les niveaux d'eau pour ces mêmes crues : par hypothèse, les niveaux d'eau à l'aval de la zone d'étude ont été évalués à partir des seuls niveaux d'eau connus à la station hydrométrique de Notre-Dame-de-Bondeville (située environ 370 m en amont de la condition aval) par translation du fond de la rivière en supposant la ligne d'eau parallèle au fond.

Ces conditions limites sont récapitulées dans le tableau suivant :

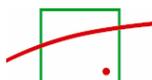
Crue type	Point de calcul	1988	2001
Débit max de crue estimé (m <sup>3</sup> /s)	<i>P1</i>	9.59	9.11
Niveau d'eau max (m NGF) aval	<i>P50b</i>	19.52	19.44

**Tableau 7 : conditions limites**

### 2.4.6. Calage du modèle

Le calage du modèle mathématique consiste à faire varier le coefficient de Manning<sup>1</sup> décrivant la rugosité du lit mineur de la rivière afin que les niveaux d'eau calculés approchent le mieux possible les cotes d'eau observées aux différentes échelles de crue.

(1) Le coefficient de Manning (généralement noté n) définit la rugosité du lit de la rivière et correspond à l'inverse du coefficient de Strickler (K).



Dans un premier temps, le coefficient de Manning du lit mineur est choisi en se basant sur la table des coefficients théoriques suivante :

Ciment lisse, bois raboté	0,01	Canaux	0,023
Béton	0,012	Galets	0,04
Moellons bruts assemblés au ciment	0,016	Cours d'eau importants comportant des sections régulières	0,025 à 0,06
Canaux avec pierres rugueuses et herbes	0,025	Cours d'eau importants comportant des sections irrégulières	0,035 à 0,1
Pâturages	0,025 à 0,05	Zones d'arbres peu denses	0,03 à 0,05
		Zones d'arbres denses	0,11 à 0,2

**Tableau 8 : table des coefficients de Manning théoriques**

Ensuite, afin de caler plus finement le modèle sur ce coefficient, il faut réaliser les simulations des différentes crues types afin de déterminer l'impact des caractéristiques du lit sur la ligne d'eau (un débit conséquent est obligatoire pour se rendre compte des effets de la rugosité du lit mineur sur la ligne d'eau).

Le calage est réalisé sur la crue de 1988, puis il est validé avec la crue de 2001.

Précisons qu'un seul point de calage n'est disponible sur la zone d'étude : il s'agit du niveau d'eau mesuré à la station hydrométrique de Notre-Dame-de-Bondeville. En effet, les rares informations obtenues lors de l'enquête menée auprès des riverains sont insuffisantes et trop imprécises pour pouvoir les exploiter dans la modélisation.

Les résultats du calage sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Localisation	Point de calcul	Crue 1988 (9.59 m <sup>3</sup> /s)			Crue 2001 (9.11 m <sup>3</sup> /s)		
		Valeurs mesurées	ISIS	Ecart (cm)	Valeurs observées	ISIS	Ecart (cm)
Station Notre-Dame-de-Bondeville	P44am	21.15	21.13	-1.90	21.07	21.10	3.30

**Tableau 9 : résultats du calage**

Les valeurs calculées sont comprises dans une fourchette de ± 5 cm par rapport aux valeurs observées ce qui permet de considérer que le modèle est correctement calé.

Les valeurs du coefficient de Manning obtenues sont de :

- ⇒ 0.03 pour le lit mineur,
- ⇒ 0.05 pour le lit majeur.



## 2.4.7. Simulations dans l'état actuel

### 2.4.7.1. Remarques préliminaires

En premier lieu, nous tenons à préciser que la simulation de l'étiage est inutile dans le cas présent, l'objectif ultime de la modélisation étant de calibrer la zone d'expansion des crues du Cailly.

De plus, la faible largeur de la rivière nécessiterait une grande quantité d'interpolation entre chaque profil en travers de la rivière pour que le modèle calcule la ligne d'eau avec un débit d'étiage très bas (de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/s).

Les simulations dans l'état actuel du site sont réalisées en régime permanent afin de déterminer les lignes d'eau et les zones de débordement.

### 2.4.7.2. Crues de projet

Conformément au cahier des charges, les crues de projet suivantes ont été retenues pour la modélisation : crue décennale, crue cinquantiennale et crue centennale.

Les débits de ces crues sont connus d'après les statistiques de la DIREN et l'ajustement de Gumbel (cf. paragraphe 2.3.4).

En revanche, les niveaux d'eau pour les crues de projet ne sont pas connus. Sur la base des hauteurs d'eau connues à la station de mesures pour les crues de référence de 1988 et 2001, on peut estimer les niveaux d'eau à l'aval du modèle en calculant la pente d'eau. A partir des valeurs obtenues et des débits connus pour les crues de 1988 et 2001, on en déduit la courbe de tarage ci-après :

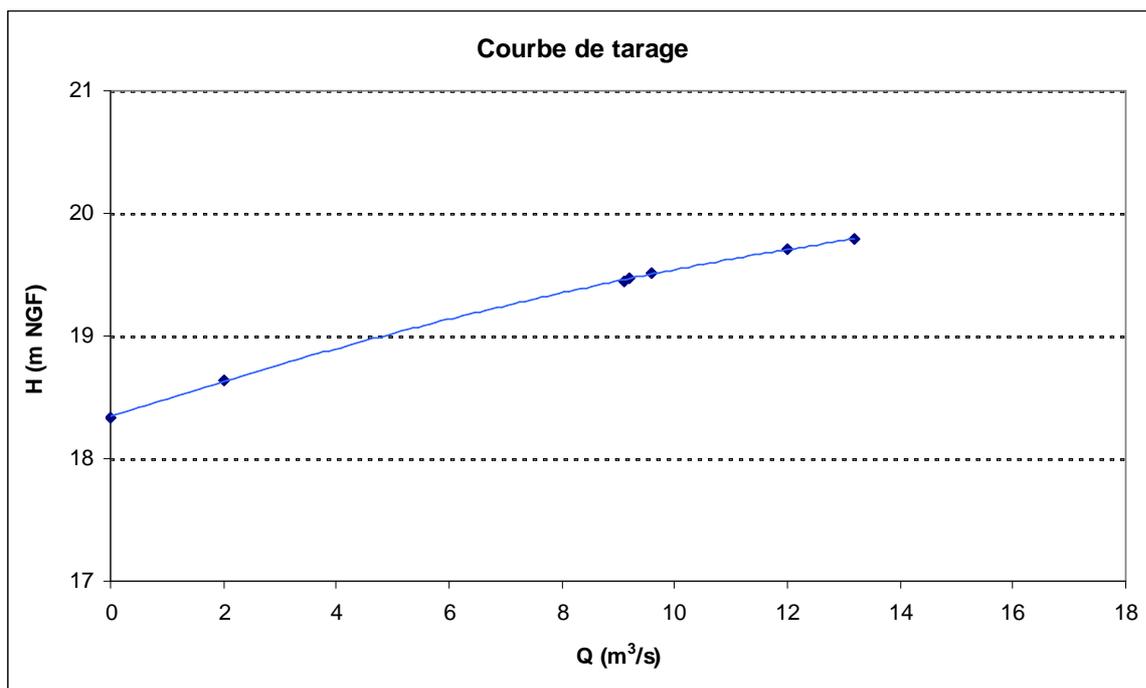
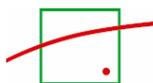


Figure 9 : courbe de tarage

Février 2006



Cette courbe nous permet de définir les niveaux d'eau des crues de période de retour 10 ans, 50 ans et 100 ans à l'aval du modèle :

Crue type	10 ans	50 ans	100 ans
Débit max de crue estimé (m <sup>3</sup> /s)	9.2	12	13.2
Niveau d'eau max (m NGF) aval	19.47	19.71	19.79

Tableau 10 : caractéristiques des crues de projet

#### **2.4.7.3. Simulation des crues de projet**

La simulation du passage des crues de référence dans l'état actuel permet de comprendre le fonctionnement hydraulique des différents bras dans le secteur d'étude (répartition des débits, vitesses, niveaux d'eau) et de déterminer les zones de débordement.

##### ✓ **Crue décennale**

Pour une crue décennale ( $Q_{\max} = 9.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), la répartition des débits se fait de la façon suivante :

- Environ 6.8 m<sup>3</sup>/s (soit ~ 74% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ 1 m/s ;
- Environ 2.4 m<sup>3</sup>/s (soit ~ 26% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de 0.6 m/s.

En ce qui concerne les débordements, les constatations sont les suivantes (cf. cartographie ci-après) :

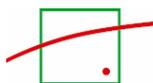
- ⇒ En amont et en aval du secteur du Linoléum, les débordements sont très localisés :
- ⇒ Amont de la défluence (vers le centre médico-psychopédagogique),
- ⇒ Depuis l'aval des ouvrages du musée de la Corderie Vallois jusqu'au pont de la rue Victor Hugo,
- ⇒ Aval du pont rue de la Fontaine.
- ⇒ Sur le secteur du Linoléum, le petit bras, étroit et peu profond, déborde de son lit, le niveau d'eau atteignant la première digue en rive gauche.

Les résultats détaillés et les profils en long permettant de visualiser les lignes d'eau sont en annexe.

##### ✓ **Crue cinquantennale**

Pour une crue cinquantennale ( $Q_{\max} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ ), la répartition des débits se fait de la façon suivante :

- Environ 8.4 m<sup>3</sup>/s (soit ~ 70% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ 1 m/s ;



- Environ  $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 30% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de  $0.6 \text{ m/s}$ .

Quant aux zones de débordements, les observations sont les suivantes (cf. cartographie ci-après) :

Les débordements observés pour une crue décennale s'intensifient, en particulier sur le secteur du Linoléum, où la zone inondée s'étend en rive gauche.

De nouveaux débordements apparaissent :

- ⇒ En amont immédiat de la défluence,
- ⇒ Localement, sur les deux bras, dans leur partie rectiligne,
- ⇒ Sur environ 50 m en amont du pont de la Sente de la Basse Ville.

Les résultats détaillés et les profils en long permettant de visualiser les lignes d'eau sont en annexe.

### ✓ **Crue centennale**

Pour une crue centennale ( $Q_{\max} = 13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), la répartition des débits se fait de la façon suivante :

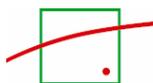
- Environ  $9.1 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 69% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ  $1 \text{ m/s}$  ;
- Environ  $4.1 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 31% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de  $0.63 \text{ m/s}$ .

Vis-à-vis des zones inondées, les constatations sont les suivantes (cf. cartographie ci-après) :

- ⇒ En amont de la défluence, les débordements s'intensifient.
- ⇒ Sur le secteur du Linoléum :
  - Les débordements provoqués par le petit bras en rive droite se généralisent mais sont bien stoppés par la digue présente en rive gauche,
  - Au niveau de la zone de friche industrielle, on observe de légers débordements en rive droite du grand bras.
- ⇒ Les débordements se généralisent à l'aval de la confluence des deux bras, entre le musée de la Corderie Vallois et la rue Victor Hugo.
- ⇒ Les débordements à l'aval (rue de la Fontaine et Sente de la Basse Ville) s'intensifient.

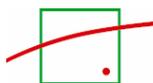
Les résultats détaillés et les profils en long permettant de visualiser les lignes d'eau sont en annexe.

### ✓ **Conclusion**



Globalement, la modélisation montre que les débordements du Cailly pour des crues décennale, cinquantennale et centennale sont relativement localisés, la zone d'expansion des crues jouant parfaitement son rôle.

On remarque que les secteurs les plus touchés sont la zone entre le musée de la Corderie Vallois et la rue Victor Hugo ainsi que le quartier de la Basse Ville, ce qui correspond aux informations récoltées auprès des riverains.



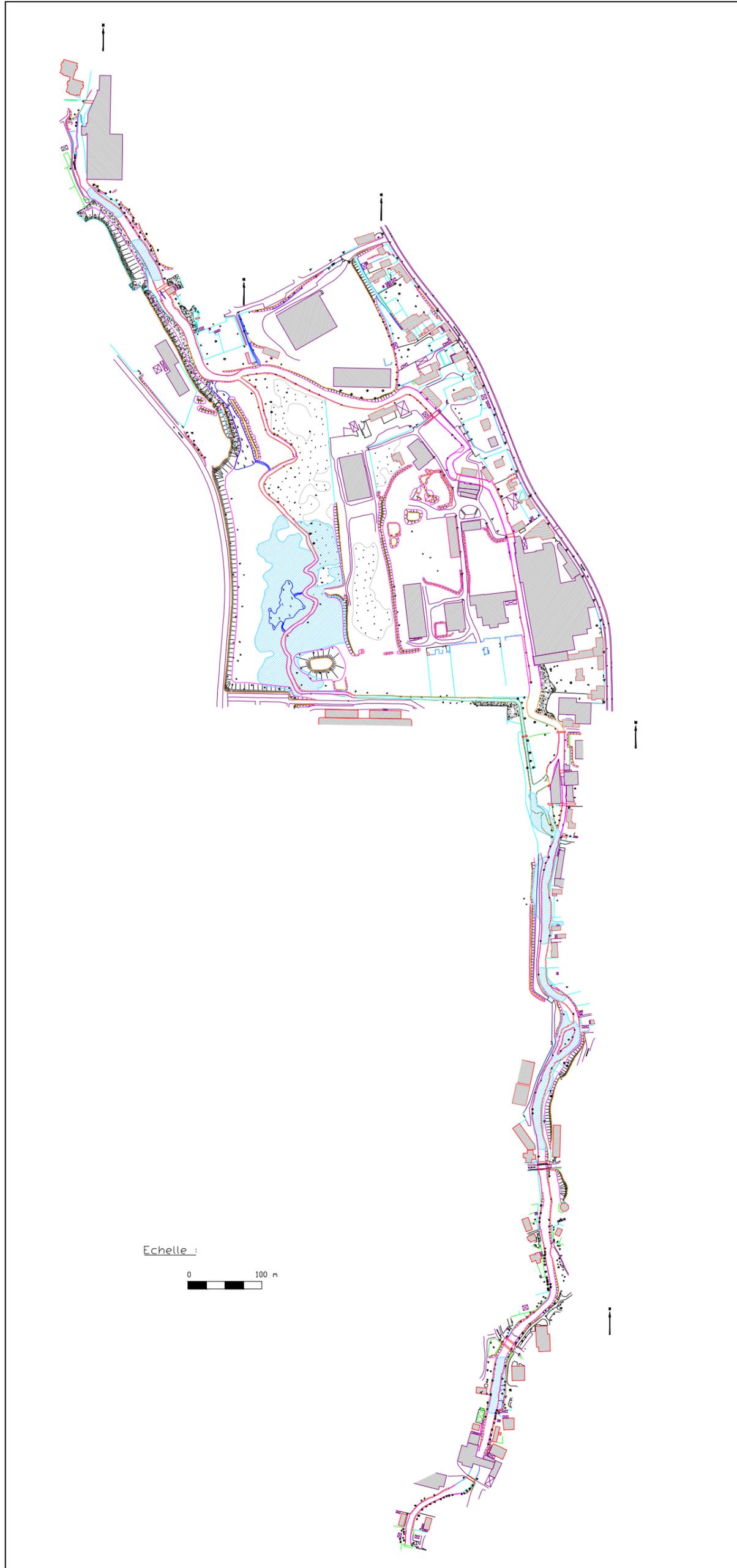


Figure 10 : localisation des zones de débordements pour la crue décennale





Figure 11 : localisation des zones de débordements pour la crue cinquantennale





Figure 12 : localisation des zones de débordements pour la crue centennale



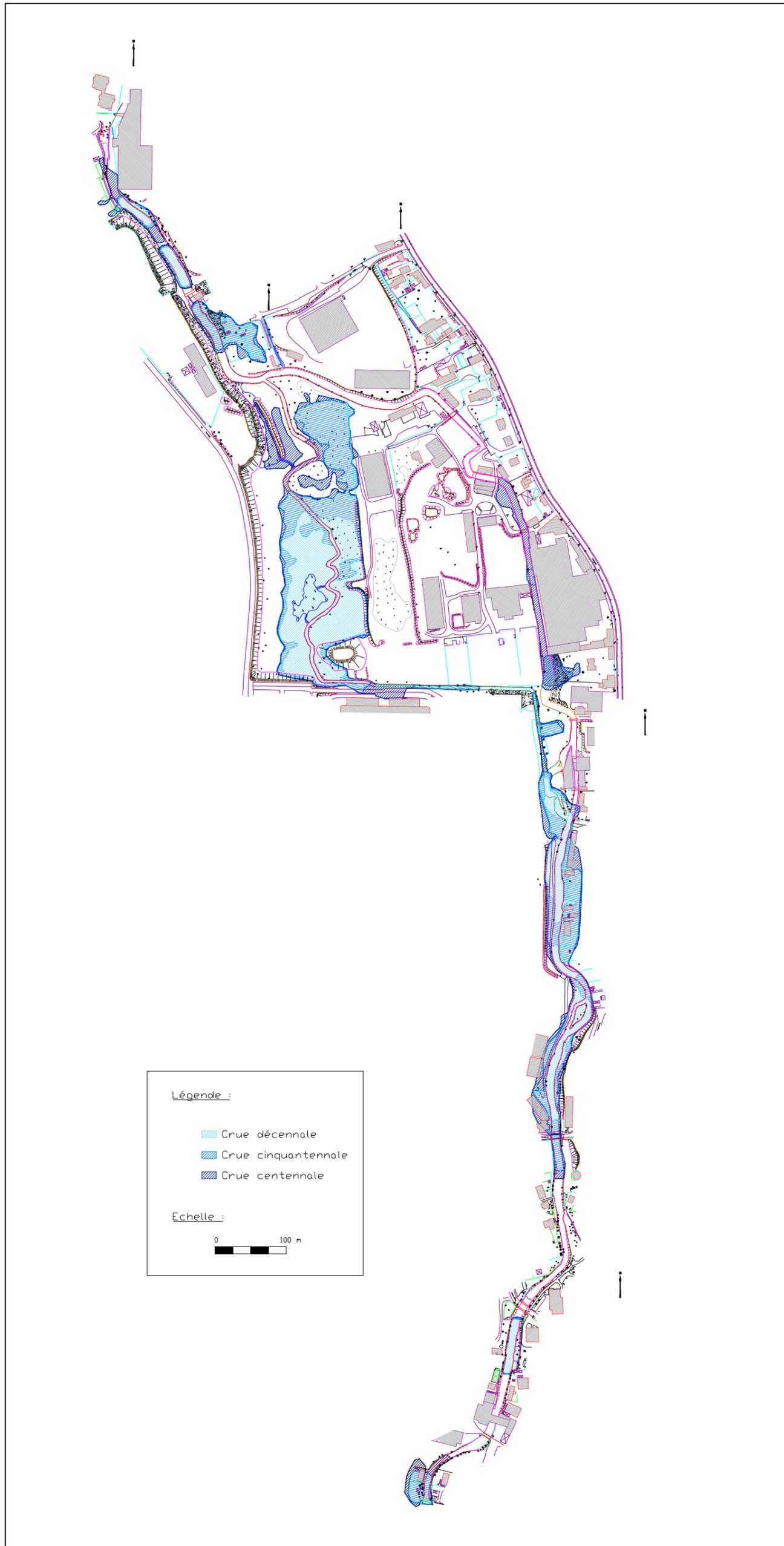


Figure 13 : localisation des zones de débordements pour les crues décennale, cinquantennale et centennale

### 3.ETAPE 2 : CARACTÉRISATION DE LA ZONE NATURELLE DU LINOLÉUM

L'étude écologique porte sur une aire de 31,7 hectares constitué en grande partie par une friche industrielle traversée par une rivière, le Cailly. Le linéaire de cours d'eau concerné par l'étude est de 1500 mètres environ.

Cette étape doit permettre de connaître les propriétés écologiques de la partie préservée à l'état naturel et servant d'expansion aux eaux de la rivière.

#### 3.1. Diagnostic hydrobiologique

##### 3.1.1. Données sur les macro-invertébrés benthiques

##### 3.1.1.1. Données existantes

La recherche bibliographique nous permet d'exploiter les résultats de mesures IBGN sur la Cailly sur 4 stations de mesures régulièrement réparties sur le linéaire et effectuées entre 1991 et 2002.

##### Indices Biologiques Globaux Normalisés

Code station	Cours d'eau	Commune	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
201250	CAILLY	St Germain sur Cailly	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	15	15	13	11	10	10
201280	CAILLY	Fontaine le Bourg	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	15	12	15	15	12	8	8	8
202250	CAILLY	Le Houlme	5	8	10	9	12	10	N.R.	11	12	15	15	15
203050	CAILLY	Bapeaume Canteleu	5	5	6	6	10	9	N.R.	8	11	10	10	10

Code station	Cours d'eau	Localité	1991		1992		1993		1994		1995	
			GR	US								
201250	CAILLY	St Germain sur Cailly	N.R.									
201280	CAILLY	Fontaine le Bourg	N.R.	8	25							
202250	CAILLY	Le Houlme	2	11	4	14	4	24	4	17	5	27
203050	CAILLY	Bapeaume Canteleu	2	6	2	9	2	13	2	14	3	25

	1997		1998		1999		2000		2001	
	GR	US								
T	29	7	29	7	24	6	20	5	24	24
B	28	8	28	8	16	4	14	8	23	23
N.R.	N.R.	5	21	6	23	8	27	5	25	25
N.R.	N.R.	3	18	5	21	5	17	5	24	24

NR: Non Représentatif  
 GR: Groupe Indicateur  
 US: Unité systématique (nombre de taxons)

Figure 14 : Résultats IBGN 1991-2002

On observe globalement que la qualité hydrobiologique du Cailly s'est améliorée dans le temps. Les indices étaient au rouge et à l'orange en 1991 et 1992 et sont jaunes ou verts dans les années 2000.

De même, les résultats montrent un gradient de qualité positif de l'aval vers l'amont pour toutes les années, sauf après 2000 où l'amont semble s'être dégradé.

Au niveau du Houlme la qualité s'est accrue depuis 1991 jusque 2000 où la note est passée de 5 et 8/20 (qualité médiocre) à 15/20 (bonne qualité) en passant par de nombreuses années de qualité moyenne (jaune). La baisse semble s'être déclarée à nouveau après 2000.

### **3.1.1.2. Analyses du 28 juillet 2005**

L'étude IBGN s'inscrit dans le cadre du diagnostic écologique de la rivière Cailly dans sa traversée du secteur du Linoléum, sur les communes du Houlme et de Notre-Dame-de-Bondeville, dans le département de la Seine-Maritime.

Le Cailly au droit du site d'étude forme deux bras, l'un à l'est et l'autre à l'ouest. Ainsi, deux mesures IBGN ont été effectuées, chacune dans un des bras par BIEF, le 28 juillet 2005.

#### **3.1.1.2.1. Station 1**

Le premier prélèvement a été réalisé dans le bras est, où le Cailly a une largeur moyenne de 11 mètres. La longueur de la station a donc été portée à 110 mètres. La station est précisément située à l'aval direct du futur parc de stationnement.

La rive droite est composée en partie de palissades en bois ou en tôle, ou de murs maçonnés. La rive gauche est complètement végétalisée (orties en majorité), en pente verticale et bordée d'arbres et arbustes (noisetiers, marronniers).

La station reçoit un ensoleillement faible. Le chenal est rectiligne sur la partie étudiée, puis en virage vers la gauche. Le substrat dominant du cours d'eau observé est le granulats grossier, de taille comprise entre 0,25 et 2,50 centimètres. La profondeur maximale du cours d'eau à cet endroit était de 105 centimètres.

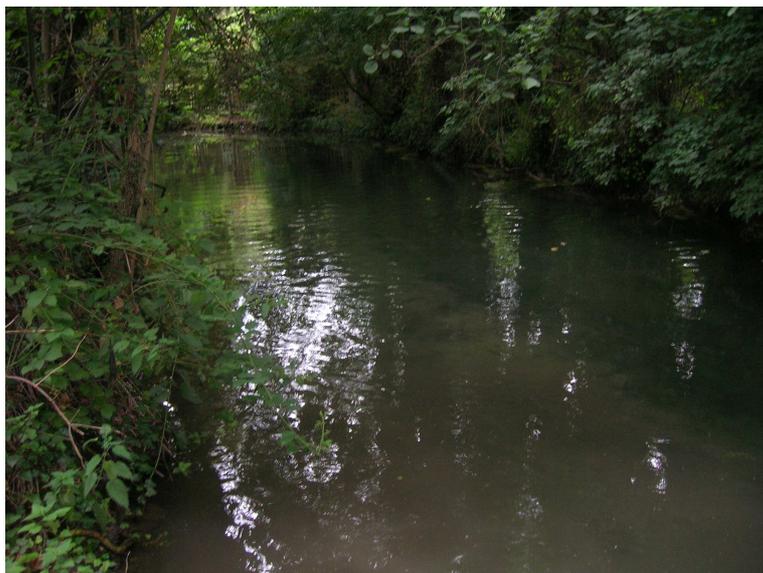


Figure 15 : Vue sur la station 1

### **3.1.1.2.2. Station 2**

La seconde station se situe sur le bras ouest, qui est plus petit, d'une largeur de 3 mètres environ. La longueur étudiée était donc de 30 mètres. La station se situe à l'aval de la zone humide.

Les deux rives sont fortement boisées (frênes, bouleaux, noisetiers) et de fait assez peu éclairé. La profondeur maximale de ce bras est de l'ordre de 40 centimètres. Le substrat dominant sont les sédiments de taille supérieure à 2,5 centimètres.

### **3.1.1.2.3. Principe de l'IBGN**

Pour cette étude, la méthode utilisée est celle de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) suivant le protocole établi dans la norme NF T 90-350 de mars 2004. Les prélèvements, déterminations et interprétations ont été réalisés par BIEF.

Les macroinvertébrés aquatiques sont les témoins de la qualité biologique des cours d'eau. Ils regroupent des espèces qui vivent en permanence dans l'eau (crustacés, vers, mollusques) et d'autres qui s'y développent aux premières étapes de leur croissance (larves d'insectes). Ces populations sont plus ou moins affectées en fonction des niveaux de pollution.

Lors des prélèvements et des analyses, la présence de certains macroinvertébrés témoignera d'une eau de très bonne qualité, leur absence révélera au contraire, une altération du milieu aquatique (eau ou habitat).

On considère comme appartenant aux macroinvertébrés, l'ensemble des animaux dont la taille est supérieure à 0,5 mm.

L'indice biologique IBGN fournit une information synthétique sur la qualité générale d'un cours d'eau au moyen d'une analyse de la macrofaune benthique. Ces organismes sont considérés comme représentatifs d'une qualité globale.

Cette méthode vient en complément des analyses pratiquées couramment sur les eaux telles les techniques de physico-chimie usuelles. Contrairement à ces méthodes qui déterminent les causes des perturbations, l'IBGN permet de mettre en évidence leurs effets.

Le principe consiste en un échantillonnage par 8 prélèvements, selon un protocole particulier tenant compte des différents types d'habitats présents sur la station. Les échantillons sont mis en flacons et formolés sur le terrain pour leur conservation.

Au laboratoire, les organismes de ces prélèvements sont triés et identifiés. La détermination est le plus souvent réalisée jusqu'à la famille, sauf pour quelques groupes faunistiques où elle s'arrête à la classe ou à l'embranchement : cet ensemble constitue les taxons ou les unités taxonomiques.

La norme indique 152 taxons susceptibles de participer à la variété totale d'une station ( $\Sigma t$ ). Dans cette liste, 38 taxons sont des organismes indicateurs auquel un groupe indicateur (GI) a été attribué selon leur sensibilité de 9 à 1 des plus aux moins sensibles.

La variété taxonomique ( $\Sigma t$ ) est égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu.

Le groupe faunistique indicateur (GI) est obtenu en prenant en compte les taxons indicateurs les plus élevés pour lesquels il y a au moins 3 ou 10 individus (selon les groupes).

La note IBGN est obtenue en croisant ces deux valeurs (variété taxonomique et groupe indicateur).

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de rivière peut être affecté d'une couleur suivant la note IBGN.

IBGN	$\geq 17$	16 – 13	12 – 9	8 – 5	$\leq 4$
Classe de qualité hydrobiologique	Excellente (1A)	Bonne (1B)	Moyenne (2)	Médiocre (3)	Hors Classe (HC)
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

L'interprétation des notes d'IBGN doit absolument toujours tenir compte des relevés de terrain et de toutes les observations et caractéristiques du site.

#### 3.1.1.2.4. Terrain

La campagne d'échantillonnage se situe en période de basses eaux avec un débit stabilisé.

Pour le prélèvement, l'échantillonnage est effectué à l'aide d'un filet de type "Surber" avec une base de surface de 1/20 m<sup>2</sup>. Sur le terrain, la station est décrite et une cartographie de la station est réalisée qui localise les 8 points de prélèvements. Un tableau d'échantillonnage indique précisément les supports prélevés et les vitesses d'écoulement.

Les huit prélèvements sont rassemblés dans un seul flacon avec un peu d'eau de la rivière. Le tout est formolé avec du formaldéhyde 10% volume à volume (V/V).

### 3.1.1.2.5. Laboratoire

Au laboratoire, les échantillons sont rincés sur des tamis de mailles de 2 ou 5 mm et 0,5 mm. Un tri sous loupe binoculaire permet de séparer les organismes récoltés des sables, graviers, cailloux, plantes, feuilles... L'identification des individus permet d'établir la liste faunistique de chaque station et de déterminer l'indice IBGN.



Figure 16 : Refus de tamis de maille 0,5 mm.

### 3.1.1.2.6. Tableau d'échantillonnage

La liste faunistique des deux échantillons, ainsi que le dénombrement, les biotopes et les modes de nutrition des taxons identifiés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Liste taxonomique des 2 stations échantillonnées								
>3	Nécessite un minimum de 3 individus pour être indicateur							
>10	Nécessite un minimum de 10 individus pour être indicateur							
GI	Groupe Indicateur		station 1	%	station 2	%	Biotope	mode de nutrition
	GI > 3 ind.	GI > 10 ind.						
<b>INSECTES</b>								
<b>TRICHOPTERES</b>								
Limnephilidae		3	5	0,24	1	0,12	très varié selon les genres	broyeurs ou racleurs
Sericostomatidae	6		3	0,15	2	0,24	pierres, débris, sables	broyeurs détritivores
<b>EPHEMEROPTERES</b>								
Caenidae		2	2	0,10	4	0,49	limon recouvrant les pierres	broyeurs détritivores
Ephemerellidae		3	6	0,29	3	0,37	macrophytes	broyeurs détritivores
<b>COLEOPTERES</b>								
Dytiscidae			2	0,10		0,00	végétation, vases, mousses	prédateurs, suceurs
Ebmidae		2	1	0,05	9	1,10	sous les pierres, mousses, bois	brouteurs, racleurs, broyeurs
<b>DIPTERES</b>								
Ceratopogonidae			1	0,05	1	0,12	sables graviers	broyeurs, prédateurs
Chironomidae		1	640	31,07	155	18,93	substrats durs, macrophytes, vases	prédateurs, racleurs
Simuliidae			1	0,05			substrats durs, macrophytes	filtreurs, racleurs de substrat
<b>CRUSTACES</b>								
Gammaridae		2	880	42,72	401	48,96	variés	broyeurs omnivores
Asellidae		1	3	0,15	5	0,61	vases, débris organiques	broyeurs détritivores
<b>MOLLUSQUES</b>								
<b>BIVALVES</b>								
Sphaeriidae			9	0,44	4	0,49	substrats meubles	filtreurs
<b>GASTEROPODES</b>								
Ancylidae					2	0,24	substrats durs, macrophytes	racleurs de substrat
Hydrobiidae			13	0,63	4	0,49	vase, macrophytes	brouteurs, racleurs de substrat
Lymnaeidae			2	0,10	3	0,37	macrophytes, substrats durs	brouteurs, racleurs de substrat
Planorbidae			1	0,05	3	0,37	macrophytes, substrats durs	brouteurs, racleurs de substrat
<b>VERS</b>								
<b>ACHETES</b>								
Erpobdellidae	1				2	0,24	variés	prédateurs avaleurs
Glossiphoniidae			7	0,34	10	1,22	variés	suceurs de sang
Piscicolidae			1	0,05				
<b>OLIGOCHETES</b>								
		1	474	23,01	204	24,91	sables, vases, végétaux	mangeurs de substrat
<b>HYDRACARIENS</b>								
			6	0,29	5	0,61		
<b>CNIDAIRES</b>								
			3	0,15	1	0,12		
			2060		819			

Figure 17 : Liste des taxons récoltés sur les 2 stations du Linoléum.

### 3.1.1.2.7. Composition faunistique

Les deux stations présentent une distribution en macro-invertébrés très semblable et de relativement bonne diversité, puisque respectivement, 20 et 19 taxons ont été capturés. Le total des taxons pour l'ensemble du cours d'eau est de 22 groupes faunistiques.

Pour les deux stations, trois taxons sont très largement représentés, bien que présents dans des ordres d'abondance différents.

Les crustacés *Gammaridae* représentent respectivement 42,72 % et 48,96 % des effectifs totaux.

Les Diptères *Chironomidae* sont le deuxième taxon (31,07 %) de la station 1 et le troisième taxon (18,93 %) de la station 2.

Les Oligochètes se classent en troisième position sur le premier site (23,01 %) et en seconde place sur la deuxième station (24,91 %).

Sur la station 1, les trois taxons principaux représentent 97% des effectifs. De même, les trois premiers taxons de la station 2 correspondent à près de 93% du peuplement.

Le groupe indicateur le plus élevé est différent pour chaque site. Le premier est représenté par les Trichoptères *Sericostomatidae* (GI=6). Ce sont des broyeurs détritivores qui occupent de préférence les pierres et le sable dont ils se servent pour la confection de leurs fourreaux. Sur la station, ils ne représentent cependant que 0,15% du peuplement benthique.



Figure 18 : Fourreaux de Trichoptères (un *Limnephilidae* et deux *Sericostomatidae*) © BIEF, 2005

Le second site a pour taxon indicateur les crustacés *Gammaridae* (GI=2). Deux familles de Trichoptères sont présentes mais en nombre trop faible et donc non significatif pour l'application du calcul de la note finale.

Les *Gammaridae* représentent près de 49% du site et ce sont des broyeurs omnivores. Toutes les classes de taille, donc d'âge, sont représentés sur cette station, tout comme sur la station 1.

L'abondance de débris végétaux explique probablement la présence de nombreux taxons à mode de nutrition « broyeurs ». Cette catégorie trophique est bien représentée par les *Gammaridae*, et dans une moindre mesure par les Trichoptères, les *Asellidae* et les Epheméroptères *Caenidae* et *Ephemerellidae*.

La qualité de l'eau, dynamique ou physico-chimique, ne semble pas permettre l'établissement permanent des taxons les plus polluosensibles, de GI > 2, malgré l'abondance de nourriture et la diversité des habitats. En effet, la proportion d'Ephéméroptères (GI=3) et de Trichoptères (GI=3 ou 6) est ultra minoritaire. L'écosystème benthique est donc très fragile car les hautes classes de la chaîne alimentaire sont négligeables.

La diversité des taxons identifiés dénote cependant la diversité des habitats présents : pierres et végétation, courants plus forts au centre du chenal et atténué sur les berges. La présence de végétaux de bordure est favorisée car le revêtement artificiel n'est pas omniprésent.

On notera encore, dans les deux stations, la présence de nombreuses coquilles de Mollusques vides.

### 3.1.1.2.8. Calcul de l'IBGN

D'après la liste faunistique, la variété taxonomique de ce cours d'eau ( $\Sigma t$ ) est obtenue par le nombre total de taxons relevés.

Avec le numéro d'ordre du groupe faunistique indicateur (GI), la note IBGN est obtenue en croisant ces deux valeurs dans le tableau de référence de la norme afin d'en obtenir les résultats suivants :

	Station 1	Station 2
Variété taxonomique de l'échantillon ( $\Sigma t$ )	20	19
Numéro d'ordre du groupe indicateur (GI)	6	2
Taxon indicateur	Trichoptère <i>Sericostoma</i> <i>tidae</i>	Crustacés <i>Gammaridae</i>
<b>Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)</b>	<b>11/20</b>	<b>7/20</b>
Qualité hydrobiologique	Moyenne	Médiocre
Couleur pour une représentation cartographique	Jaune	Orange

### 3.1.1.2.9. Taxons dominants : biologie et écologie

#### - Gammaridae

Ces crustacés amphipodes se caractérisent par un aplatissement latéral du corps. En général, il y a jusqu'à six portées par an chez les *Gammaridae*. Ils muent toute leur vie, celle-ci étant limitée à un ou deux ans.



1

Les *Gammaridae* sont détritivores, errant à la recherche de leur nourriture. Ils sont la proie des planaires, sangsues, poissons et oiseaux aquatiques. Ils sont, de plus, souvent parasités par des larves d'Acanthocéphales qui leur donnent leur couleur jaune-orangée.

Les *Gammaridae* occupent tous les types d'habitats : des lotiques aux lentiques, et dans les eaux saumâtres aux eaux douces, acides ou calcaires.

### **- Oligochètes**

Les Oligochètes sont hermaphrodites. La reproduction sexuée aboutit à la production de cocons libres ou fixés. Du cocon sortent des Oligochètes miniatures avec en général un nombre réduit de segments.

La reproduction peut aussi se faire par fragmentation. Un individu se fragmente en plusieurs individus qui après régénération redonneront de nouveaux individus.

Leur durée de vie varie de quelques semaines à quelques mois, voire quelques années chez certains *Tubificidae*.



1

Les *Naididae* et les *Tubificidae* sont exclusivement aquatiques. De très nombreuses espèces étant fousseuses, beaucoup d'espèces sont plus ou moins strictement inféodées au milieu souterrain.

Les Oligochètes sont majoritairement détritivores, se nourrissant de matière organique fortement décomposée.

### **- Chironomidae**

C'est une famille dont le biotope est très variable. Ils colonisent aussi bien la vase que les macrophytes et les substrats durs. C'est pourquoi on le retrouve en proportion importante dans la plupart des relevés.



1

Leur reproduction est toujours sexuée, bien qu'il puisse exister des cas de parthénogénèse. Le rapprochement entre les sexes peut donner lieu à la formation d'essaims comprenant parfois des milliers d'individus.

Les œufs sont pondus dans l'eau en une masse unique au sein d'une matrice gélatineuse. La durée du cycle vital est de quelques semaines chez les *Chironomidae*.

Le régime alimentaire est très varié : il existe des formes racleuses de substrat, des formes filtreuses et des formes prédatrices.

#### **3.1.1.2.10. Variabilité spatiale du peuplement**

A partir des résultats des points de mesure 1 et 2, on remarque que les deux notes sont de 11/20 et 7/20 et qu'on retrouve globalement les mêmes taxons (*Gammaridae*, *Chironomidae* et *Oligochètes*) mais dans des proportions et des ordres différents.

Les deux points ne semblent être différenciés que par l'impact de la largeur et de la profondeur, seules variables physique sentre les deux bras, sur la répartition des populations dans les habitats.

Si le point 1 semble présenter une meilleure qualité (classe moyenne) par la présence de GI=6 en quantité significative, on a vu que leur absence aboutirait à une configuration qu'on retrouve au point 2 (classe médiocre).

La persistance des espèces les plus polluosensibles du cortège du Cailly semble donc être due à une dilution des polluants dans le grand bras par rapport au petit.

#### **3.1.1.2.11. Perturbations par les métaux lourds**

Les *Chironomidae* sont résistants aux pollutions par les métaux lourds. Les *Oligochètes* également offrent une grande tolérance au plomb, cuivre, zinc et cadmium.

Par conséquent, l'absence ou le faible effectif de taxons sensibles permet d'envisager une pollution aux métaux lourds.

En effet, l'absence des Mollusques vivants permet de penser que le site d'étude présente une importante pollution de l'eau au zinc, plomb et cadmium. Les bivalves et gastéropodes ont en effet une forte sensibilité à ces métaux.

### 3.1.1.2.12. Niveau de polluosensibilité

En conclusion, la diversité totale des taxons de macro-invertébrés est de 22, mais les groupes indicateurs (GI) restent faibles avec un maximum égal à 6. Les notes IBGN sont de 11/20 et 7/20.

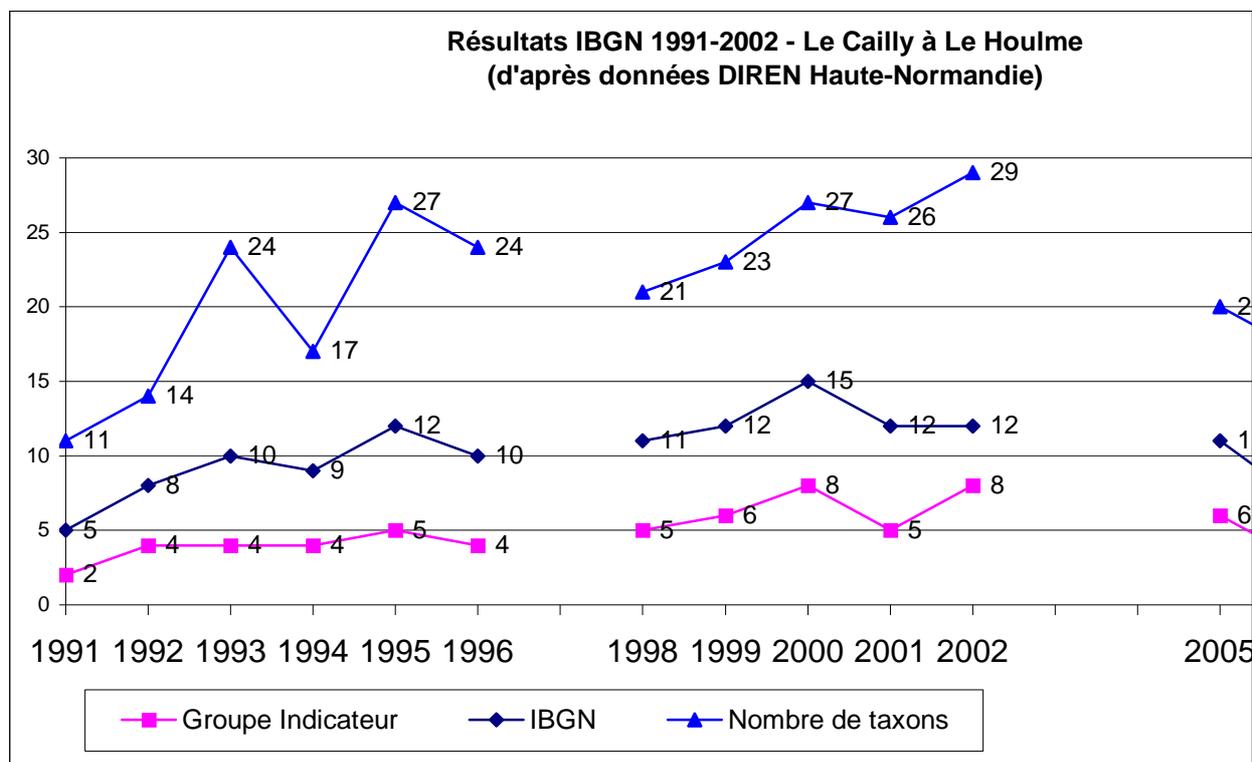
La polluosensibilité est donc moyenne pour les matières phosphorées et azotées. L'absence de mollusques vivants permet de suspecter une pollution forte de l'eau aux métaux lourds.

Les deux valeurs sont classées en jaune et orange sur l'échelle du Seq-Eau, c'est à dire d'une qualité moyenne et médiocre. Ces données montrent donc bien une certaine épuration du milieu et l'analyse IBGN confirme la présence de macro-invertébrés détritivores.

La présence d'arbres le long de la berge est un atout majeur dans l'apport de nourriture et permet la présence de broyeurs détritivores ou herbivores stricts, et donc une variété des modes de nutrition.

La fragilité du peuplement benthique s'observe également par le fait que de nombreux taxons présents n'est rencontré qu'à moins de 5 exemplaires. Ainsi, en cas de dégradation supplémentaire du milieu, la capture pourrait ne présenter que peu de taxons et un GI très faible, d'où une valeur IBGN en baisse. Cette dérive correspondrait à une qualité hydrobiologique très mauvaise.

La polluosensibilité est donc forte pour les matières phosphorées et azotées. L'absence de mollusques pourrait montrer une pollution de l'eau aux métaux lourds.



Le graphique ci-dessus permet de comparer les données existantes avec les mesures effectuées in-situ dans le cadre spécifique du diagnostic écologique du Linoléum.

Il semble que le pic qualitatif de 15/20 en 2000 soit bien passé et que la décrue est effective. Si l'on repasse à des notes des années 1995-1999, la différence réside dans le nombre total de taxon, qui par comparaison devient parmi les plus faibles depuis le début des mesures.

### 3.1.2. Données sur les peuplements piscicoles

Le Schéma Directeur à Vocation Piscicole (SDVP) de Seine-Maritime donne une description du Cailly et nous renseigne sur sa qualité piscicole entre Le Houlme et Notre-Dame-de-Bondeville.

Le bassin versant total du Cailly est de 270 km<sup>2</sup> pour une longueur de 28,35 km. Sa source se situe à 128 mètres d'altitude et sa confluence avec la Seine à Rouen est à 5 mètres au dessus du niveau de la mer. Le secteur du Linoléum est environ à 6 km de la confluence avec la Seine.

Le régime hydraulique du Cailly est de type pluvial fortement influencé par la stabilité de l'aquifère (nappe de la Craie du Crétacé Supérieur). L'importance du ruissellement sur les surfaces imperméabilisées urbaines peut provoquer une importante montée des eaux lors des fortes précipitations. Ces eaux de ruissellement sont chargées en matières en suspension, hydrocarbures et métaux.

Le SDVP recense aussi les problèmes majeurs liés aux usages de l'eau sur le Cailly. Les stations d'épuration de Montville et de Cailly, à l'amont de la zone d'étude, présentent des dysfonctionnements chroniques avec départs de boues fréquents pour la première, et la gestion de la seconde mériterait d'être améliorée.

Les industries, et notamment les teintureries de Malaunay, rejettent des matières organiques, colorants, émulsions, et des inhibiteurs biologiques toxiques. Ces rejets ont un impact négatif direct sur la vie aquatique animale et végétale, et indirectement par le colmatage des habitats par la sédimentation des charges organiques apportées.

Le Cailly est classé en première catégorie piscicole sur l'ensemble de son linéaire et est entièrement situé sur des domaines privés. La rivière a une vocation salmonicole car sa position sur le linéaire de la Seine et sa granulométrie grossière à l'aval surtout, sont des atouts dans l'accueil potentiel de la truite de mer. Cependant, ce potentiel est actuellement très fortement compromis par des eaux trop turbides et un nombre d'ouvrages hydrauliques trop nombreux et le plus souvent vétustes ou sans utilité.

Le peuplement piscicole du Cailly au droit du site du Linoléum est déduit grâce aux résultats de pêches effectuées en plusieurs points du cours d'eau de l'aval vers l'amont. La station RHP de Malaunay est étudiée depuis 1995.

Site	Espèces observées	Remarque
Entre Déville et la Seine	Anguille	Biomasse comprise entre 151 et 250 kg/ha

Février 2006

Linoléum	Chabot, Truite fario	Individus observés lors des mesures IBGN
Malaunay, station RHP n°03760070	Truite fario, Chabot, Anguille, Epinoche	Biomasse totale faible : < 20 kg/ha
Montville	Truite fario, Chabot, Epinoche	Biomasse totale forte : > 250 kg/ha
Amont, à 8 km de la source	Truite fario, Chabot, Brochet, Epinoche, Epinochette	Biomasse totale forte : > 250 kg/ha

C'est donc un total de 7 espèces qui sont susceptibles d'être rencontrées dans les deux bras du Cailly traversant le Linoléum.



Figure 19 : Très petits chabots observés dans la Cailly traversant le Linoléum.

Le SDVP ne mentionne pas la présence de la zone humide formée par le débordement du petit bras du Cailly dans le secteur naturel du Linoléum. Plusieurs piscicultures à truite arc-en-ciel sont présentes à l'amont de la zone d'étude, à Montville.

La qualité de l'eau du Cailly au niveau du Linoléum est actuellement de 2 (moyenne) et l'objectif est de 1B (bonne) comme sur tout le cours d'eau mis à part les 3 km depuis la Seine.

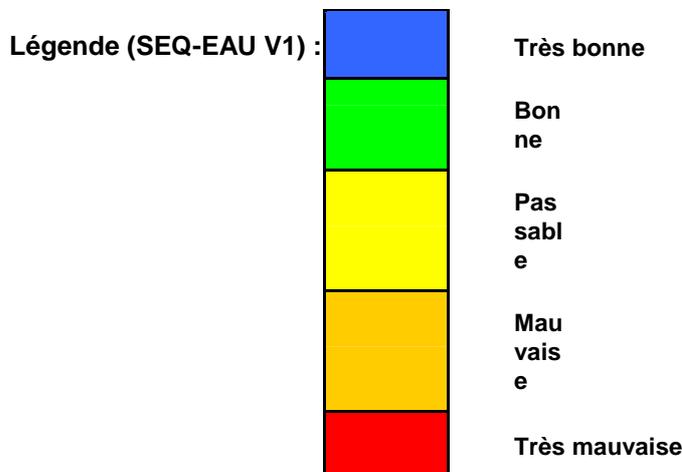
La station de mesure du Réseau National de Bassin située sur le Cailly à Rouen fournit des informations sur la qualité de l'eau sur l'année écoulée. On peut remarquer que pour les paramètres pris en considération, ce sont les matières azotées et les nitrates qui sont les substances les plus polluantes. Les matières organiques oxydables également montrent un pic de pollution en été, mais une nette amélioration à la fin de l'automne et au début du printemps.

Le Cailly à Rouen (203050)	MOX	Matières azotées	Particules en suspension	Nitrates	Phosphore	Indice de qualité (hors nitrates)	Indice de qualité (avec nitrates)
juillet - août 2004	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
septembre - octobre 2004	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow
novembre - décembre 2004	Blue	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow

Février 2006

janvier - février 2005							
mars - avril 2005							

Source : DIREN - SNS



Sur cette même période, les bulletins hydrologiques de la DIREN Haute-Normandie donnent des informations mensuelles sur le débit et la qualité du Cailly. L'évolution des paramètres en relation avec la vie piscicole (température et oxygène, nitrites et nitrates) sont décrits ci-dessous.

En juillet-août 2004, la température des eaux oscille entre 12°C et 19°C. Les teneurs en oxygène et pourcentage de saturation n'indiquent pas une perturbation liée à un excès de pollution ou à de l'eutrophisation. Les teneurs en nitrates dans les eaux se situent entre 13 mg/l et 36 mg/l, plutôt stables par rapport à mai-juin.

En septembre-octobre 2004, le niveau des températures des eaux décroît très lentement, les relevés se situent entre 15°C et 10°C et l'oxygénation est satisfaisante en tout point. Les altérations du cycle de l'azote restent limitées à l'apparition de valeurs sensibles en nitrites. Les valeurs en nitrates se situent entre 14 et 60 mg/l.

Les températures de novembre à décembre 2004 se situent entre 5 et 10°C. Les teneurs en oxygène sont bonnes aux environs de 10 à 12 mg/l O<sub>2</sub>. Des perturbations du cycle de l'azote sont à noter avec des teneurs en nitrites et ammonium non négligeables. Les valeurs en nitrates sont stables et oscillent entre 15 et 40 mg/l.

Les températures de l'eau ont diminué au mois de février 2005 pour atteindre les 6°C. L'oxygénation de l'eau est correcte. Les valeurs en nitrites sont supérieures à 0,1 mg/l et sont le paramètre déclassant. Les teneurs en nitrates restent stables et oscillent entre 17 et 39 mg/l.

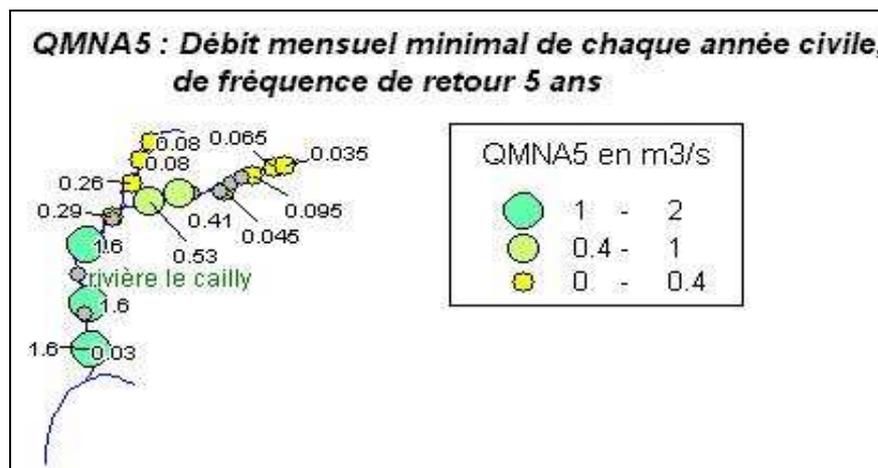


Figure 20 : Le QMNA5 du Cailly au droit du Linoléum est de 1,6 m<sup>3</sup>/s.

## 3.2. Diagnostic faune et flore

### 3.2.1. Espaces protégés

Il n'y a pas de site NATURA 2000 à proximité du site du Linoléum. Par contre, il existe deux Znieff sur les communes du Houlme et de Notre-Dame-de-Bondeville (source DIREN Haute-Normandie)

La Znieff de type I n°0223.0000 « Le bois de l'Abbaye » occupe une superficie totale de 175,31 hectares et est composée essentiellement de bois humides et de bois calcicoles.

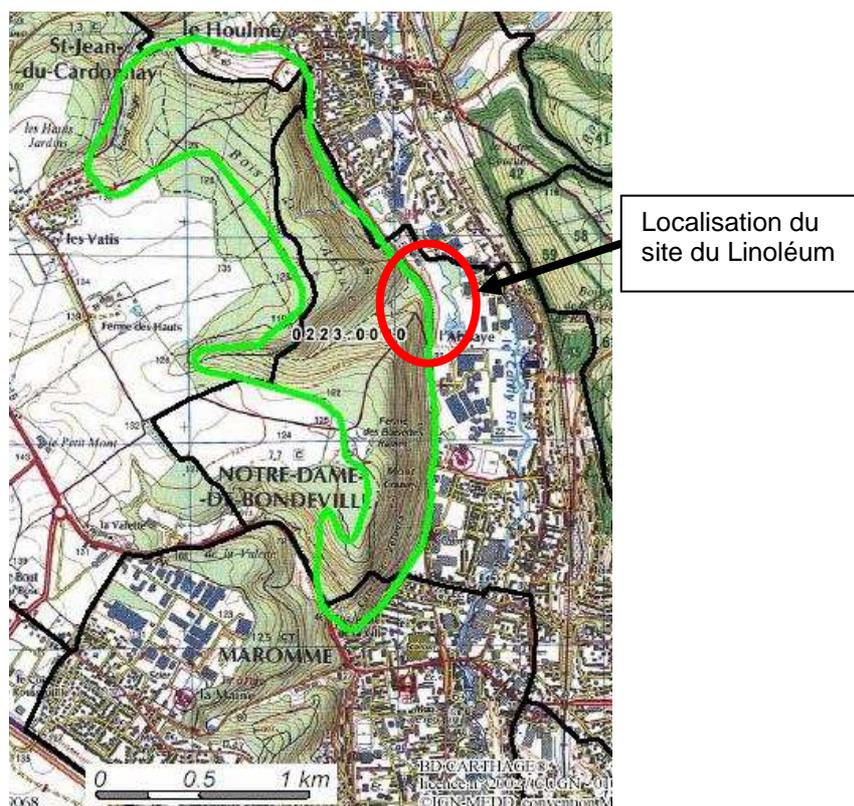


Figure 21 : La Znieff se situe à l'ouest du Linoléum.

Ce bois calcicole frais, bien que dégradé dans certains secteurs, conserve des potentialités pour abriter une flore remarquable. En effet, il possède des caractéristiques stationnelles d'affinités montagnardes. On note ainsi la présence de :

- l'épiaire des Alpes (*Stachys alpina*)
- la petite pyrole (*Pyrola minor*)
- la jonquille (*Narcissus pseudonarcissus*)

Plusieurs espèces d'orchidées ont été observées :

- orchis militaire (*Orchis militaris*)
- platanthère verdâtre (*Platanthera chlorantha*)

Cet ensemble boisé, assez hétérogène, est composé de groupements de chênes, accompagnés de hêtres, bouleaux, châtaigniers et charmes. Soumis à une faible pression anthropique, ce bois constitue encore un refuge pour les oiseaux et quelques mammifères. En définitive, il joue un rôle fonctionnel important : élément de diversité, zone refuge pour la flore et la faune, et rôle anti-érosion.

L'enrésinement (épicéas principalement), et la plantation d'essences comme le merisier par exemple constitue une menace pour le site : il existe un risque d'appauvrissement du cortège floristique. D'autre part, on note une anthropisation importante, du fait de la proximité d'une agglomération de grande taille.

La cueillette des jonquilles est irraisonnée, entraînant de surcroît le piétinement du sol. Des décharges sauvages ont aussi été observées. Il est donc nécessaire de

mettre en place une gestion adaptée à ce type de milieu, pour conserver les richesses floristique et faunistique.

La Znieff de type II n°0211 « La Forêt Verte » se situe à l'est du secteur du Linoléum. D'une superficie de 1683,76 hectares, elle se compose de bois calcicoles et de groupement boisés variés non calcicoles.

Ce massif forestier domanial est caractérisé par une succession de formations acidiphiles des plateaux d'argile à silex, de formations calcicoles de pente et de colluvions à humus doux de fond de thalweg. Cette diversité de milieux est à l'origine de la richesse floristique de la Znieff.

La plus grande diversité floristique se trouve dans les fonds de vallons. On peut observer des groupements de jacinthes et d'orchidées comme :

- la néottie nid d'oiseau (*Neottia nidus avis*), espèce remarquable et peu fréquente
- l'orchis de mai (*Dactylorhiza majalis*), protégé au niveau régional

Les entités phytosociologiques rencontrées sont le *Querceto-Fagetea* et le *Fraxino-Carpinion*.

Cette forêt abrite également de nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères, dans les secteurs où la pression anthropique n'est pas trop élevée. L'anthropisation importante due à la grande fréquentation des promeneurs de l'agglomération rouennaise est une menace qui pèse sur le site.

### 3.2.2. Inventaire floristique

#### 3.2.2.1. Végétation des berges du Cailly

L'inventaire floristique du secteur du Linoléum a été effectué les 28 et 29 juillet 2005. Depuis la limite sud de la zone d'étude, à environ 1000 mètres à l'aval du secteur du Linoléum, on observe sur ce linéaire une homogénéité des peuplements de végétaux aquatiques et rivulaires.

Dans le lit mineur du Cailly, on observe régulièrement une couverture de végétation plutôt dense dont les espèces principales sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Callitriches	<i>Callitriche sp.</i>	++
Myriophylles	<i>Myriophyllum spicatum</i>	+
Cresson	<i>Nasturtium officinale</i>	+
Oenanthe	<i>Oenanthe sp.</i>	+

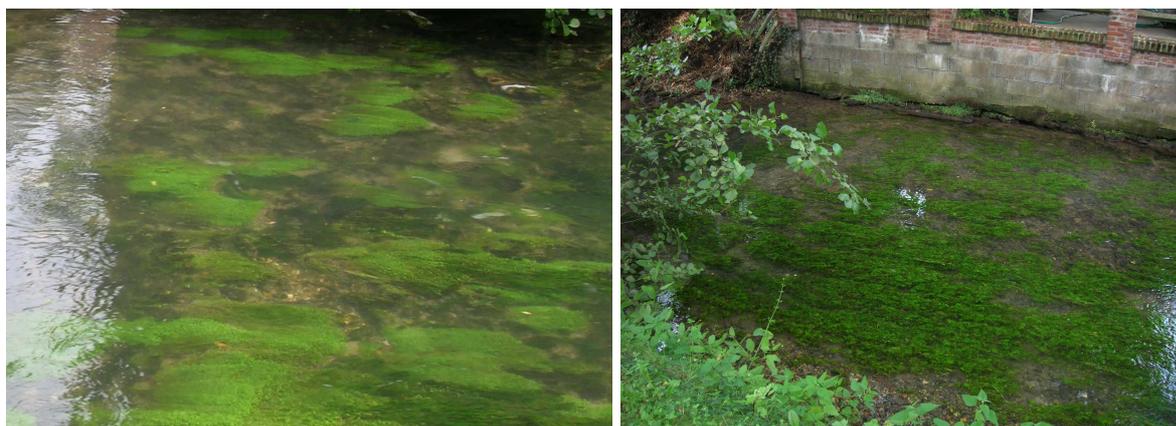


Figure 22 : Le lit mineur est bien végétalisé par les Callitriches notamment.

Les callitriches sont d'autant plus fréquents si le cours d'eau est éclairé.

Sur les berges, il existe parfois des chemins gravillonnés ou des aménagements privés à l'arrière des habitations. Le plus souvent la végétation sauvage est fauchée ou remplacée par des pelouses. La distribution floristique observée est en particulier représentée par les espèces suivantes :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Ortie	<i>Urtica dioica</i>	++
Salicaire	<i>Lythrum salicaria</i>	++
Osier	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	++
Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	++
Epilobe hirsute	<i>Epilobium hirsutum</i>	++
Ronce	<i>Rubus fruticosus</i>	+
Armoise	<i>Artemisia vulgaris</i>	+
Clématite des haies	<i>Clematis vitalba</i>	+
Roseau	<i>Phalaris arundinacea</i>	+

Epilobe	<i>Epilobium hirsutum</i>	+
Aulne glutineux	<i>Alnus glutinosa</i>	+
Sureau	<i>Sambucus nigra</i>	-
Prêle	<i>Equisetum sp.</i>	-
Liseron des haies	<i>Convolvulus sepium</i>	-
Erable sycomore	<i>Acer campestre</i>	-
Hêtre	<i>Fagus silvatica</i>	-
Peuplier d'Italie	<i>Populus sp.</i>	-
Saule pleureur ( planté )	<i>Salix sp.</i>	-
Frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>	-
Bardane	<i>Arctium lappa</i>	-
Lierre	<i>Hedera helix</i>	-
Aubépine	<i>Crataegus monogyna</i>	-
Trèfle blanc	<i>Trifolium album</i>	-
Lamier	<i>Lamium album</i>	-
<i>Cirse faux-épinard</i>	<i>Cirsium oleraceum</i>	-
Reine des près	<i>Filipendula ulmaria</i>	-
Iris	<i>Iris pseudacorus</i>	-
Scrofulaire	<i>Scrophularia nodosus</i>	-
Millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	-
Renouée du Japon	<i>Fallopia japonica</i>	- -



**Figure 23 : végétation rivulaire typique : Phalaris et Cresson (à gauche), Salicaires (à droite).**

Derrière des immeubles à Notre-Dame-de-Bondeville, un pêcheur signale la présence de truites dans le Cailly. Une dizaine de canards colverts y sont également visibles, comme le montrent les photos ci-après. C'est dans cette zone aussi que se situent quelques pieds de Renouée du Japon, une espèce envahissante.



**Photo 3 : De nombreux canards côtoient le Cailly.**

A l'approche du secteur du Linoléum, la rivière est devenue très peu végétalisée, et on y observe par contre de nombreux déchets métalliques (pièces automobiles, matériel de bricolage...) ou pharmaceutiques (boîtes de médicaments, plaquettes...).



Figure 24 : Nombreux déchets dans le Cailly, derrière la piscine.

### **3.2.2.2. Végétation du secteur du Linoléum**

Le terre-plein du Linoléum est une zone plus ou moins plane d'environ 30 hectares dont les typologies phytosociologiques sont variables. En effet, lors de l'inventaire floristique, pas moins de onze zones différentes ont pu être isolées, elles sont nommées de A à K et décrites ci-dessous.

La carte précise l'emplacement des zones sur le secteur du Linoléum. Le plan montre également des zones grisées urbanisées. Elles correspondent à des surfaces privées occupées par des routes, des pavillons, des jardins, des bâtiments industriels en activité ou désaffectés, ainsi que des parkings.



### 3.2.2.1. Inventaire des zones A et B

Ces zones correspondent à des terrains en friche. Elles se situent à gauche de l'entrée principale du site du Linoléum.



Figure 25 : Vue sur la zone A à gauche, et sur la zone B à droite.

La liste floristique des espèces majoritaires est présentée dans le tableau ci-dessous :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Arbuste aux papillons	<i>Buddleja davidii</i>	+++
Saule marsault	<i>Salix capreae</i>	++
Peuplier ( jeunes )	<i>Populus sp.</i>	++
Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	++
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>	-
Tussilage	<i>Tussilago farfara</i>	-
Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>	-

La zone B est une variante de la zone A. Elle est plus proche des bâtiments. D'une manière générale, la strate est plus humide le long des bâtiments et plus arbustive le long du ruisseau. L'inventaire floristique sur la zone B comprend donc les mêmes espèces que la zone A, avec de nouvelles espèces inédites.

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Arbuste aux papillons	<i>Buddleja davidii</i>	+++
Mélilot blanc	<i>Melilotus alba</i>	++
Millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	+
Ortie	<i>Urtica dioica</i>	-
Galéga officinal	<i>Galega officinalis</i>	-

Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	-
Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>	-
Ronce	<i>Rubus fruticosus</i>	-
Armoise	<i>Artemisia vulgaris</i>	-
Saule marsault	<i>Salix capreae</i>	-
Trèfle couché	<i>Trifolium campestre</i>	-
Aster	<i>Aster sp.</i>	-

Ces deux zones, bien que différentes sur le nombre d'espèces observées, montrent leur appartenance au même milieu, par des plantes pionnières (Buddleja) et humides (Eupatoire, Saules, Galéga). Le Buddleja a la particularité d'attirer de nombreux insectes pollinisateurs.

La zone B marque la transition vers la zone C par la présence de quelques déchets, comme des bouteilles de gaz...



Figure 26 : Déchets en zone B

### 3.2.2.2. Inventaire sur la zone C

Outre la végétation, il est possible ici d'observer de nombreux déchets dont un florilège est présenté ci-dessous :



Le *buddleja* est très abondant dans ce secteur, sur un sol composé de gravier. La diversité végétale est nettement en baisse et les rares espèces présentes sont répertoriées ci-après :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Arbuste aux papillons	<i>Buddleja davidii</i>	+++
Millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	-
Peuplier	<i>Populus sp.</i>	-
Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	-

**3.2.2.2.3. Inventaire sur la zone D**

La diversité botanique s'améliore ensuite nettement en zone D, située entre les deux digues et s'étendant quasiment jusqu'à la limite sud du site du Linoléum.

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Epilobe	<i>Epilobium hirsutum</i>	+
Bardane	<i>Arctium lappa</i>	-
Millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	-
Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>	-
Tussilage	<i>Tussilago farfara</i>	-
Digitale jaune	<i>Digitalis lutea</i>	-
Onagre bisannuelle	<i>Oenothera biennis</i>	-
Petite centaurée	<i>Centaureum minus</i>	-
Scrofulaire noueuse	<i>Scrophularia nodosa</i>	-
Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i>	-
Panais	<i>Pastinaca sativa</i>	-
Molène blattaire	<i>Verbascum blattaria</i>	-

Cette zone comprend toujours des espèces inféodées aux milieux caillouteux, aux remblais et décombres.

A l'approche du ruisseau, au sud, des lièvres ou des lapins parcourent la zone. Plus on s'approche du cours d'eau, plus la couverture végétale est dense, ce qui rend son accès difficile :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Aulne	<i>Alnus glutinosa</i>	++
Ortie	<i>Urtica dioica</i>	++
Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	+
Trèfle jaune	<i>Trifolium repens</i>	-
Iris	<i>Iris pseudacorus</i>	-

### 3.2.2.4. Inventaire de la zone E

La zone E, longe le ruisseau, et présente les mêmes 5 espèces que la zone D citées dans le tableau précédent plus des espèces supplémentaires et nouvelles :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Panais	<i>Pastinaca sativa</i>	++
Tussilage	<i>Tussilago farfara</i>	+
Renouée du Japon	<i>Fallopia japonica</i>	-
Liseron des haies	<i>Convolvulus sepium</i>	-
Orpin blanc	<i>Sedum album</i>	-
Molène noire	<i>Verbascum nigrum</i>	-
Osier fleuri	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	-

Le sol est caillouteux et la zone est donc largement favorable au Panais sur la partie centrale et au Tussilage sur des aires ombragées.



Figure 27 : Renouée du Japon, Osier fleuri et Orpin blanc de la zone E.

### 3.2.2.5. La zone F

Elle se distingue de la zone D par le fait qu'elle est constituée de monticules de terres plus ou moins disposées en digue anti-cruée. Sur ces digues, la végétation est dominée par la ronce (*Rubus fruticosus*).

Lorsqu'on traverse cette zone F jusqu'à la zone G, on rencontre des pieds de *Juncus effusus*.

### 3.2.2.2.6. La zone G : la zone humide

Le sol n'est que très légèrement humide, il n'y a pas d'eau et est accessible à pied.

La végétation est typiquement inféodée aux zones humides, comme le montre la liste ci-dessous :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Panais	<i>Pastinaca sativa</i>	++
Rumex	<i>Rumex crispus</i>	++
Osier fleuri	<i>Chamaenerion angustifolium</i>	++
Jonc	<i>Juncus effusus</i>	+
Salicaire	<i>Lythrum salicaria</i>	+
Renouée persicaire	<i>Polygonum persicaria</i>	+
Ortie	<i>Urtica dioica</i>	-
Roseau	<i>Phalaris arundinacea</i>	-
Scrofulaire	<i>Scrophularia nodosa</i>	-
Consoude	<i>Symphytum officinale</i>	-

### 3.2.2.2.7. La zone H

Cette zone est constituée d'un secteur forestier comme le montrent les photos suivantes :



Figure 28 : vues sur la zone H

Février 2006

Les principales essences forestières sont les suivantes :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Tilleul	<i>Tilia platyphyllos</i>	-
Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>	-
Lierre	<i>Hedera helix</i>	-
Marronnier	<i>Aesculus hippocastanum</i>	-

Dans ce secteur, la forêt est traversée par le petit bras du Cailly. Le cours d'eau a aussi la particularité d'accumuler de nombreux déchets.



Figure 29 : Déchets dans le petit bras du Cailly.

**3.2.2.2.8. Zone I : La « héronnière »**



Figure 30 : vue sur la zone de la héronnière

La zone est très abondamment recouverte de hautes tiges d'orties (+++) et ronces (++). Il n'y avait pas d'eau au moment de la prospection.

### 3.2.2.2.9. La zone J

Dans cette zone également, vers l'aval, l'accès est difficile en rive gauche du fait de la présence très abondante d'orties (+++) et de ronces.

Entre les zones J et K, on traverse un secteur désaffecté jonché de nombreux déchets :



Figure 31 : Vue sur des bâtiments désaffectés.

### 3.2.2.2.10. La zone K

A l'entrée de la zone K, on observe les espèces suivantes :

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Arbuste aux papillons	<i>Buddleja davidii</i>	+
Pousses de saules	<i>Salix sp.</i>	-
Peupliers	<i>Populus sp.</i>	-
Tanaisie	<i>Tanacetum vulgare</i>	-
Aubépine	<i>Crataegus monogyna</i>	

La zone K est caractérisée par un ensemble de tas de gravats dont la typologie végétale est particulière.



Figure 32 : Vues sur la zone K

Nom commun	Nom scientifique	Abondance sur site
Ronce	<i>Rubus fruticosus</i>	+++
Camomille	<i>Matricaria chamomilla</i>	++
Coquelicot	<i>Papaver rhoeas</i>	+
Aubépine	<i>Crataegus monogyna</i>	+
Chélidoine	<i>Chelidonium majus</i>	-
Tanaisie	<i>Tanacetum vulgare</i>	-
Menthe blanche	<i>Mentha spicata</i>	-
Lierre terrestre	<i>Glechoma hederacea</i>	-
Centauree scabieuse	<i>Centaurea scabiosa</i>	-
Clématite	<i>Clematis flammula</i>	-
Ortie	<i>Urtica dioica</i>	-
Eupatoire	<i>Eupatorium cannabinum</i>	-
Frêne	<i>Fraxinus excelsior</i>	-
Charme	<i>Carpinus betulus</i>	-

### 3.2.3. Les peuplements forestiers et leur gestion

Suivant les modalités de renouvellement de la forêt, se distinguent : la futaie, régénérée par semis, le taillis, rajeuni par rejets de souches, le taillis sous futaie, qui utilise ces deux modes de renouvellement, juxtaposant des taillis et des arbres de futaie appelés « réserves ».

La forêt originelle était une futaie d'aspect irrégulier, composée de feuillus où le chêne dominait. elle a été profondément modifiée sous l'action de l'homme. Celui-ci a initialement développé très largement dans les forêts situées autour de Rouen, le taillis, puis le taillis sous futaie générateur, sensiblement à part égale, de bois de feu et de bois d'œuvre.

Ensuite, le forestier s'est attaché, pour des raisons écologiques, économiques et sylvicoles, à développer la futaie. Cette évolution, progressive et lente, n'est pas encore achevée dans les forêts rouennaises. Le taillis et le taillis sous futaie occupent toujours une place non négligeable.

Actuellement, les feuillus forment 70% des boisements. Le hêtre est largement présent dans les futaies, où il forme parfois des peuplements purs. Le chêne l'emporte dans les taillis sous futaie. Le sylviculteur s'emploie à obtenir la régénération naturelle des peuplements parvenus à maturité, et en cas d'insuccès, des plantations sont effectuées.

Le pin sylvestre est le mieux représenté des résineux. Les magnifiques vieux peuplements témoignent de sa réussite et de l'adéquation de son emploi avec le milieu. Des essais d'introduction d'essences résineuses variées (pin Laricio, Douglas, mélèze...) viennent accroître la diversité des peuplements forestiers et une utilisation optimale de la variabilité de la qualité des sols. C'est ce même principe qui a permis l'introduction d'espèces feuillues nouvelles dont le chêne rouge d'Amérique.

A l'est du site du Linoléum se trouve la Forêt Verte. D'une superficie totale de 1398 hectares, elle est située principalement sur de bons sols et porte de magnifiques futaies de hêtres. Des îlots résineux d'essences variées, couvrant 13% de la surface, sont disséminés parmi les feuillus.

La vallée du Cailly, dans la zone d'étude, est bordée de part et d'autre par un écosystème forestier. Ces forêts font notamment l'objet de fiches de la part de l'Office National des Forêts (ONF). Ce sont les forêts publiques soumises au régime forestier, gérées par l'ONF.

Sur les deux communes concernées par l'étude, il existe deux fiches distinctes. La « Fiche n°52 : La Muette » en rive gauche du Cailly est présentée par un extrait de carte ci-dessous. D'une superficie totale de près de 500 hectares, il sont la propriété du Syndicat des Biens Communaux de la Muette. Les parcelles les plus proches sont le bois de la Cote de Bondeville.

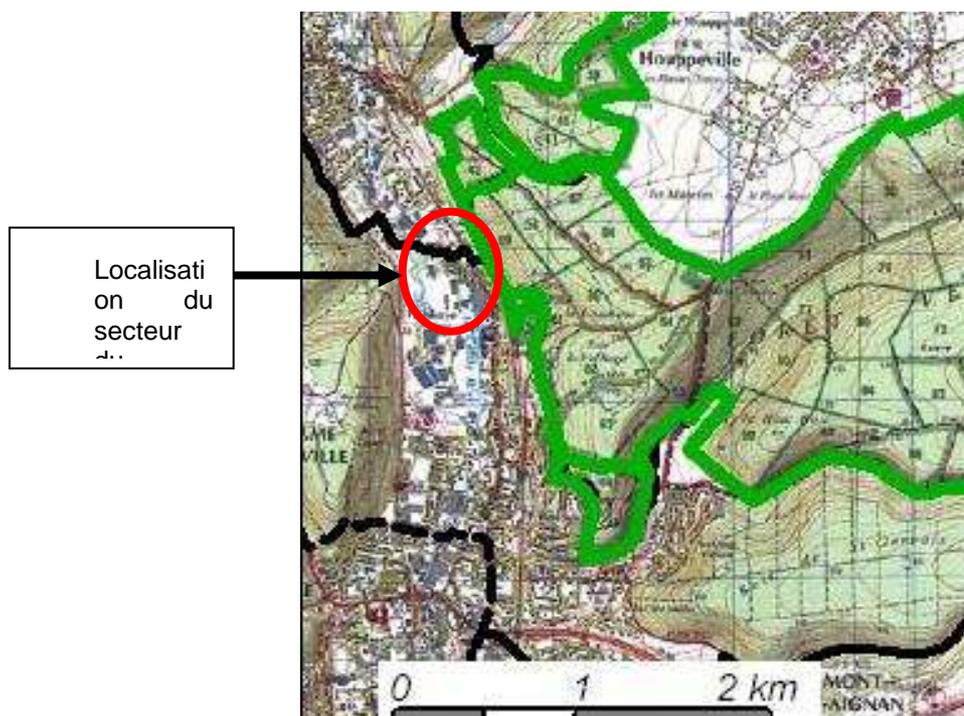


Figure 33 : extrait de la fiche ONF n°52

La forêt décrite par la « Fiche n°55 : Notre-Dame-de-Bondeville » se situe au sud-est de la zone du Linoléum. D'une superficie de près de 14 hectares, la forêt appartient à la commune de Notre-Dame-de-Bondeville.

#### 3.2.4. La faune forestière

Outre la petite faune habituelle (renard, lapin, lièvre, bécasse, buse, etc.) les forêts voisines du secteur d'étude, même les plus fréquentées, renferment de grands animaux. Sont présents, sur l'ensemble des propriétés, le chevreuil et le sanglier. Le cerf n'est sédentaire que dans le seul massif de Roumare.

Le chevreuil, le sanglier et le petit gibier sont chassés à tir. Le cerf est, en forêt domaniale de Roumare, chassé à tir selon la méthode calme, silencieuse et sélective de la chasse à l'approche, pratique adaptée en forêt périurbaine. La chasse est nécessaire pour réguler les populations animales susceptibles, en cas de surabondance, de mettre en péril les cultures forestières et agricoles, voire leur propre survie.

### 3.3. Conclusions

#### 3.3.1.1. La faune et la flore

Au regard des espèces végétales et animales recensées, aucune espèce n'est inscrite sur les listes communautaires, nationales ou régionales.

L'écosystème humide est plutôt restreint en été, et sa diversité floristique est pour le moins banale. En eau, le secteur est probablement occupé par des batraciens, mais aucune trace n'en a été trouvée lors de la campagne de terrain d'été.

En cas de submersion prolongée, ces animaux pourraient se maintenir. mais il semble que la montée des eaux soit temporaire et n'ait pour conséquence que le dépôt de matières azotées dont la pullulation des orties est la preuve.

### **3.3.1.2. Le Cailly**

L'évolution des résultats IBGN montre que la qualité de l'eau tend à se dégrader depuis 2000. Il semble nécessaire de surveiller les ruissellements urbains et les rejets agricoles, industriels et des piscicultures de l'ensemble du bassin versant.

## 4.ETAPE 3 : CALIBRAGE DE LA ZONE D'EXPANSION DES EAUX

L'objectif de cette étape est d'étudier trois scénarii combinés d'aménagement sur le secteur du Linoléum.

Ces aménagements consistent :

- D'une part, à augmenter la capacité de stockage de la zone d'expansion des crues ;
- D'autre part, à définir sommairement les ouvrages de franchissement du Cailly pour la création d'une liaison routière entre la RN27 et la RD51 et traversant la zone d'étude (à environ 30 m de SANOFI).

### 4.1. Description des scénarii envisagés

Trois scénarii combinés d'aménagement ont été définis en collaboration avec le Maître d'Ouvrage.

#### 4.1.1. Scénario n°1

Dans le scénario n°1 envisagé, les aménagements sont les suivants (cf. figure 35) :

- ⇒ Etablissement d'une liaison routière traversant la zone avec deux ouvrages de franchissement du Cailly (l'un sur le grand bras et l'autre sur le petit bras),
- ⇒ Mise en place d'un remblai sur le secteur du Linoléum afin de protéger la zone d'activités des inondations,
- ⇒ Augmentation de la capacité de stockage de la zone d'expansion des crues depuis la défluence jusqu'à la route projetée par :
  - Elargissement du petit bras pour l'amener au minimum à 5 m à pleins bords,
  - Création d'une banquette de 5 m de large en rive gauche et en rive droite du petit bras et calée à 30 cm au-dessus du niveau normal des eaux.

#### 4.1.2. Scénario n°2

Dans le scénario n°2 envisagé, les aménagements sont les suivants (cf. figure 36) :

- ⇒ Etablissement d'une liaison routière traversant la zone avec deux ouvrages de franchissement du Cailly (l'un sur le grand bras et l'autre sur le petit bras),
- ⇒ Mise en place d'un remblai sur le secteur du Linoléum afin de protéger la zone d'activités des inondations,
- ⇒ Augmentation de la capacité de stockage de la zone d'expansion des crues depuis la défluence jusqu'à la route projetée par :

- Elargissement du petit bras pour l'amener au minimum à 5 m à pleins bords,
- Terrassement en rive gauche du petit bras jusqu'au premier remblai existant à 30 cm au-dessus du niveau normal des eaux,
- Terrassement en rive droite du petit bras sur 15 m de large à 30 cm au-dessus du niveau normal des eaux.

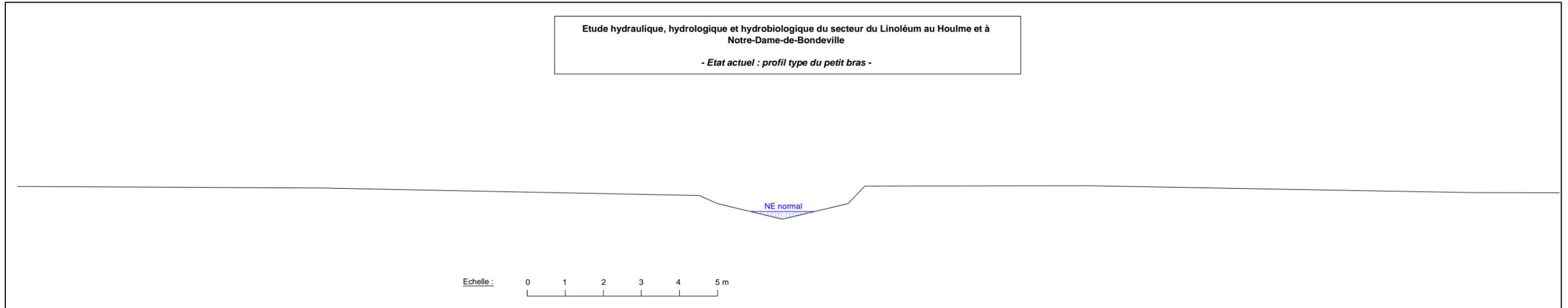


Figure 34 : profil type actuel du petit bras

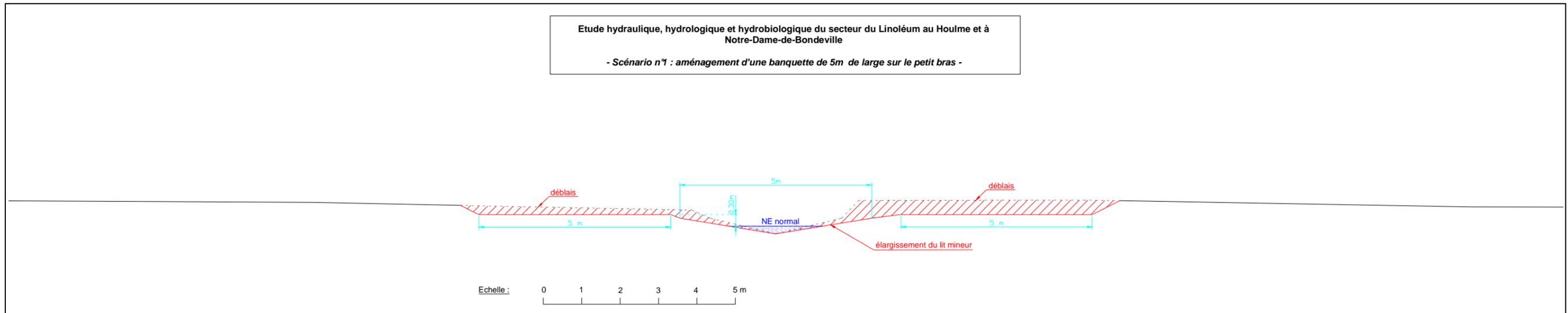


Figure 35 : coupe type des aménagements prévus dans le scénario n°1

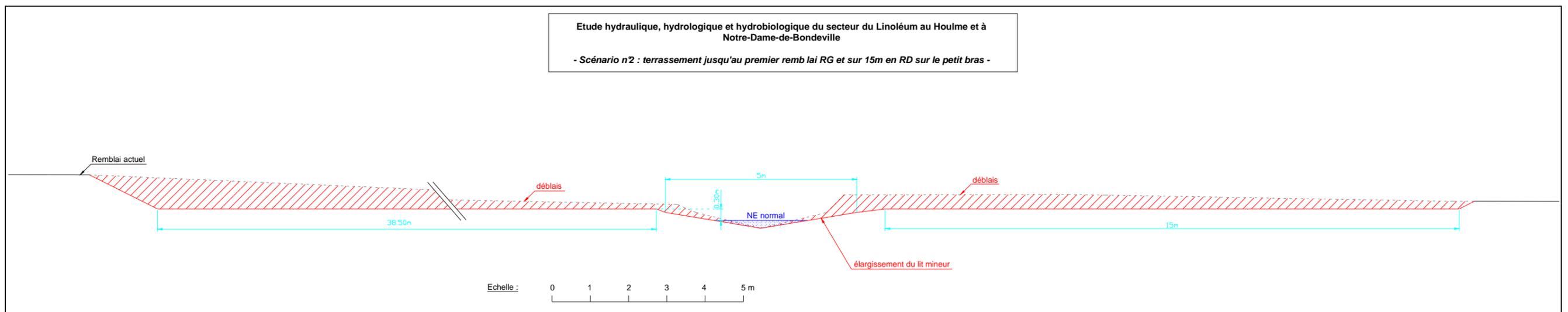


Figure 36 : coupe type des aménagements prévus dans le scénario n°2

### 4.1.3. Scénario n°3

Le scénario n°3 prévoit les aménagements suivants :

- ⇒ Etablissement d'une liaison routière traversant la zone avec deux ouvrages de franchissement du Cailly (l'un sur le grand bras et l'autre sur le petit bras),
- ⇒ Mise en place d'un remblai sur le secteur du Linoléum afin de protéger la zone d'activités des inondations,
- ⇒ Augmentation de la capacité de stockage de la zone d'expansion des crues de manière à faire transiter un débit plus élevé dans le petit bras du Cailly et à diminuer les niveaux d'eau sur le grand bras :
  - Création d'un déversoir sur le grand bras du Cailly à l'aval immédiat de la défluence.
  - Création d'un déversoir à échancrure sur le petit bras du Cailly, au droit du franchissement projeté.

## 4.2. Modélisation des scénarii envisagés

La modélisation des scénarii envisagés a pour objectifs de :

- ⇒ Définir la meilleure solution envisageable pour le calibrage de la zone d'expansion des crues,
- ⇒ Vérifier que les aménagements n'aggravent pas les inondations en amont et en aval du secteur du Linoléum.

La crue modélisée est la crue centennale.

*Remarque :* Les simulations ont été réalisées en régime permanent de manière à obtenir directement les lignes d'eau au maximum de la crue. Ceci est suffisant pour ce type de projet étant donné que les aménagements visent à faire baisser le niveau d'eau sur le grand bras.

### 4.2.1. Ouvrages de franchissement

Les aménagements prévoient l'établissement d'une liaison routière traversant la zone avec deux ouvrages de franchissement du Cailly : l'un sur le grand bras et l'autre sur le petit bras.

#### ✓ Sur le grand bras

Les caractéristiques du franchissement du grand bras prévu dans la modélisation sont les suivantes :

- ⇒ Le dessous du tablier du pont est calé au-dessus des Plus Hautes Eaux Connues de façon à éviter tout impact sur la ligne d'eau,
- ⇒ Les culées du pont sont placées en crête de talus (une seule travée de 16 m).

Une coupe type de l'ouvrage est présentée en figure 37.

Remarque : Afin d'éviter les risques d'embâcles en période de crue, il est recommandé de caler le dessous du tablier du pont 1 m au-dessus des Plus Hautes Eaux Connues, soit à la cote 25.19 m NGF.

✓ **Sur le petit bras**

Sur le petit bras, l'ouvrage se composera de trois travées dont les caractéristiques sont les suivantes (cf. coupe type en figure 38) :

- ⇒ Travée rive gauche : largeur 6 m, cote du dessous tablier supérieure aux PHEC,
- ⇒ Travée centrale : largeur 10 m, cote du dessous tablier supérieure aux PHEC,
- ⇒ Travée rive droite : largeur 6 m, cote du dessous tablier supérieure aux PHEC.

Remarques :

Pour la travée centrale, il est recommandé de caler le dessous du tablier est calé à 1 m au-dessus des PHEC (soit à la cote 25.19 m NGF) afin d'éviter les risques d'embâcles en période de crue.

Pour les travées en rive gauche et en rive droite, situées dans le lit majeur du petit bras, le dessous du tablier peut être calé plus bas, à 0.50 m au-dessus des PHEC (soit à la cote 24.69 m NGF).

✓ **Vérification avec la modélisation**

Une fois les caractéristiques des ouvrages de franchissement définies, on vérifie à l'aide du modèle que ces ouvrages n'ont pas d'impact sur les écoulements pour une crue centennale.

D'après les résultats de la simulation, sur le petit bras, la ligne d'eau remonte à l'amont de 5 mm sur une distance de 340 m. Au-delà, l'influence du pont est moindre (1 mm juste à l'aval de la défluence).

Sur le grand bras, la ligne d'eau remonte de 7 mm à l'amont immédiat du pont. L'influence du pont se fait ressentir sur une distance de 740 m à l'amont (2 mm à l'aval immédiat de la défluence).

Les limites du modèle étant atteintes, on peut conclure à une tendance mais cela reste acceptable par rapport au projet.

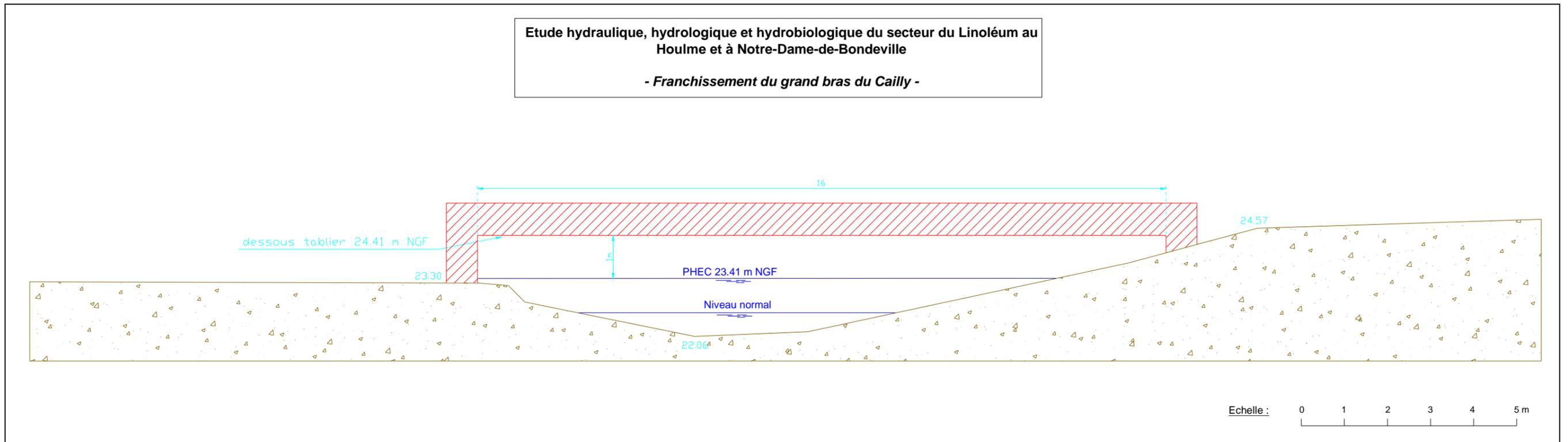


Figure 37 : élévation amont du franchissement sur le grand bras du Cailly

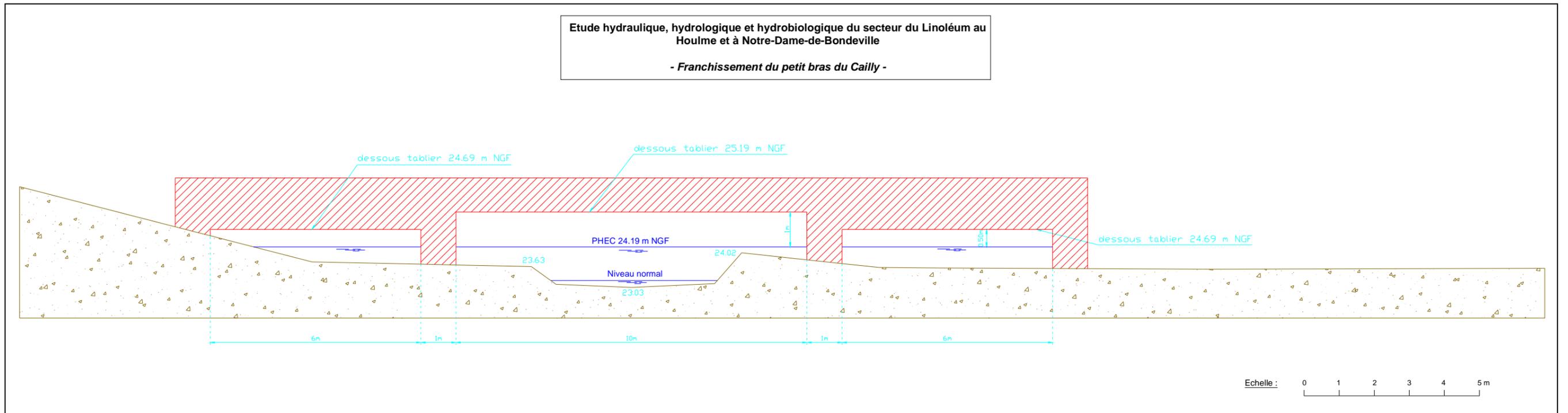


Figure 38 : élévation amont du franchissement sur le grand bras du Cailly

#### **4.2.2. Simulation du scénario n°1**

Les aménagements décrits dans les paragraphes 4.1.1 et 4.2.1 ont été intégrés dans le modèle afin de déterminer leur impact sur les écoulements pour une crue centennale ( $Q_{\max} = 13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

##### ✓ **Débits**

Pour le scénario 1, la répartition des débits pour la crue centennale se fait de la façon suivante :

- ⇒ Environ  $8.8 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 67% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ  $0.94 \text{ m/s}$  ;
- ⇒ Environ  $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 33% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de  $0.6 \text{ m/s}$ .

On constate que les aménagements prévus permettent de faire transiter un débit supplémentaire de  $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$  dans le petit bras, soit 6.6% de plus par rapport à l'état actuel.

##### ✓ **Niveaux d'eau et zones inondées**

Les aménagements prévus dans le scénario 1 permettent d'abaisser la ligne d'eau de 1.3 à 1.9 cm sur le grand bras du Cailly, sur le secteur du Linoléum. On constate que la zone inondée en amont du Musée de la Corderie est légèrement moins étendue par rapport à l'état actuel.

Sur le petit bras, les niveaux d'eau sont diminués de 1.6 à 2 cm au niveau de la défluence. La ligne d'eau augmente de 2.1 à 3 cm en amont de la route projetée et de 1.7 à 3 cm à l'aval. Les zones inondées à l'aval de la route projetée (partie rectiligne du petit bras) sont légèrement plus étendues mais cette évolution est minimale et ne menace pas les entreprises situées à proximité (SANOFI).

A l'amont et à l'aval du secteur du Linoléum, les niveaux d'eau ne sont pas modifiés et les zones inondées identifiées dans l'état actuel n'évoluent pas. Les aménagements n'ont donc pas d'impact négatif sur ces zones.

Les tableaux 11 - 12 et la figure 39 récapitulent les résultats obtenus après la simulation d'une crue centennale avec les aménagements projetés dans le scénario 1. Les résultats détaillés sont en annexe.

SCENARIO 1 : impact des aménagements								
LOCALISATION	PROFIL	NIVEAU D'EAU (m NGF)			VITESSE (m/s)			
		Actuel	Scénario 1	Ecart (cm)	Actuel	Scénario 1	Ecart	
GRAND BRAS	Pont + déversoir (ent. LIMARE)	P1	26.265	26.265	+0.00	2.596	2.596	+0.000
		P2	25.740	25.740	+0.00	1.054	1.054	+0.000
		P3	25.649	25.649	+0.00	1.060	1.060	+0.000
		P4	25.566	25.566	+0.00	1.115	1.115	+0.000
		P5	25.515	25.515	+0.00	1.038	1.038	+0.000
		P6am	25.371	25.371	+0.00	1.315	1.315	+0.000
		P6av	25.352	25.352	+0.00	2.726	2.726	+0.000
		P6b	24.837	24.837	+0.00	0.677	0.676	-0.001
		P7	24.593	24.594	+0.10	1.900	1.894	-0.006
		Défluece	P8	24.298	24.281	-1.70	1.093	1.083
	P9		24.260	24.241	-1.90	0.824	0.831	+0.007
	P10		24.237	24.218	-1.90	0.668	0.672	+0.004
	P11		24.203	24.185	-1.80	0.750	0.743	-0.007
	P12		24.168	24.149	-1.90	0.900	0.895	-0.005
	P13		24.014	23.997	-1.70	1.215	1.202	-0.013
	Pont	P14am	24.003	23.985	-1.80	1.010	0.999	-0.011
		P14av	24.003	23.985	-1.80	1.010	0.999	-0.011
	Pont	P15	23.921	23.904	-1.70	1.282	1.269	-0.013
		P16amont	23.797	23.780	-1.70	1.120	1.105	-0.015
	Pont	P16aval	23.778	23.761	-1.70	1.143	1.127	-0.016
		P17am	23.771	23.754	-1.70	0.815	0.806	-0.009
	Pont	P17av	23.771	23.754	-1.70	0.813	0.805	-0.008
		P18	23.757	23.739	-1.80	0.806	0.807	+0.001
	Pont	P19am	23.717	23.700	-1.70	0.786	0.783	-0.003
		P19av	23.717	23.700	-1.70	0.786	0.784	-0.002
	Franchissement projeté	P20	23.569	23.554	-1.50	1.370	1.357	-0.013
		P21	23.453	23.440	-1.30	1.258	1.237	-0.021
		P22am	23.407	23.394	-1.30	0.694	0.709	+0.015
		P22av	-	23.389	-	-	0.720	-
	Pont	P23am	23.280	23.264	-1.60	1.152	1.147	-0.005
		P23av	23.279	23.264	-1.50	1.155	1.148	-0.007
	Musée Corderie	P24	23.062	23.048	-1.40	1.543	1.526	-0.017
		P24cam	22.901	22.886	-1.50	0.002	0.002	+0.000
		P24cav	22.609	22.609	+0.00	0.003	0.003	+0.000
		P25	22.609	22.609	+0.00	1.022	0.991	-0.031
	Confluence	P26	22.612	22.612	+0.00	1.325	1.326	+0.001
		P27	22.645	22.645	+0.00	0.654	0.655	+0.001
		P28	22.543	22.543	+0.00	1.071	1.071	+0.000
		P29	22.522	22.522	+0.00	0.731	0.731	+0.000
		P30	22.495	22.495	+0.00	0.609	0.609	+0.000
		P31	22.462	22.462	+0.00	0.678	0.678	+0.000
		P32	22.398	22.398	+0.00	0.966	0.966	+0.000
		P33a	22.354	22.354	+0.00	0.780	0.782	+0.002
		P34a	22.349	22.349	+0.00	0.668	0.670	+0.002
		P35	22.349	22.349	+0.00	0.495	0.495	+0.000
	Pont (rue Victor Hugo)	P35b	22.332	22.332	+0.00	0.578	0.578	+0.000
		P36	22.306	22.306	+0.00	0.611	0.611	+0.000
		P37am	22.282	22.282	+0.00	0.703	0.703	+0.000
		P37av	21.863	21.863	+0.00	1.173	1.173	+0.000
		P38	21.815	21.815	+0.00	1.026	1.026	+0.000
P39		21.800	21.800	+0.00	0.776	0.776	+0.000	
P40		21.721	21.721	+0.00	1.295	1.295	+0.000	
P41		21.617	21.617	+0.00	1.662	1.662	+0.000	
Déversoir (amont rue de la Fontaine)	P42	21.233	21.233	+0.00	2.598	2.598	+0.000	
	P43	21.247	21.247	+0.00	1.770	1.770	+0.000	
	P44am	21.326	21.326	+0.00	0.712	0.712	+0.000	
	P44av	20.755	20.755	+0.00	1.363	1.363	+0.000	
	Pont (rue de la Fontaine)	P44bam	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000
		P44bav	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000
	P45	20.674	20.674	+0.00	1.056	1.056	+0.000	
	P46	20.568	20.568	+0.00	1.118	1.118	+0.000	
	Ancien Moulin	P47am	20.446	20.446	+0.00	1.543	1.543	+0.000
		P47av	20.012	20.012	+0.00	1.791	1.791	+0.000
Pont	P48am	19.964	19.964	+0.00	1.570	1.570	+0.000	
	P48av	19.938	19.938	+0.00	1.633	1.633	+0.000	
Pont (Sente de la Basse Ville)	P49	19.907	19.907	+0.00	1.251	1.251	+0.000	
	P50am	19.873	19.873	+0.00	0.909	0.909	+0.000	
	P50av	19.792	19.792	+0.00	1.050	1.050	+0.000	
	P50b	19.790	19.790	+0.00	1.054	1.054	+0.000	

Tableau 11 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 1

SCENARIO 1 : impact des aménagements								
LOCALISATION		PROFIL	NIVEAU D'EAU (m NGF)			VITESSE (m/s)		
			Actuel	Scénario 1	Ecart (cm)	Actuel	Scénario 1	Ecart
PETIT BRAS	<i>Franchissement projeté</i>	b1	24.298	24.282	-1.60	0.870	0.432	-0.438
		b2	24.281	24.261	-2.00	0.185	0.170	-0.015
		b3	24.217	24.238	+2.10	0.550	0.193	-0.357
		b4	24.207	24.233	+2.60	0.120	0.098	-0.022
		b5	24.201	24.230	+2.90	0.096	0.087	-0.009
		b6	24.197	24.227	+3.00	0.097	0.090	-0.007
		b7	24.196	24.226	+3.00	0.045	0.045	+0.000
		b8	24.196	24.226	+3.00	0.041	0.041	+0.000
		b9am	24.194	24.224	+3.00	0.125	0.117	-0.008
		b9av	-	24.219	-	-	0.118	-
		b10	24.190	24.215	+2.50	0.182	0.187	+0.005
		b11	24.166	24.191	+2.50	0.530	0.532	+0.002
		b12	23.966	23.993	+2.70	1.467	1.488	+0.021
		b13	23.774	23.804	+3.00	1.225	1.216	-0.009
		b14	23.553	23.574	+2.10	1.534	1.579	+0.045
	b15	23.221	23.249	+2.80	1.558	1.554	-0.004	
	<i>Pont Bois (musée Corderie)</i>	b16am	23.013	23.030	+1.70	1.956	2.014	+0.058
		b16av	23.013	23.030	+1.70	1.956	2.014	+0.058
		b16b	23.123	23.094	-2.90	0.979	1.221	+0.242
b17		22.984	23.011	+2.70	1.964	1.914	-0.050	
	b18	22.814	22.836	+2.20	2.111	2.104	-0.007	
	b19	22.612	22.612	+0.00	1.680	1.792	+0.112	

Tableau 12 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 1 (suite)



Figure 39 : cartographie des zones inondées après aménagements selon le scénario 1



### 4.2.3. Simulation du scénario n°2

De manière à déterminer leur impact sur les écoulements pour une crue centennale ( $Q_{\max} = 13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), les aménagements décrits dans les paragraphes 4.1.2 et 4.2.1 ont été intégrés dans le modèle.

#### ✓ Débits

Pour le scénario 2, la répartition des débits pour la crue centennale ( $13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se fait de la façon suivante :

- ⇒ Environ  $8.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 65% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ  $0.94 \text{ m/s}$  ;
- ⇒ Environ  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 35% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de  $0.54 \text{ m/s}$ .

Ainsi, grâce aux aménagements prévus, un débit supplémentaire de  $0.48 \text{ m}^3/\text{s}$  transite dans le petit bras, soit 11.6% de plus par rapport à l'état actuel.

#### ✓ Niveaux d'eau et zones inondées

Sur le secteur du Linoléum, les aménagements envisagés dans le scénario 2 induisent un abaissement de la ligne d'eau de 2.4 à 3.4 cm sur le grand bras du Cailly. De ce fait, la zone inondée en amont du Musée de la Corderie est légèrement moins étendue par rapport à l'état actuel.

Sur le petit bras, les niveaux d'eau diminuent de 2.6 à 3 cm au niveau de la défluence. En revanche, la ligne d'eau augmente de 3.4 à 5 cm en amont de la route projetée et de 0.8 à 5.8 cm à l'aval. Les zones inondées à l'aval de la route projetée (partie rectiligne du petit bras) sont légèrement plus étendues mais cette évolution est minime et ne menace pas les entreprises situées à proximité (SANOFI).

Les niveaux d'eau n'évoluent pas à l'amont et à l'aval du secteur du Linoléum, ce qui signifie que les zones inondées sont identiques à celles mises en évidence dans l'état actuel. Les aménagements n'ont donc pas d'impact négatif sur ces zones.

Les tableaux 13 - 14 et la figure 40 récapitulent les résultats obtenus après la simulation d'une crue centennale avec les aménagements projetés dans le scénario 2. Les résultats détaillés sont en annexe.

SCENARIO 2 : impact des aménagements									
LOCALISATION	PROFIL	NIVEAU D'EAU (m NGF)			VITESSE (m/s)				
		Actuel	Scénario 2	Ecart (cm)	Actuel	Scénario 2	Ecart		
GRAND BRAS	Pont + déversoir (ent. LIMARE)	P1	26.265	26.265	+0.00	2.596	2.596	+0.000	
		P2	25.740	25.740	+0.00	1.054	1.054	+0.000	
		P3	25.649	25.649	+0.00	1.060	1.060	+0.000	
		P4	25.566	25.566	+0.00	1.115	1.115	+0.000	
		P5	25.515	25.515	+0.00	1.038	1.038	+0.000	
		P6am	25.371	25.371	+0.00	1.315	1.315	+0.000	
		P6av	25.352	25.352	+0.00	2.726	2.726	+0.000	
		P6b	24.837	24.837	+0.00	0.677	0.676	-0.001	
		P7	24.593	24.594	+0.10	1.900	1.892	-0.008	
		Défluence	P8	24.298	24.268	-3.00	1.093	1.077	-0.016
			P9	24.260	24.227	-3.30	0.824	0.830	+0.006
			P10	24.237	24.203	-3.40	0.668	0.670	+0.002
			P11	24.203	24.171	-3.20	0.750	0.737	-0.013
	P12		24.168	24.135	-3.30	0.900	0.890	-0.010	
	Pont	P13	24.014	23.983	-3.10	1.215	1.193	-0.022	
		P14am	24.003	23.971	-3.20	1.010	0.991	-0.019	
		P14av	24.003	23.971	-3.20	1.010	0.991	-0.019	
	Pont	P15	23.921	23.890	-3.10	1.282	1.260	-0.022	
		P16amont	23.797	23.767	-3.00	1.120	1.094	-0.026	
	Pont	P16aval	23.778	23.748	-3.00	1.143	1.115	-0.028	
		P17am	23.771	23.740	-3.10	0.815	0.800	-0.015	
	Pont	P17av	23.771	23.740	-3.10	0.813	0.799	-0.014	
		P18	23.757	23.724	-3.30	0.806	0.805	-0.001	
	Pont	P19am	23.717	23.686	-3.10	0.786	0.782	-0.004	
		P19av	23.717	23.686	-3.10	0.786	0.783	-0.003	
	Franchissement projeté	P20	23.569	23.541	-2.80	1.370	1.348	-0.022	
		P21	23.453	23.429	-2.40	1.258	1.223	-0.035	
		P22am	23.407	23.380	-2.70	0.694	0.727	+0.033	
		P22av	-	23.376	-	-	0.739	-	
		P23am	23.280	23.253	-2.70	1.152	1.142	-0.010	
	Pont	P23av	23.279	23.252	-2.70	1.155	1.144	-0.011	
		P24	23.062	23.038	-2.40	1.543	1.513	-0.030	
	Musée Corderie	P24cam	22.901	22.875	-2.60	0.002	0.002	+0.000	
		P24cav	22.609	22.610	+0.10	0.003	0.003	+0.000	
	Confluence	P25	22.609	22.610	+0.10	1.022	0.968	-0.054	
		P26	22.612	22.612	+0.00	1.325	1.326	+0.001	
		P27	22.645	22.645	+0.00	0.654	0.655	+0.001	
		P28	22.543	22.543	+0.00	1.071	1.071	+0.000	
		P29	22.522	22.522	+0.00	0.731	0.731	+0.000	
		P30	22.495	22.495	+0.00	0.609	0.609	+0.000	
		P31	22.462	22.462	+0.00	0.678	0.678	+0.000	
		P32	22.398	22.398	+0.00	0.966	0.966	+0.000	
		P33a	22.354	22.354	+0.00	0.780	0.782	+0.002	
		P34a	22.349	22.349	+0.00	0.668	0.670	+0.002	
	Pont (rue Victor Hugo)	P35	22.349	22.349	+0.00	0.495	0.495	+0.000	
		P35b	22.332	22.332	+0.00	0.578	0.578	+0.000	
		P36	22.306	22.306	+0.00	0.611	0.611	+0.000	
		P37am	22.282	22.282	+0.00	0.703	0.703	+0.000	
		P37av	21.863	21.863	+0.00	1.173	1.173	+0.000	
		P38	21.815	21.815	+0.00	1.026	1.026	+0.000	
P39		21.800	21.800	+0.00	0.776	0.776	+0.000		
P40		21.721	21.721	+0.00	1.295	1.295	+0.000		
P41		21.617	21.617	+0.00	1.662	1.662	+0.000		
P42		21.233	21.233	+0.00	2.598	2.598	+0.000		
Déversoir (amont rue de la Fontaine)	P43	21.247	21.247	+0.00	1.770	1.770	+0.000		
	P44am	21.326	21.326	+0.00	0.712	0.712	+0.000		
	P44av	20.755	20.755	+0.00	1.363	1.363	+0.000		
	Pont (rue de la Fontaine)	P44bam	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000	
		P44bav	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000	
Ancien Moulin	P45	20.674	20.674	+0.00	1.056	1.056	+0.000		
	P46	20.568	20.568	+0.00	1.118	1.118	+0.000		
	P47am	20.446	20.446	+0.00	1.543	1.543	+0.000		
	P47av	20.012	20.012	+0.00	1.791	1.791	+0.000		
	Pont	P48am	19.964	19.964	+0.00	1.570	1.570	+0.000	
P48av		19.938	19.938	+0.00	1.633	1.633	+0.000		
Pont (Sente de la Basse Ville)	P49	19.907	19.907	+0.00	1.251	1.251	+0.000		
	P50am	19.873	19.873	+0.00	0.909	0.909	+0.000		
	P50av	19.792	19.792	+0.00	1.050	1.050	+0.000		
		P50b	19.790	19.790	+0.00	1.054	1.054	+0.000	

Tableau 13 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 2

Février 2006

SCENARIO 2 : impact des aménagements								
LOCALISATION	PROFIL	NIVEAU D'EAU (m NGF)			VITESSE (m/s)			
		Actuel	Scénario 2	Ecart (cm)	Actuel	Scénario 2	Ecart	
PETIT BRAS	Franchissement projeté	b1	24.298	24.268	-3.00	0.870	0.261	-0.609
		b2	24.281	24.255	-2.60	0.185	0.125	-0.060
		b3	24.217	24.251	+3.40	0.550	0.061	-0.489
		b4	24.207	24.250	+4.30	0.120	0.060	-0.060
		b5	24.201	24.249	+4.80	0.096	0.066	-0.030
		b6	24.197	24.247	+5.00	0.097	0.079	-0.018
		b7	24.196	24.246	+5.00	0.045	0.043	-0.002
		b8	24.196	24.246	+5.00	0.041	0.040	-0.001
		b9am	24.194	24.246	+5.20	0.125	0.049	-0.076
		b9av	-	24.237	-	-	0.050	-
		b10	24.190	24.233	+4.30	0.182	0.191	+0.009
		b11	24.166	24.209	+4.30	0.530	0.535	+0.005
		b12	23.966	24.024	+5.80	1.467	1.357	-0.110
	b13	23.774	23.826	+5.20	1.225	1.201	-0.024	
	b14	23.553	23.590	+3.70	1.534	1.610	+0.076	
	b15	23.221	23.268	+4.70	1.558	1.556	-0.002	
	Pont Bois (musée Corderie)	b16am	23.013	23.044	+3.10	1.956	2.048	+0.092
		b16av	23.013	23.044	+3.10	1.956	2.048	+0.092
		b16b	23.123	23.131	+0.80	0.979	1.047	+0.068
b17		22.984	23.024	+4.00	1.964	1.773	-0.191	
	b18	22.814	22.849	+3.50	2.111	2.065	-0.046	
	b19	22.612	22.612	+0.00	1.680	1.875	+0.195	

Tableau 14 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 2 (suite)



Figure 40 : cartographie des zones inondées après aménagements selon le scénario 2



#### 4.2.4. Simulation du scénario n°3

De manière à déterminer leur impact sur les écoulements pour une crue centennale ( $Q_{\max} = 13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), les aménagements décrits dans les paragraphes 4.1.3 et 4.2.1 ont été intégrés dans le modèle.

Pour la modélisation, la cote de déversoir de l'ouvrage projeté sur le grand bras du Cailly a été calée de telle sorte que les zones inondées actuellement à l'entrée du secteur du Linoléum et à l'amont de la confluence ne le soient plus. Le déversoir a ainsi été calé à la cote 24.00 m NGF pour une largeur de 11.40 m.

Le déversoir envisagé sur le petit bras du Cailly, au droit du franchissement projeté, a été calé à la cote 24.50 m NGF avec une échancrure centrale calée à 23.10 m NGF pour assurer les écoulements en période d'étiage.

Remarque : Dans cette configuration, les déversoirs projetés vont permettre de rehausser la ligne d'eau sur le petit bras en amont du franchissement. Par conséquent, le dessous du tablier du pont projeté devra être calé à une cote supérieure à celle indiquée au paragraphe 4.2.1 de manière à assurer un tirant d'air de 1 m au-dessus du niveau d'eau de la crue centennale et à éviter les embâcles en période de crue.

#### ✓ Débits

Pour le scénario 3, la répartition des débits pour la crue centennale ( $13.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se fait de la façon suivante :

- ⇒ Environ  $6.9 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 52% du débit total) passent dans le grand bras (bras rive gauche), avec une vitesse moyenne d'environ 0.95 m/s ;
- ⇒ Environ  $6.3 \text{ m}^3/\text{s}$  (soit ~ 48% du débit total) sont transités par le petit bras (bras rive droite), avec une vitesse moyenne de l'ordre de 0.57 m/s.

Ainsi, grâce aux aménagements prévus, un débit supplémentaire de  $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$  transite dans le petit bras, soit 51% de plus par rapport à l'état actuel.

#### ✓ Niveaux d'eau et zones inondées

A l'amont du secteur du Linoléum, le niveau d'eau augmente ponctuellement à l'amont immédiat du déversoir projeté (20.3 cm) sans pour autant poser des problèmes d'inondations. Cette élévation du niveau d'eau s'atténue vers l'amont : à 120 m, la surélévation de la ligne d'eau n'est plus que de 0.2 cm.

Sur le secteur du Linoléum, les aménagements envisagés dans le scénario 3 permettent un abaissement de la ligne d'eau de 11.7 à 16 cm sur le grand bras du Cailly. Les zones situées à l'entrée du secteur du Linoléum et à l'amont de la confluence ne sont plus inondées.

Sur le petit bras, les niveaux d'eau augmentent de 20.3 à 26.7 cm en amont de la route projetée. A l'aval, la ligne d'eau augmente de 9 à 22.9 cm. De ce fait, les zones inondées au niveau de la partie rectiligne du petit bras sont plus étendues. Cependant, d'après la topographie du site, cette élévation des niveaux d'eau ne devrait pas engendrer de problèmes vis-à-vis de SANOFI car la zone inondée s'étend sur une quinzaine de mètres en rive droite du petit bras et ne devrait pas

menacer les bâtiments situés à proximité (précisons tout de même qu'il est difficile de connaître l'étendue exacte de la zone inondée à cet endroit car le plan topographique ne fournit pas d'informations sur la topographie du site de SANOFI).

A l'aval du secteur du Linoléum, les niveaux d'eau ne sont pas modifiés et les zones inondées sont identiques à celles mises en évidence dans l'état actuel. Les aménagements n'ont donc pas d'impact négatif sur ces zones.

Les tableaux 15 - 16 et la figure 41 récapitulent les résultats obtenus après la simulation d'une crue centennale avec les aménagements projetés dans le scénario 3. Les résultats détaillés sont en annexe.

SCENARIO 3 : impact des aménagements									
LOCALISATION	PROFIL	NIVEAU D'EAU (m NGF)			VITESSE (m/s)				
		Actuel	Scénario 3	Ecart (cm)	Actuel	Scénario 3	Ecart		
GRAND BRAS	Pont + déversoir (ent. LIMARE)	P1	26.265	26.265	+0.00	2.596	2.596	+0.000	
		P2	25.740	25.740	+0.00	1.054	1.054	+0.000	
		P3	25.649	25.649	+0.00	1.060	1.060	+0.000	
		P4	25.566	25.566	+0.00	1.115	1.115	+0.000	
		P5	25.515	25.515	+0.00	1.038	1.038	+0.000	
		P6am	25.371	25.371	+0.00	1.315	1.315	+0.000	
		P6av	25.352	25.352	+0.00	2.726	2.726	+0.000	
		P6b	24.837	24.839	+0.20	0.677	0.676	-0.001	
		P7	24.593	24.606	+1.30	1.900	1.892	-0.008	
		Défluece	P8	24.298	24.501	+20.30	1.093	1.077	-0.016
	P8am		-	24.501	-	-	-	-	
	P8av		-	24.149	-	-	-	-	
	P9		24.260	24.101	-15.90	0.824	0.830	+0.006	
	P10		24.237	24.077	-16.00	0.668	0.670	+0.002	
	P11		24.203	24.046	-15.70	0.750	0.737	-0.013	
	P12		24.168	24.010	-15.80	0.900	0.890	-0.010	
	P13		24.014	23.864	-15.00	1.215	1.193	-0.022	
	Pont		P14am	24.003	23.849	-15.40	1.010	0.991	-0.019
			P14av	24.003	23.849	-15.40	1.010	0.991	-0.019
		P15	23.921	23.770	-15.10	1.282	1.260	-0.022	
	Pont	P16amont	23.797	23.646	-15.10	1.120	1.094	-0.026	
		P16aval	23.778	23.631	-14.70	1.143	1.115	-0.028	
	Pont	P17am	23.771	23.620	-15.10	0.815	0.800	-0.015	
		P17av	23.771	23.620	-15.10	0.813	0.799	-0.014	
	Pont	P18	23.757	23.601	-15.60	0.806	0.805	-0.001	
		P19am	23.717	23.564	-15.30	0.786	0.782	-0.004	
		P19av	23.717	23.564	-15.30	0.786	0.783	-0.003	
	Franchissement projeté	P20	23.569	23.434	-13.50	1.370	1.348	-0.022	
		P21	23.453	23.331	-12.20	1.258	1.223	-0.035	
		P22am	23.407	23.266	-14.10	0.694	0.727	+0.033	
		P22av	-	23.265	-	-	0.739	-	
		Pont	P23am	23.280	23.147	-13.30	1.152	1.142	-0.010
			P23av	23.279	23.147	-13.20	1.155	1.144	-0.011
			P24	23.062	22.948	-11.40	1.543	1.513	-0.030
		Musée Corderie	P24cam	22.901	22.784	-11.70	0.002	0.002	+0.000
			P24cav	22.609	22.611	+0.20	0.003	0.003	+0.000
		Confluence	P25	22.609	22.611	+0.20	1.022	0.968	-0.054
	P26		22.612	22.612	+0.00	1.325	1.326	+0.001	
	P27		22.645	22.645	+0.00	0.654	0.655	+0.001	
	P28		22.543	22.543	+0.00	1.071	1.071	+0.000	
	P29		22.522	22.522	+0.00	0.731	0.731	+0.000	
	P30		22.495	22.495	+0.00	0.609	0.609	+0.000	
	P31		22.462	22.462	+0.00	0.678	0.678	+0.000	
	P32		22.398	22.398	+0.00	0.966	0.966	+0.000	
	P33a		22.354	22.354	+0.00	0.780	0.782	+0.002	
	P34a		22.349	22.349	+0.00	0.668	0.670	+0.002	
	Pont (rue Victor Hugo)	P35	22.349	22.349	+0.00	0.495	0.495	+0.000	
		P35b	22.332	22.332	+0.00	0.578	0.578	+0.000	
		P36	22.306	22.306	+0.00	0.611	0.611	+0.000	
		P37am	22.282	22.282	+0.00	0.703	0.703	+0.000	
P37av		21.863	21.863	+0.00	1.173	1.173	+0.000		
P38		21.815	21.815	+0.00	1.026	1.026	+0.000		
P39		21.800	21.800	+0.00	0.776	0.776	+0.000		
P40		21.721	21.721	+0.00	1.295	1.295	+0.000		
P41		21.617	21.617	+0.00	1.662	1.662	+0.000		
P42		21.233	21.233	+0.00	2.598	2.598	+0.000		
Déversoir (amont rue de la Fontaine)	P43	21.247	21.247	+0.00	1.770	1.770	+0.000		
	P44am	21.326	21.326	+0.00	0.712	0.712	+0.000		
	Pont (rue de la Fontaine)	P44av	20.755	20.755	+0.00	1.363	1.363	+0.000	
		P44bam	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000	
	P44bav	20.736	20.736	+0.00	1.217	1.217	+0.000		
	P45	20.674	20.674	+0.00	1.056	1.056	+0.000		
Ancien Moulin	P46	20.568	20.568	+0.00	1.118	1.118	+0.000		
	P47am	20.446	20.446	+0.00	1.543	1.543	+0.000		
	P47av	20.012	20.012	+0.00	1.791	1.791	+0.000		
	Pont	P48am	19.964	19.964	+0.00	1.570	1.570	+0.000	
P48av		19.938	19.938	+0.00	1.633	1.633	+0.000		
Pont (Sente de la Basse Ville)	P49	19.907	19.907	+0.00	1.251	1.251	+0.000		
	P50am	19.873	19.873	+0.00	0.909	0.909	+0.000		
	P50av	19.792	19.792	+0.00	1.050	1.050	+0.000		
	P50b	19.790	19.790	+0.00	1.054	1.054	+0.000		

Tableau 15 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 3

Février 2006

SCENARIO 3 : impact des aménagements								
PETIT BRAS	<i>Franchissement projeté</i>	b1	24.298	24.501	+20.30	0.870	0.261	-0.609
		b2	24.281	24.487	+20.60	0.185	0.125	-0.060
		b3	24.217	24.471	+25.40	0.550	0.061	-0.489
		b4	24.207	24.468	+26.10	0.120	0.060	-0.060
		b5	24.201	24.466	+26.50	0.096	0.066	-0.030
		b6	24.197	24.464	+26.70	0.097	0.079	-0.018
		b7	24.196	24.463	+26.70	0.045	0.043	-0.002
		b8	24.196	24.463	+26.70	0.041	0.040	-0.001
		b9am	24.194	24.461	+26.70	0.125	0.049	-0.076
		b9av	-	24.358	-	-	0.050	-
		b10	24.190	24.351	+16.10	0.182	0.191	+0.009
		b11	24.166	24.324	+15.80	0.530	0.535	+0.005
		b12	23.966	24.182	+21.60	1.467	1.357	-0.110
		b13	23.774	23.990	+21.60	1.225	1.201	-0.024
		b14	23.553	23.706	+15.30	1.534	1.610	+0.076
	<i>Pont Bois (musée Corderie)</i>	b15	23.221	23.390	+16.90	1.558	1.556	-0.002
		b16am	23.013	23.242	+22.90	1.956	2.048	+0.092
		b16av	23.013	23.154	+14.10	1.956	2.048	+0.092
		b16b	23.123	23.214	+9.10	0.979	1.047	+0.068
b17		22.984	23.113	+12.90	1.964	1.773	-0.191	
b18	22.814	22.935	+12.10	2.111	2.065	-0.046		
b19	22.612	22.612	+0.00	1.680	1.875	+0.195		

Tableau 16 : récapitulatif des résultats obtenus pour le scénario 3 (suite)

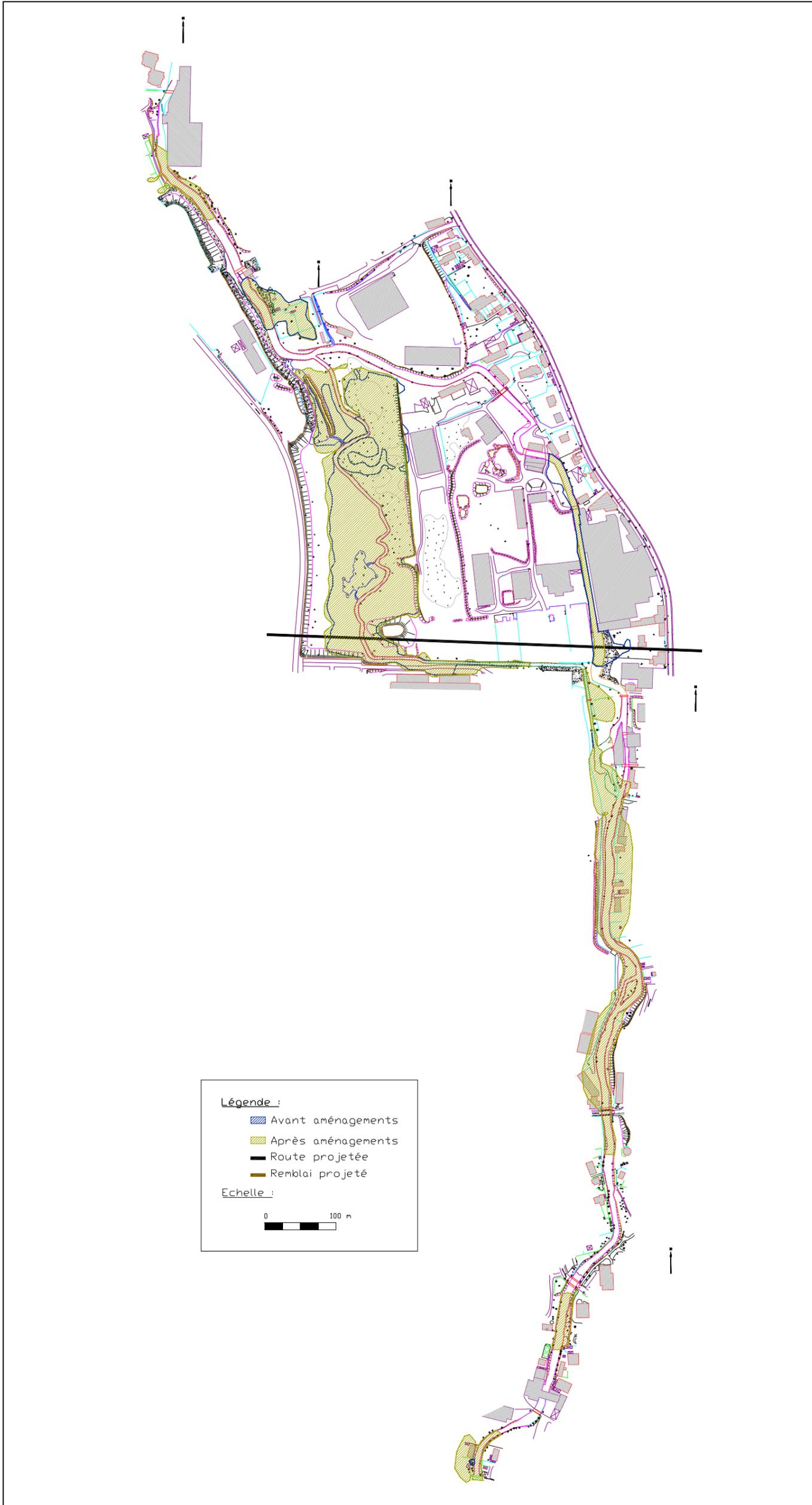


Figure 41 : cartographie des zones inondées après aménagements selon le scénario 3



#### 4.2.5. Comparaison des scénarii

Le tableau 17 récapitule les résultats obtenus suite à la modélisation des trois scénarii envisagés.

En ce qui concerne les niveaux d'eau dans le grand bras du Cailly, au niveau du secteur du Linoléum, on constate que les scénarii 1 et 2 ne permettent pas de diminuer de façon considérable les niveaux d'eau, les zones inondées à l'entrée du secteur du Linoléum et à l'amont du musée de la Corderie étant très peu modifiées. Notons tout de même que la baisse des niveaux d'eau est plus importante dans le cas du scénario 2, ce qui est cohérent puisque les volumes déblayés prévus sont supérieurs aux volumes envisagés dans le scénario 1. En revanche, l'élévation de la ligne d'eau dans la partie rectiligne du petit bras est supérieure dans le cas du scénario 2.

Le scénario 3 permet d'abaisser la ligne d'eau de manière suffisante pour éviter les inondations en rive gauche du grand bras du Cailly. Compte tenu de l'enjeu sur le grand bras du secteur du Linoléum (présence de riverains), les aménagements prévus dans le cadre du scénario 3 ont un impact positif sur les niveaux d'eau maximum en crue dans le grand bras.

Pour les scénarii 1 et 2, les zones inondées à l'aval de la route projetée (partie rectiligne du petit bras) sont légèrement plus étendues mais cette évolution est minime et ne menace pas les entreprises situées à proximité (SANOFI).

Dans le scénario 3, l'augmentation des niveaux d'eau à l'aval de la route projetée est plus importante (jusqu'à 20 cm). Cette augmentation de la ligne d'eau engendre une expansion ponctuelle de la zone inondée et cela ne devrait pas poser de problèmes vis-à-vis de SANOFI. En mesure compensatoire, on pourra prévoir un merlon en rive droite du petit bras pour assurer une protection contre les crues.

Dans tous les cas, la surélévation du niveau d'eau dans le petit bras sur le secteur du Linoléum ne pose pas de problèmes puisqu'il n'y a pas d'enjeu aux abords immédiat du petit bras. De plus, les aménagements n'ont pas d'impact négatif sur la ligne d'eau en crue sur les zones situées à l'amont et l'aval du secteur du Linoléum étant donné que les niveaux d'eau ne sont pas modifiés.

#### Remarques complémentaires :

Les aménagements prévus dans les trois scénarii n'ayant pas d'impact négatif sur les écoulements à l'amont de la défluence, il n'est pas envisagé de mettre en place un remblai à cet endroit.

Des systèmes dynamiques de lutte contre les crues pourraient être efficace, mais à une échelle plus importante que celle du site. Dans tous les cas, l'aménagement routier devra être compatible avec l'implantation d'un ouvrage automatisé de type clapet ou vanne, au cas où une aire de ralentissement dynamique des crues serait mise en place.

	<b>SCENARIO 1 :</b> <i>Aménagement d'une banquette de 5 m</i>	<b>SCENARIO 2 :</b> <i>Terrassement jusqu'au 1er remblai en RG et sur 15 m en RD</i>	<b>SCENARIO 3 :</b> <i>Déversoirs sur les deux bras du Cailly</i>
<b>Débit</b>	+ 6.6% dans le petit bras	+ 11.6% dans le petit bras	+ 52% dans le petit bras
<b>Niveaux d'eau</b>	- 1.3 à -1.9 cm dans le grand bras	- 2.4 à -3.4 cm dans le grand bras	- 11.7 à -16 cm dans le grand bras
	+ 1.7 à + 3 cm dans le petit bras à l'aval de la route projetée	+ 0.8 à + 5.8 cm dans le petit bras à l'aval de la route projetée	+ 9.1 à + 22.9 cm dans le petit bras à l'aval de la route projetée
<b>Zones inondées</b>	Les zones inondées en RG du grand bras (amont musée corderie) sont moins étendues. Pas d'impact des aménagements ni à l'amont ni à l'aval du secteur du Linoléum.	Les zones inondées en RG du grand bras (amont musée corderie) sont moins étendues. Pas d'impact des aménagements ni à l'amont ni à l'aval du secteur du Linoléum.	Plus d'inondations en RG du grand bras. Pas d'impact des aménagements ni à l'amont ni à l'aval du secteur du Linoléum.

**Tableau 17 : comparaison des résultats obtenus pour les trois scénarii envisagés**