

SYMSAGEL



DIAGNOSTIC DÉTAILLÉ DES PROBLÈMES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES DU BASSIN VERSANT DU GRAND NOCQ

Phase 2 Modélisation hydrologique et hydraulique

Pièce 2-1 : Rapport principal

4088 P2 1 PG v_DEF.do



ingénierie



1105, Avenue Pierre Mendès France
BP 4001 - 30001 NIMES Cedex 5 - France
Tél. : 04.66.87.50.00 - Fax. : 04.66.84.25.63
E-Mail : brli@brl.fr - Web : <http://www.brl.fr>

1^{er} septembre 2004

DIAGNOSTIC DETAILLE DES PROBLEMES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES DU BV DU GRAND NOCQ PHASE 2 : MODELISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

PRÉAMBULE	1
1. LES DIFFÉRENTES ÉCHELLES D'ÉTUDE DE L'HYDROLOGIE	2
2. DESCRIPTION DES CONDITIONS DE RUISSELLEMENT ET DE L'ÉROSION SUR LE SOUS-BASSIN VERSANT AMONT	3
2.1 Découpage en sous-bassins élémentaires	3
2.2 Caractérisation des pentes	5
2.3 Etude pédologique	5
2.3.1 La couverture pédologique	6
2.3.2 Cartographie des sols	7
2.3.3 Caractéristiques des principaux types de sols	10
2.3.4 Zones drainées	12
2.4 Occupation du sol et analyse des pratiques culturales	12
2.5 Conclusions	17
2.5.1 Conclusions sur l'érosion	17
2.5.2 Conclusions sur le ruissellement	17
3. ETUDE HYDROLOGIQUE QUANTITATIVE	24
3.1 Pluies de projets	24
3.2 Choix de la méthode de calcul pour la génération des hydrogrammes de projet	29
3.3 Topologie du modèle pour l'étude des débits sur la globalité du bassin	29
3.4 Scénarios modélisés	30
3.5 Résultats	30
3.6 Validation du modèle hydrologique	34
3.6.1 Stations hydrométriques voisines du Grand Nocq	34
3.6.2 Mesures de la CAL	35
3.6.3 Campagne de mesure réalisée dans le cadre de l'étude	35

4. MODÉLISATION HYDRAULIQUE	36
4.1 Limite de la modélisation	36
4.2 Construction et calage du modèle de simulation hydraulique	36
4.2.1 Données topographiques	36
4.2.2 Présentation du logiciel utilisé	37
4.2.3 Structure du modèle	37
4.2.4 Condition à la limite aval - Influence de la cote de la Clarence	44
4.2.5 Calage du modèle	44
4.3 Scénarios modélisés	45
4.4 Résultats des simulations	46
4.4.1 Scénarios M1-1 et M1-2 : Calcul de la capacité des ouvrages et des tronçons	46
4.4.2 Scénarios M2 à M4	47
4.5 Diagnostic hydraulique	62
4.6 Conclusions	71
ANNEXES.....	73
Annexe 1 : Description des unités de sols régionales	74
Annexe 2 : Photographies réalisées pendant la campagne de sondages pédologiques	80
Annexe 3 : Méthodologie de traitement des images pour l'étude de l'occupation du sol	82
Annexe 4 : Coefficients de ruissellement : Références	85
Annexe 5 : Présentation du logiciel Phenix	88
Annexe 6 : Présentation du logiciel Isis	92
Annexe 7 : Compte rendu de la campagne hydrométrique	96

PREAMBULE

La présente étude s'inscrit dans le contexte du SAGE de la LYS et la concrétisation du contrat de rivière de la Clarence. L'étude du bassin versant du Grand Nocq doit permettre d'établir un diagnostic détaillé du fonctionnement actuel du bassin versant et du cours d'eau afin de définir un plan d'intervention pluri- annuel.

Ce document cadre permettra de fédérer l'ensemble des acteurs du bassin versant : collectivités locales, riverains, monde agricole, la police de l'eau, les organismes gestionnaires des cours d'eau...

Les problèmes actuels sont divers et liés aux différentes entités géographiques présentes :

- *Le bassin versant rural à l'amont d'Allouagne : bassins versants agricoles à fortes pentes générant des ruissellements et coulées de boues, traversée de la zone urbanisée d'Allouagne avec des débordements fréquents et des riverains très mobilisés ;*
- *La basse plaine : vaste plaine à faible pente où le Grand Nocq s'apparente à un canal de drainage ; outre les apports amont, le ruisseau peut recevoir les eaux de débordement de la Clarence et de la Nave ;*
- *Des infrastructures linéaires : l'Autoroute et le canal d'Aire constituent des ouvrages linéaires perpendiculaires aux écoulements qui manifestement créent des désordres hydrauliques.*

L'étude en cours va se dérouler en trois phases :

- *Phase 1 : Constats, analyses et compréhension de la situation actuelle : il s'agit du recueil des données de base et de l'état des lieux du cours d'eau et de son bassin versant.*
- *Phase 2 : Modélisation hydrologique et hydraulique : Il s'agira de dresser un diagnostic hydraulique détaillé.*
- *Phase 3 : Étude d'aménagements et d'outils de gestion : Il s'agira de définir le programme d'intervention et de gestion.*

La présent rapport d'avancement concerne la phase 2.

Le dossier de phase 2 comprend trois pièces :

- ⇒ *Pièce P2.1 : Rapport principal (le présent document)*
- ⇒ *Pièce P2.3 : Cartographie*
- ⇒ *Pièce P2.3 : Recueil des sondages pédologiques*

1. LES DIFFERENTES ECHELLES D'ETUDE DE L'HYDROLOGIE

On distinguera, dans la suite de l'étude, deux niveaux d'approche hydrologique :

- Niveau 1 : l'étude des crues à l'échelle du bassin versant,
- Niveau 2 : l'étude des écoulements locaux (l'échelle pouvant varier de la parcelle au sous-bassin) nécessaires au dimensionnement des futurs aménagements de protection.

Niveau 1 :

L'approche hydrologique de niveau 1 consiste à définir des hydrogrammes de projet destinés à être injectés dans le modèle hydraulique d'ensemble du bassin. Cette approche permet d'une part de qualifier le phénomène inondation en situation actuelle, d'autre part, en phase aménagements, de quantifier l'impact d'une réduction des ruissellements sur les inondations.

Pratiquement, on découpe le bassin du Grand Nocq en sous-bassins compris entre 50 et 1000 ha. Pour chacun de ses sous-bassin, il s'agit de déterminer pour différents types de pluie et différents temps de retour, les hydrogrammes issus de la transformation pluie-débit. Ces hydrogrammes sont injectés à l'un des points d'injection du modèle hydraulique (éventuellement après un routage si l'exutoire du bassin se trouve en amont du point d'injection).

Niveau 2 :

Ce niveau d'analyse n'est conduit que sur le bassin amont. Il consiste à re-découper les sous-bassins en bassins élémentaires. Ce re-découpage permet de préciser comment se forment les écoulements sur les zones amont.

La superficie des bassins élémentaires ainsi obtenues est de l'ordre de quelques dizaines d'hectares.

Très pratiquement, ce découpage va participer de la réflexion sur le positionnement des futurs aménagements de lutte contre le ruissellement.

Un premier découpage est proposé dans la présente phase. Ce découpage est destiné à être repris au moment de l'implantation de propositions d'aménagements, ponctuels ou linéaires.

2. DESCRIPTION DES CONDITIONS DE RUISSLEMENT ET DE L'ÉROSION SUR LE SOUS-BASSIN VERSANT AMONT

Ce chapitre a pour objectif la caractérisation de l'érosion des sols et du ruissellement sur la partie amont du bassin versant du Grand Nocq. Cette caractérisation prépare la définition des actions de lutte contre ces deux phénomènes qui seront proposées en phase III de l'étude.

Dans la pratique, ces actions concernent souvent conjointement les deux phénomènes : en limitant le ruissellement ou en le ralentissant, on limite l'érosion.

Dans le cas du Grand Nocq, comme explicité dans les sous-chapitres suivants, la problématique "érosion" est dans les faits très limitée.

L'étude approfondie des versants amont du bassin a donc essentiellement ici un enjeu en terme de production de débits pouvant provoquer des inondations, soit du fait des ruissellements eux-mêmes, soit par débordement du Grand Nocq ou de ses affluents.

In fine, en phase III, partant des constats de la présente phase II, il s'agira de proposer des aménagements susceptibles d'avoir une influence sur la production des débits.

Ces aménagements seront aussi bien du type ponctuel (bassins de rétention, recalibrages d'ouvrages, ...) que diffus (noues, fossés stockants, bandes enherbées, plantation de haie, proposition de modification des pratiques culturales, plantation d'intercultures, ...) et viseront donc à diminuer les volumes ruisselés et à étaler les hydrogrammes produits.

Pratiquement, le présent chapitre aborde les points suivants :

- découpage du bassin amont en sous-bassins élémentaires,
- caractérisation des pentes,
- étude pédologique,
- occupation du sol et des pratiques culturales.

Ces éléments sont analysés pour proposer une conclusion sur deux points :

- le risque érosif sur le sous-bassin amont,
- la valeurs des coefficients de ruissellement pour ses différents sous-bassins.

2.1 DECOUPAGE EN SOUS-BASSINS ELEMENTAIRES

Le découpage en sous-bassins proposé en phase I a été ré-affiné.

Le nouveau découpage proposé fait l'objet des carte II-A1 (ensemble du bassin versant) et II-A2 (zoom sur le bassin amont).

Les critères de découpages qui ont été utilisés sont essentiellement la recherche des exutoires représentant une confluence ou une entité à protéger, les limites franches d'occupation du sol ainsi que certains éléments linéaires, routes ou chemins.

Les caractéristiques physiques de ses sous bassins sont récapitulés dans le tableau suivant :

Caractéristiques des sous-bassins versants de la zone amont

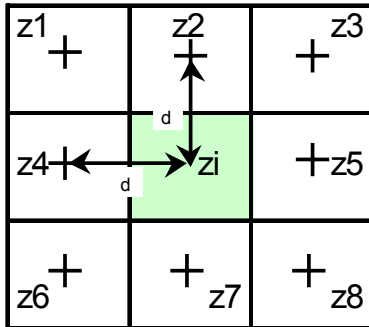
Bassin	Surface (Ha)	Longueur (km)	Dénivelée (m)	Pente moyenne (%)
A1	43	1.05	52	5.0
A2	51	1.17	52	4.4
A3	38	0.95	5	0.5
A4	35	0.65	12	1.8
B1	24	0.60	28	4.7
B2	32	0.75	43	5.7
B3	36	1.55	57	3.7
B4	17	0.60	5	0.8
B5	28	0.80	17	2.1
B6	16	0.70	14	2.0
B7	23	0.55	30	5.5
C1	65	1.20	18	1.5
C2	30	0.70	18	2.6
C3	33	0.57	7	1.2
C4	27	0.80	16	2.0
C5	42	1.00	41	4.1
C6	28	0.70	9	1.3
D1	17	0.70	11	1.6
D2	56	1.10	11	1.0
E	57	1.95	11	0.6
F1	26	0.70	19	2.7
F2	44	0.75	20	2.7
G1	87	1.10	28	2.5
G2	87	1.70	21	1.2
H	48	1.10	48	4.4
I	46	0.60	8	1.3
J1	120	1.1	51	4.6
J2	106	1.05	12	1.1
J3	48	1.10	12	1.1
J4	76	1.10	9	0.8
J5	48	1	5	0.5
J6	59	1.15	9	0.8
J7	66	0.75	3	0.4
J8	152	2.20	8	0.4

2.2 CARACTERISATION DES PENTES

Une cartographie des pentes a été établie. Elle fait l'objet de la carte II-C.

Le calcul est réalisé sur la base du MNT issu de la BD Topo de l'IGN. La méthode de calcul utilisée par le logiciel SIG est la suivante :

A chaque cellule (pixel) de la surface rasterisée est associée une cote z en m NGF (précision métrique dans le cas du présent MNT). Pour chaque cellule i , est calculée la pente avec chacune de ses 8 cellules voisines ($p1 = (z_i - z_1)/d$, $p2 = (z_i - z_2)/d$, ...).



A la cellule i est affectée la plus grande des 8 pentes.

2.3 ETUDE PEDOLOGIQUE

Le bassin versant amont du Grand Nocq comprend trois grandes unités morphopédologiques qui ont été distinguées lors de l'établissement de la carte des pédopaysages du Nord Pas de Calais à l'échelle du 1/250.000. Les documents établis par la DRAF Nord Pas de Calais pour la carte des pédopaysages figurent en annexe 1 du présent document.

Ce sont :

- des versants à pentes fortes (de 5 à 10 %) des collines crayeuses situées au sud-ouest (avant-collines d'Artois), avec le village de Lozinghem
- des buttes résiduelles sableuses à l'est, avec des versants pentus et boisés
- la vallée du Grand Nocq, constituée de matériaux colluvionaires, et dont la partie la plus basse, totalement urbanisée, est occupée par le village d'Allouagne.

Les données pédologiques existantes sont très réduites, limitées à des observations à la tarière réalisées dans le cadre d'études de drainage et d'assainissement, souvent concentrées dans les zones habitées. Elles figurent en annexe, dans le document P2-4, (102 descriptions à la tarière).

Les données analytiques sont donc quasiment inexistantes, ce qui limite la pertinence de la classification des sols.

2.3.1 La couverture pédologique

On distinguera :

- les sols des versants des collines occidentales,
- les sols de la zone des buttes sableuses de l'est,
- les sols de la vallée.

LES SOLS DES VERSANTS DES COLLINES OCCIDENTALES.

Les matériaux originels sont constitués par les formations géologiques en place ou redistribuées sur les pentes. Leur texture est variable. Ce sont le plus souvent des matériaux limoneux, reposant sur des roches sédimentaires calcaires parfois à faible profondeur (moins de 50 cm) des argiles contenant des éléments grossiers siliceux (silex, graviers et cailloux calcaire...)

Les sols développés sur l'argile représentent une unité d'extension très restreinte. Ils sont peu perméables et marqués par l'hydromorphie.

Les sols développés sur les matériaux limoneux sur craie montrent un type de développement pédogénétique lié à la profondeur d'apparition de la roche mère calcaire qui correspond :

- au stade des rendosols (rendzines), lorsque le calcaire apparaît à moins de 50-60 cm de profondeur,
- au stade des calcosols/calcisols (sols bruns calcaires à calcique),
- au stade des néoluvisols à réserve calcique (sol brun faiblement lessivé) sur les limons les plus épais.

Ce sont des sols de perméabilité variable et dont les propriétés physiques sont aussi conditionnées par les pratiques culturales (structuration des horizons de surface, amendements organiques et calciques). Leur charge caillouteuse est variable, mais très souvent des éléments grossiers de type silex sont présents en surface et dans le profil.

LES SOLS DE LA ZONE DES BUTTES SABLEUSES DE L'EST.

Les sols développés sur les versants des buttes sableuses sont des sols bruns sableux, très perméables, non hydromorphes.

On ne dispose d'aucune description analytique permettant de les caractériser localement.

Ils n'ont pas été intégrés dans la prospection, car ils ne sont pas cultivés et protégés par une couverture arborée dense.

LES SOLS DE LA VALLEE

Ce sont essentiellement des sols peu différenciés, dont les textures sont à relier aux matériaux d'origine : textures limono-sableuses et sableuses pour les sols de la rive droite, textures limoneuses et limono-argileuses pour les sols des zones situées plus à l'ouest.

L'absence de données analytiques ne permet pas de caractérisation détaillée de ces sols dont la cartographie a été fondée principalement sur les différenciations texturales telles qu'elles ont pu être relevées par les différents prospecteurs ¹ et l'hydromorphie.

Cinq classes d'économie en eau ont été distinguées, fondées sur le drainage interne des sols, telles que définies pour la carte départementale des terres agricoles.

- *hydromorphie nulle* caractérisée par l'absence de phénomènes de gleyification ou des phénomènes faiblement marqués dans le bas des profils à plus de 80 cm.
- *hydromorphie très faible* avec apparition de phénomènes de gleyification entre 65 et 80 cm
- *hydromorphie faible* avec apparition de phénomènes de gleyification entre 40 et 65 cm
- *hydromorphie moyenne* avec apparition de phénomènes de gleyification entre 0 et 40 cm
- *hydromorphie forte* avec présence d'une nappe à moins de 20 cm.

2.3.2 Cartographie des sols

La cartographie des sols du bassin amont du Grand Nocq a été réalisée à partir des observations préexistantes (voir supra) et des résultats de la prospection pédologique réalisée dans le cadre de cette étude, soit une cinquantaine d'observations à la tarière jusqu'à une profondeur de 1,60 m ².

Les descriptions des sondages à la tarière existantes et celles réalisées en octobre 2003, selon les normes préconisées par la Direction Régionale de l'Agriculture et du Pas de Calais, sont rassemblées dans le document annexe P2-4.

Lors de la campagne pédologique, contacts ont été pris avec des agriculteurs et la chambre d'agriculture. Les personnes suivantes ont été rencontrées :

- M. DERANCOURT de la Chambre d'Agriculture du Pas de Calais
- M. BAILLEUL, J.L. Agriculteur (Allouagne)
- M. DESPREZL, J.L. Agriculteur (Allouagne)

La localisation des points de sondage est indiquée sur la carte II-B1.

La cartographie des sols fait l'objet de la carte II-B2.

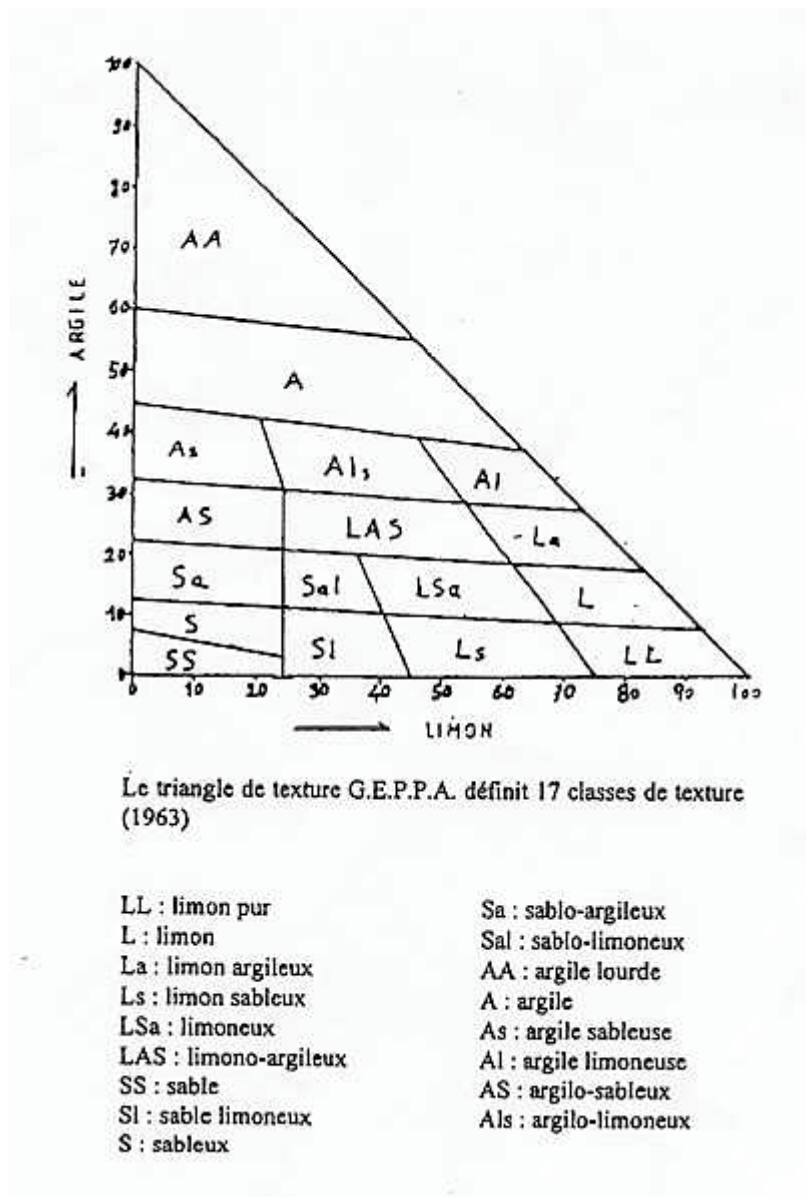
L'ensemble des observations (en incluant celles déjà existantes) a permis de couvrir une superficie de 675 ha en surface totale, dont **499 ha en superficie agricole**, avec une densité de 1 observation pour 5 ha correspondant à un levé à l'échelle du 1/25.000 dans la partie amont du bassin versant.

¹ La synthèse des informations sur les textures a été réalisée par la DRAF. Le traitement informatique de ces données de terrain doit être utilisé avec précaution car les résultats diffèrent assez souvent des appréciations notées lors de la prospection - Voir annexe

² Initialement prévus jusqu'à une profondeur de 120 cm, les sondages ont été réalisés jusqu'à 150 cm afin de suivre les prescriptions de la DRAF. Ils ont d'autre part été décrits selon les normes retenues par la DRAF dans le cadre de la constitution d'une banque régionale de données pédologiques.

La légende de la carte des sols est présentée dans le tableau qui suit.

Les textures des sols ont été définies à l'aide du triangle textural GEPPA. rappelé ci-après :



Triangle de texture GEPPA

Types de sols	Roche mère	Hydromorphie	Texture	Symbole	Sensibilité à la battance
Rendosols	Limons sur craie à moins de 60 cm	Moyenne	L - La	Re	élevée
Calcosols/calcisols limoneux	Limons sur craie	Nulle à très faible	La- L	K - lc	élevée
Calcosols/calcisols limoneux redoxiques	Limons sur craie	Très faible à faible	La - L	Kr - lc	élevée
Calcisols/redoxisols limoneux	Limons sur craie	Moyenne	La- AL	KR – lc	élevée
Calcisols/redoxisols argileux	Argile à silex	Faible	AL - A	Kr – a	faible
Calcisols/redoxisols argileux	Argile à silex	Moyenne	AL - A	KR – a	faible
Neoluvisols à réserve calcique	Limons	Nulle à très faible	L/La – La/AL	N - l	élevée
	Limons sur craie	Nulle à très faible	L/La – La/AL	N - lc	élevée
Neoluvisols/redoxisols à réserve calcique	Limons	Moyenne	L/La	NR – l	élevée
	Limons sur craie	Moyenne	L/La	NR – lc	élevée
Neoluvisols à réserve calcique, redoxiques	Limons	Faible	L/La	Nr - l	élevée
	Limons sur craie	Faible	L/La	Nr - lc	élevée
Brunisols / redoxisols limonosableux à sableux	Sables	moyenne	LS-SL-S	BR – s	élevée
Brunisols limonosableux à sableux, redoxiques	Sables	faible	LS-SL-S	Br - s	élevée

2.3.3 Caractéristiques des principaux types de sols

La caractérisation des principaux types de sols du bassin n'est fondée que sur les éléments visibles détectés lors de la prospection à la tarière et sur les données globales régionales à petite échelle. Elle est limitée par l'absence d'observations morphologiques des horizons sub-superficiels et profonds ainsi que par le manque de données analytiques sur le fonctionnement hydrique et physico-chimique des solums.

Aussi la classification des sols n'est qu'une approximation qui permet cependant de présenter les informations actuellement disponibles.

On trouvera en annexe des **photographies illustrant les types de sols rencontrés**.

LES RENDOSOLS

Les sols issus des limons peu épais sur craie ne sont présents que sur les parties supérieures des versants des collines ont été rattachés à l'ensemble des rendosols (rendzines blanches), mais sont proches des calcosols.

Sous cette référence sont classés des sols superficiels ou peu profonds (moins de 50 cm) ne présentant pas d'horizon morphologiquement différencié et qui montrent un faible drainage interne.

Ils renferment une charge importante en graviers et cailloux de craie.

Leur texture généralement plus limoneuse en surface, favorise les phénomènes de battance.

Ces sols sont utilisés par l'agriculture et présentent parfois une forte compactation liée au tassement par le passage des engins de culture.

Ils occupent une superficie de **34,4** ha, soit **7 %** de la zone cartographiée.

LES CALCOSOLS/CALCISOLS

Les solums qui ont été rattachés aux calcosols correspondent à des sols issus de limons ainsi que plus rarement des sols issus d'argiles, qui recouvrent sur une faible épaisseur (de moins de 150cm) les roches crayeuses à silex sur les versants pentus des collines. Ils diffèrent des rendosols par leur plus grande épaisseur et la présence d'un horizon riche en éléments carbonatés et calciques, généralement bien structuré.

Ce sont des sols caillouteux avec une forte charge en graviers et cailloux (silex et craie).

La texture des horizons superficiels est généralement limoneuse à limono-argileuse.

Ils affectés par l'hydromorphie à des degrés divers selon leur position topographique et la texture des horizons profonds.

Ils sont qualifiés de rédoxiques lorsque des phénomènes d'oxydo-réduction marqués apparaissent à moins de 80 cm.

Ils occupent une superficie de 182 ha, soit **36 %** de la zone cartographiée.

LES NEOLUVISOLS

Les néoluvissols ne représentent sur les versants des collines que des zones d'extension restreinte. Leur développement pédogénétique est marqué au niveau des horizons profonds par l'enrichissement en argile par illuviation qui se traduit par la présence de revêtements argileux sur les agrégats.

Cependant, en l'absence d'analyses granulométriques, il est difficile de conclure à la présence d'horizon enrichi en argile à partir d'observations à la tarière. Dans les sols faiblement lessivés, les indices d'entraînement de l'argile sont inférieurs à 1.2. L'horizon éluvié n'est jamais nettement observé. Il est, soit repris par les façons culturales et intégré alors dans l'horizon labouré, soit absent du fait d'une troncature du profil.

Ils affectés par l'hydromorphie à des degrés divers. Ils sont qualifiés de rédoxiques lorsque des phénomènes d'oxydo-réduction marqués apparaissent à moins de 80 cm.

Ils occupent une superficie de 246 ha, soit **49 %** de la zone cartographiée.

LES BRUNISOLS

Les sols de la partie est du bassin du Grand Nocq, ont été qualifiés de brunisols. Ce sont en effet des sols issus de formations superficielles des parties basses des versants qui résultent de l'accumulation progressive de matériaux arrachés plus haut dans le paysage. Ils ne présentent pas de différenciation texturale notable ni présence d'éléments carbonatés.

Ce sont des sols de texture limoneuse à limono-sableuses, car la granulométrie y est influencée par celle des buttes qui constituent la limite orientale.

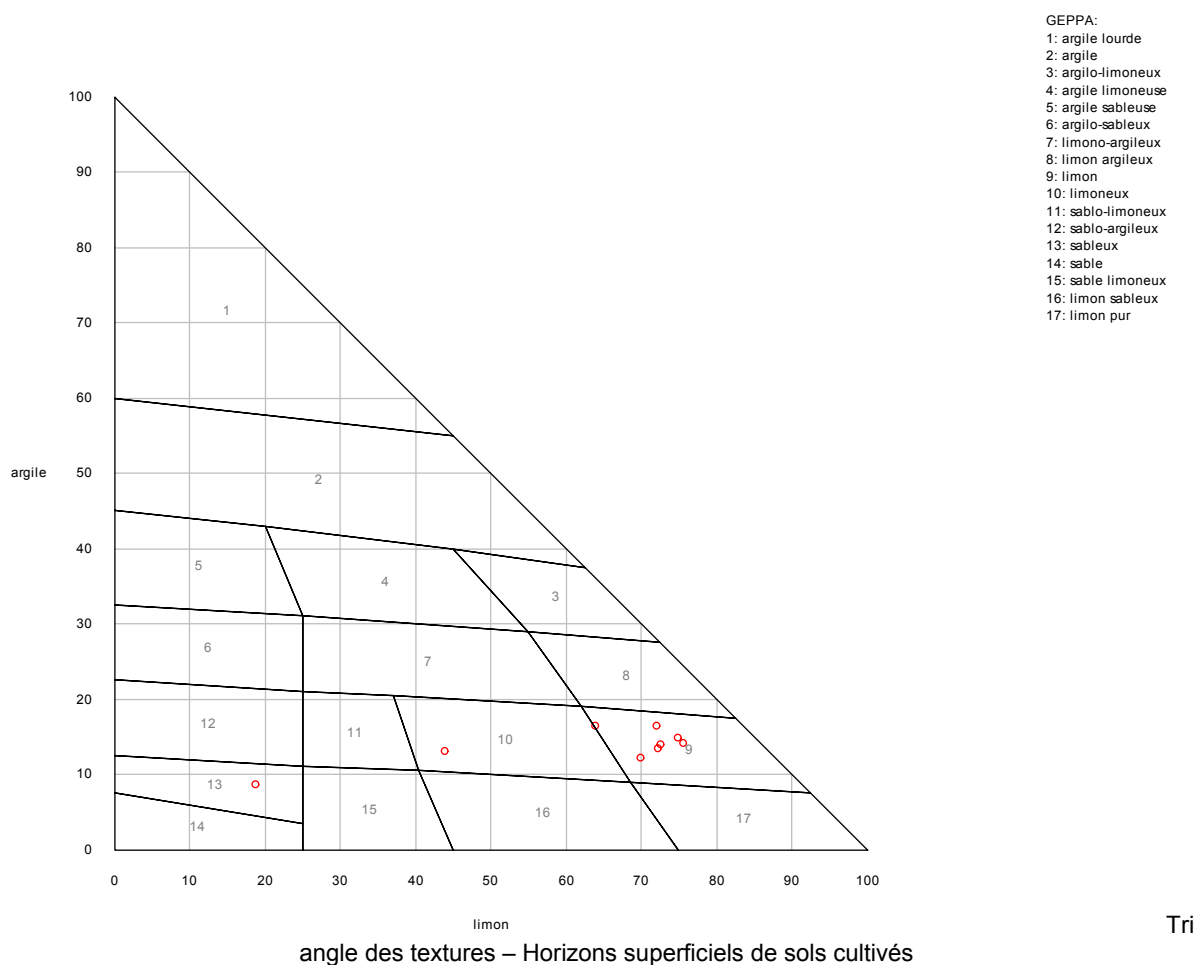
Dans le tableau 2 qui suit sont présentés les résultats d'analyses granulométriques recueillis auprès des agriculteurs. Les textures limoneuses dominent, avec des conséquences sur **une forte tendance à la battance**.

	Longitude	Latitude	Limons	Argile	Sables	Texture
	Lambert 1		%			
A1	611810	1313500	72.3	13.4	24.3	limon
A2	611450	1314100	74.9	14.8	20.3	limon
A31	611900	1313900	75.6	14	20.4	limon
A32			63.9	16.3	29.8	limon
A4	612150	1314100	72.1	16.3	21.6	limon
D1	613225	1314150	44	13	53	limoneux
D2	613070	1314130	18.9	8.6	82.5	sableux
D3	611980	1315330	72.6	13.9	23.5	limon
D4	613430	1314550	70	12.1	27.9	limon

Source : Analyses obtenues auprès des agriculteurs.

L'économie en eau de ces sols est très variable, mais la tendance à l'hydromorphie augmente vers l'aval. Aussi les quelques parcelles qui ont été drainées par la mise en place d'un réseau enterré se situent-elles à l'aval du principal fossé (la Rivierette) qui draine la partie est (environ 50 ha au pied des versants du Bois Roquelaure, et au nord d'Allouagne (30 ha environ au lieu dit Les Champs d'Arras).

Ils occupent une superficie de 37 ha, soit **7%** de la zone cartographiée.



2.3.4 Zones drainées

Comme déjà mentionné plus haut, dans le § sur les brunisols, le drainage agricole est limité sur le bassin amont : les quelques parcelles qui ont été drainées par la mise en place d'un réseau enterré se situent à l'aval du principal fossé (la Rivierette) qui draine la partie est (environ 50 ha au pied des versants du Bois Roquelaure, et au nord d'Allouagne (30 ha environ au lieu dit Les Champs d'Arras).

2.4 OCCUPATION DU SOL ET ANALYSE DES PRATIQUES CULTURALES

L'occupation du sol sur le bassin versant amont du Grand Nocq a été étudiée sur la base d'orthophotographies IGN du 17 juin 2000.

Le travail s'est par ailleurs basé sur une visite de terrain en septembre 2003, complété par les interviews d'agriculteurs réalisés lors de la campagne pédologique.

Ces données ont permis d'aborder les points suivants :

- occupation du sol actuelle à différentes saisons critiques,
- rotations culturales pratiquées,
- sens de culture vis à vis de la pente,
- remembrements.

La méthodologie de traitement des images est détaillée à l'annexe 3.

OCCUPATION DU SOL ACTUELLE A DIFFERENTES SAISONS CRITIQUES

L'étude s'est basée sur les orthophotos de juin 2000.

Une première photo-interprétation a permis de tracer les limites des parcelles agricoles et de cartographier les espaces non agricoles : habitat, autres bâtiments, équipement, routes, voies de chemin de fer, parcs et jardins, espaces forestiers.

Pour les parcelles agricoles, sur la base de la photo, avec donc des risques d'erreur d'interprétation pour certaines cultures, on a distingué les occupations suivantes : céréales, maïs, autres cultures, houblonnière, verger, surface toujours en herbe, sol nu. Pour ces parcelles, l'orthophoto a également permis de déterminer le sens de travail du sol.

Cette première photo-interprétation a servi de base (en terme de contours de parcelle et d'occupation des terrains non agricoles) pour le travail de terrain conduit en septembre 2003. Ce travail a permis de repérer, de visu, l'occupation des parcelles à la date de l'observation et de faire des hypothèses, pour les parcelles en sol nu, sur la culture en place à l'été 2003 (sur la base des restes en place : chaumes, ...).

Sur la base de ce travail, ont été établi deux cartes, sur la base de déductions, pour deux saisons jugées critiques en terme d'occupation du sol :

- décembre - janvier,
- mars-avril.

La période critique vis à vis de l'occupation du sol s'étend en fait de novembre à avril, avec deux sous-période :

- Période fin d'automne-hiver : pendant cette période on considère que seules sont couvertes les parcelles de prairies et les parcelles ayant fait l'objet de plantations d'intercultures.
- Période début du printemps : pendant cette période, les céréales d'hiver présentent un couvert significatif, on considère par contre que les intercultures ne sont plus couvrantes (effet du gel ou parcelles déjà re-cultivées). Les autres cultures ne sont pas encore en place ou par encore couvrantes. En résumé, les différences avec la période précédente sont :
 - ✓ les céréales d'hiver sont levées significativement,
 - ✓ les parcelles qui étaient en intercultures ne sont plus couvertes.

Pratiquement, nous avons donc établi les deux cartes suivantes, sur le fond IGN 1/25.000 agrandi au 1/10.000 :

- Carte II-D1 : Carte de l'occupation du sol actuelle en saison 1 (décembre-janvier)
- Carte II-D2 : Carte de l'occupation du sol actuelle en saison 2 (mars-avril)

Carte II-D1 : nous avons extrapolé les observations de septembre 2003 pour en déduire l'occupation du sol en décembre 03 - janvier 04.

Carte II-D2 : nous avons extrapolé les observations de septembre 2003 pour en déduire ce qu'avait été l'occupation du sol au début du printemps 2003.

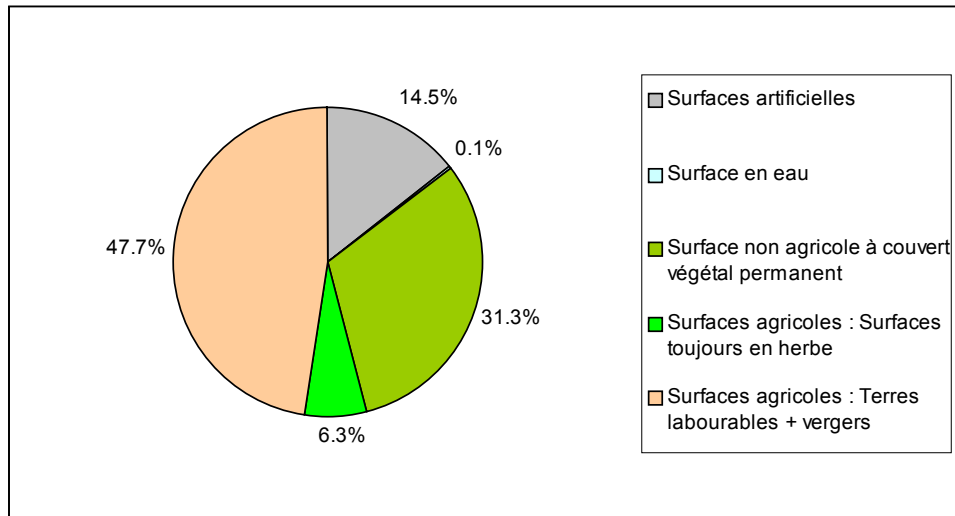
Pour ces deux cartes, nous avons reporté, pour les parcelles cultivées, le sens du travail du sol observé sur la photo de juin 2000.

Dans le tableau ci-après, on distinguera une troisième saison (non cartographiée) correspondant à l'occupation du sol en saison de recouvrement maximal de l'espace agricole: céréales non encore moissonnées, maïs, betteraves, pomme de terre en place.

Les calculs de surface conduisent aux résultats suivants :

	Saison 1 : Décembre-Janvier		Saison 2 : Mars-Avril		Saison 3 : Juin	
	ha	%	ha	%	ha	%
Surfaces artificielles						
Habitat rural	94.3	7.2%	94.3	7.2%	94.3	7.2%
Habitat isolé	12.4	0.9%	12.4	0.9%	12.4	0.9%
Lotissement	23.6	1.8%	23.6	1.8%	23.6	1.8%
Cimetière	1.3	0.1%	1.3	0.1%	1.3	0.1%
Equipement	0.9	0.1%	0.9	0.1%	0.9	0.1%
Serres	0.5	0.0%	0.5	0.0%	0.5	0.0%
Bâtiment industriel	21.2	1.6%	21.2	1.6%	21.2	1.6%
Routes	23.8	1.8%	23.8	1.8%	23.8	1.8%
Chemin de fer	2.2	0.2%	2.2	0.2%	2.2	0.2%
Exploitation minière	9.3	0.7%	9.3	0.7%	9.3	0.7%
Chantier	0.6	0.0%	0.6	0.0%	0.6	0.0%
Equipement sportif	0.7	0.1%	0.7	0.1%	0.7	0.1%
Surface en eau						
Plan d'eau	1.4	0.1%	1.4	0.1%	1.4	0.1%
Surface à couvert végétal permanent						
Parc ou jardin	20.9	1.6%	20.9	1.6%	20.9	1.6%
Jardin de l'habitat	72.3	5.5%	72.3	5.5%	72.3	5.5%
Surface en herbe non agricole	8.2	0.6%	8.2	0.6%	8.2	0.6%
Bois ou forêt	303.3	23.1%	303.3	23.1%	303.3	23.1%
Peupleraie	6.2	0.5%	6.2	0.5%	6.2	0.5%
Surfaces agricoles : Surfaces toujours en herbe						
Surface toujours en herbe	82.7	6.3%	82.7	6.3%	82.7	6.3%
Surfaces agricoles : Terres labourables + vergers						
Verger ou pépinière	3.9	0.3%	3.9	0.3%	3.9	0.3%
Houblonnière	-	-	-	-	-	-
Maraîchage ou horticulture	18.2	1.4%	18.2	1.4%	18.2	1.4%
Céréales	-	-	262.4	20.0%	262.4	20.0%
Maïs	-	-	-	-	195.6	14.9%
Autre culture	-	-	-	-	14.6	1.1%
Betterave	-	-	-	-	111.8	8.5%
Pomme de terre	-	-	-	-	4.3	0.3%
Interculture	15.3	1.2%	-	-	-	-
Sol nu agricole	588.7	44.9%	341.6	26.0%	15.3	1.2%
SOUS-TOTAUX						
Surfaces artificielles	190.8	14.5%	190.8	14.5%	190.8	14.5%
Surface en eau	1.4	0.1%	1.4	0.1%	1.4	0.1%
Surface non agricole à couvert végétal permanent	410.9	31.3%	410.9	31.3%	410.9	31.3%
Surfaces agricoles : Surfaces toujours en herbe	82.7	6.3%	82.7	6.3%	82.7	6.3%
Surfaces agricoles : Terres labourables + vergers	626.1	47.7%	626.1	47.7%	626.1	47.7%
dont sol en culture	37.4	3%	284.6	22%	610.9	47%
dont sol nu	588.7	45%	341.6	26%	15.3	1%
TOTAL	1 312	100%	1 312	100%	1 312	100%

Le graphe ci-après reprend la répartition des surfaces entre les grandes catégories :



Ce graphe traduit la faible urbanisation du bassin versant amont. Les surfaces artificielles représentent moins de 15% de la surface totale. Les surfaces à couvert végétal permanent, agricoles et non agricoles, représentent plus d'un tiers de la surface.

Les terres labourables ou assimilées (vergers) représentent près de la moitié de la surface. En saison 1, ces surfaces sont pratiquement toutes en sol nu (à 94%). **Cette proportion est liée à une faible utilisation des intercultures.** En saison 2, avec la levée des céréales d'hiver, cette proportion descend à 54%, et elle n'est plus que de 2% en fin de printemps - début d'été.

ROTATIONS CULTURALES

Les rotations qui dominent dans la région sont des rotations triennales betterave, pomme de terre, blé ; ou betterave, blé, orge.

Pour ce type de rotation, la betterave pouvant être remplacée en tête d'assolement par du maïs fourrager, de la pomme de terre, du pois ou des légumes.

On a aussi des rotations du type Maïs, blé.

SENS DE CULTURE VIS A VIS DE LA PENTE

Les carte II-D1 et II-D2 montrent que le travail du sol s'effectue souvent dans le sens de la plus grande pente, comme l'illustre la photo réalisée au point du sondage pédologique n°12 (cf. annexe).

Ce sens du travail du sol est facteur d'accélération de l'écoulement des eaux et des modifications de pratiques seront proposées dans les mesures de la phase d'étude suivante.

Il est toutefois important de noter que certaines cultures exigent un travail du sol dans le sens de la plus grande pente pour des raisons liées au matériel agricole utilisée : cas des cultures de betteraves et de pommes de terre.

Sur la base de l'orthophoto de 2000, on peut estimer la surface de ces cultures sur les terres labourables du bassin amont (626 ha) à 116 ha, soit **une proportion d'environ 20%**.

REMEMBREMENTS (SOURCE : SERVICE AMENAGEMENT RURAL ET FONCIER DE LA DDA DU PAS-DE-CALAIS).

Des remembrements ont eu lieu sur les communes suivantes (on indique la date d'achèvement de l'opération) :

- Allouagne : 1979
- Choques : 1977
- Gonnehem : 1994

Les communes de Lozinghem, Lapugnoy, Mont-Bernanchon et Calonne sur la Lys n'ont pas connu de remembrement.

Sans élément de comparaison historique, il est difficile de conclure sur l'impact de ces opérations sur la taille des parcelles et la trame de haies et chemins et donc sur le ruissellement. On peut toutefois supposer que le remembrement sur Allouagne a conduit à diminuer le nombre de parcelles sur le bassin amont et a donc contribué à une augmentation des ruissellements.

2.5 CONCLUSIONS

2.5.1 Conclusions sur l'érosion

Lors de la campagne de sondages à la tarière en octobre 2003, après une période climatique peu pluvieuse, peu agressive et donc peu favorable pour l'observation de phénomènes d'érosion **aucune trace d'érosion visible n'a été observée.**

Pour les agriculteurs rencontrés sur le terrain, l'érosion et les pertes de terre dans les parcelles agricoles ne constituent pas de phénomènes significatifs.

L'érosion qui affecte le bassin essentiellement sur les versant pentus des collines crayeuses est une érosion diffuse automnale et hivernale avec une faible concentration du ruissellement. Sans mesure d'aucune sorte au niveau du bassin (pertes de terre et MES dans les réseaux de drainage), une appréciation quantitative n'est pas envisageable.

La richesse en carbonates et en calcium des sols de cette zone favorise la stabilité structurale des agrégats et permet de limiter les phénomènes de perte de terre.

2.5.2 Conclusions sur le ruissellement

LIENS PEDOLOGIE - RUISSELLEMENT

Les **sols limoneux, particulièrement les plus pauvres en argile et en matière organique, sont sensibles à la battance.** Lorsque la croûte de battance est formée, les pluies ultérieures, même si elles sont de faible intensité, engendrent du ruissellement.

A fortiori, lors des grosses pluies d'orage, l'infiltration de l'eau dans le sol ne permet pas de limiter de forts ruissellements qui se concentrent sur les chemins.

La carte des sols (II-B2) montre la **très large prédominance des terrains limoneux dans le cas du bassin amont du Grand Nocq. Sur les 500 ha de terrains agricoles cartographiés, seuls une quarantaine (soit moins de 10%) sont classés en argileux**, tous les autres sont limoneux ou limono-sableux.

Les terrains les plus sensibles sont les parcelles fortement ameublées, ainsi que les sols à faible teneur en argile.

Les phénomènes liés au ruissellement sont aggravés par plusieurs raisons parmi lesquelles on peut citer :

- la suppression d'obstacles à l'écoulement des eaux comme les haies, les fossés et les talus
- l'augmentation de la superficie des parcelles
- la réduction du type de cultures entraînant une homogénéité des pratiques culturales
- la régression des cultures pérennes au profit de cultures annuelles moins couvrantes ou couvrant le sol trop tardivement (betteraves, maïs, pomme de terre)
- des modifications des méthodes de travail du sol aboutissant souvent à un ameublissement plus poussé du sol, les engins lourds, accroissant les risques de tassement du sol qui réduit l'infiltration.

Les remèdes à apporter pour limiter le ruissellement doivent tenir compte de ces raisons et l'aménagement du régime des eaux à l'échelle du bassin versant (interception du ruissellement, enherbement) doit être privilégié. A l'échelle de la parcelle, les actions à envisager viseront à augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol, et à réduire la vitesse de ruissellement.

CHOIX DES COEFFICIENTS DE RUISSellement POUR LE MODELE HYDROLOGIQUE

Les coefficients discutés dans le présent paragraphe correspondent aux coefficients utilisés dans la méthode rationnelle. Le choix de cette méthode est discuté dans le chapitre 2.

Le choix des coefficients de ruissellement se base dans un premier temps sur une analyse a priori, en fonction des paramètres du ruissellement.

On utilise ensuite les données de sortie du modèle des écoulements (présenté plus loin dans le rapport) pour discuter de la validité des hypothèses faites sur les coefficients de ruissellement.

Les principaux paramètres du ruissellement sont a priori les suivants :

- pente,
- occupation du sol,
- pédologie, en particulier pour les sols végétalisés ou nus,
- état de saturation du sol.

On distinguera le sous-bassin amont et le sous-bassin aval.

Pour le sous-bassin amont :

Pédologie : Comme discuté précédemment, plus de 90% des sols du bassin amont du Grand Nocq sont limoneux et donc a priori sensibles à la battance. Etant donné cette relative homogénéité, **le facteur pédologie n'a pas été considéré comme discriminant.**

Occupation du sol et pente :

Des références ont été recherchées dans la littérature et les études existantes. Elles sont présentées en annexe.

Comme présenté en annexe, les coefficients de ruissellement retenus dans "l'étude des zones inondables de la Lys" sont généralement inférieurs à ceux rencontrés dans la littérature. Cependant, ceux-ci traduisent les écoulements rencontrés en Nord Pas-de-Calais et sont donc en proportion des débits spécifiques observés.

Sur la base de ces coefficients, on a construit le tableau suivant, pour les pluies de temps de retour 10 ans, en fonction des classes d'occupation du sol retenues pour la présente étude :

Coefficients de ruissellement retenus a priori en fonction de l'occupation du sol et de la pente

(valeurs attribuées pour les pluies correspondant à un temps de retour 10 ans)

	pente <1%	1% < pente < 5%	pente > 5%
Autre culture	0.15	0.25	0.40
Bâtiment industriel	0.70		
Betterave	0.20	0.30	0.45
Céréales	0.15	0.25	0.40
Bois ou forêt	0.02	0.05	0.10
Chantier	0.30	0.40	0.50
Chemin de fer	0.30	0.40	0.50
Cimetière	0.30	0.40	0.50
Equipement	0.30	0.40	0.50
Equipement sportif ou de loisir	0.30	0.40	0.50
Exploitation minière	0.30	0.40	0.50
Habitat isolé	0.30	0.40	0.50
Habitat rural	0.30	0.40	0.50
Interculture	0.15	0.25	0.40
Jardin de l'habitat	0.07	0.15	0.30
Lotissement	0.30	0.40	0.50
Maïs	0.20	0.30	0.45
Maraîchage ou horticulture	0.15	0.25	0.40
Parc ou jardin	0.07	0.15	0.30
Peupleraie	0.02	0.05	0.10
Pomme de terre	0.20	0.30	0.45
Route	0.70	0.75	0.80
Sol nu agricole	0.30	0.40	0.50
Surface en herbe non agricole	0.07	0.15	0.30
Surface toujours en herbe	0.07	0.15	0.30
Verger ou pépinière	0.07	0.15	0.30

Dans un premier temps, chaque sous-bassin a été classé dans une catégorie de classe de pente, en fonction de sa pente longitudinale moyenne.

Puis, toujours pour chaque sous-bassin, une analyse sur Système d'Information Géographique a permis, pour chaque saison critique, de déterminer la superficie de chaque catégorie d'occupation du sol.

Le croisement de ces données avec le tableau précédent a permis d'affecter, pour chaque saison, un coefficient par sous-bassin.

Etat de saturation du sol

Pour tenir compte de l'évolution de la saturation du sol en fonction du temps de retour des phénomènes pluviométriques modélisés, nous avons retenu la formule suivante :

$$\mathbf{CR\ (T=5ans) = CR\ (T=10ans) \times 0,95\ et\ CR\ (T=50ans) = CR\ (T=10ans) \times 1,20} \quad (1)$$

Cette formule est issue d'une comparaison entre les coefficients de ruissellement d'après le manuel "Applied hydrology" (1988) de Ven Te Chow. Référence en hydrologie, cet ouvrage présente une comparaison des coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation des sols et des périodes de retour 2, 5, 10, 25, 50, 100 et 500 ans.

Cette relation permet de traduire, dans l'application de la formule rationnelle, la variation de la saturation du sol en fonction de l'intensité de la pluie et donc de la période de retour.

Par ailleurs, la comparaison des débits instantanés des stations jaugées des bassins versants voisins du Grand Nocq, pour les périodes de retour 5, 10 et 50 ans, confirme l'ordre de grandeur de la relation (1).

En effet, si l'on considère :

$$Q_{5ans} = Cruis_{5ans} \times i_{5ans} \times S$$

$$Q_{10ans} = Cruis_{10ans} \times i_{10ans} \times S$$

$$Q_{50ans} = Cruis_{50ans} \times i_{50ans} \times S$$

avec :

S : la superficie du bassin versant,

Q_{5ans} le débit pour la période de retour 5 ans,

i_{5ans} l'intensité de la pluie de période de retour 5 ans,

$Cruis_{5ans}$ le coefficient de ruissellement associé à la période de retour 5 ans,

les comparaisons de Q_{5ans} / Q_{10ans} et Q_{50ans} / Q_{10ans} aboutissent aux relations entre les coefficients de ruissellement suivantes :

Station	C5/C10	C50/C10
Clarence-Robecq	1.04	1.24
Clarence-Gonnehem	0.88	/
Lys-Lugy	0.91	1.09
Laquette-Witternesse	0.96	/

Pour les sous-bassins aval :

Ces sous-bassins n'ont pas fait l'objet d'étude détaillée. Il s'agit essentiellement de terrains très plats (anciens marais), avec un fond argileux affleurants ou peu profonds.

Dans ces conditions, nous avons estimé, pour chacun des sous-bassins, que l'ordre de grandeur du débit maximum restitué au lit du Grand Nocq correspondait au débit capable (capacité) du fossé principal du bassin versant.

En absence de donnée précise, une hypothèse de section carrée d'un mètre carré a été faite pour ces fossés. Les pentes ont été estimées avec la topographie disponible.

Partant de ce principe, a été recherché le coefficient C qui permettait de s'approcher de cette valeur.

Avec un coefficient de 0.07 pour l'ensemble des bassins, on obtient les résultats suivants :

Bassin versant	C	Débit de pointe décennal (m3/s) calculé par la méthode rationnelle avec le coefficient C	Débit (m3/s) maximum pouvant être transité par le fossé principal du sous-bassin (formule de Strickler)
K	0.07	0.14	0.15
L	0.07	0.20	0.19
M	0.07	0.07	0.14
N	0.07	0.16	0.14
O	0.07	0.04	0.20
P	0.07	0.14	0.12
Q	0.07	0.15	0.12
R	0.07	0.12	0.12

Remarque : la problématique des zones basses et la technique de modélisation finalement retenues sont discutées plus loin. Il s'agit simplement ici de déterminer le coefficient susceptible de traduire le débit de pointe apporté par les bassins aval dans le modèle hydrologique général.

RESULTATS

Les tableaux des coefficients de ruissellement retenus pour les différents sous-bassins sont présentés ci-après pour les deux découpages correspondant aux deux niveaux d'étude présentés au premier chapitre :

- Niveau 1 : découpage utilisé pour le modèle global
- Niveau 2 : découpage plus fin sur les bassins amont.

Dans chaque cas, on, distingue la saison 1 et la saison 2 pour les coefficients de ruissellement.

On indique par ailleurs dans ce tableau le temps de concentration des bassins utilisé dans les calculs réalisés avec la méthode rationnelle pour le temps de retour 10 ans.

Ce calcul utilise la formule de Richards :

$$tc_h = \sqrt[3]{1.8639 \frac{L_{km}^2}{P_{m/m}} (C \times a_{mm/h} \times tc_h^{-b})^{-1.63} \times (tc_h + 1)^{-0.63}} \quad \text{résolution par itérations}$$

CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS DU MODELE GLOBAL

BASSIN	SURFACE (HA)	LONGUEUR (KM)	DENIVELEE (M)	PENTE MOYENNE (%)	Tc (RICHARDS) (H)	CR(T=10ANS) SAISON1	CR(T=10ANS) SAISON2
A	167	2.27	67	3.0	2.2	0.38	0.33
B	175	2.00	62	3.1	2.2	0.32	0.30
C	225	3.00	66	2.2	3.5	0.35	0.33
D	74	1.10	11	1.0	2.5	0.25	0.20
E	57	1.95	11	0.6	5.7	0.24	0.22
F1	26	0.70	19	2.7	0.8	0.34	0.34
F2	44	0.75	20	2.7	0.8	0.35	0.29
G	174	2.50	41	1.6	5	0.20	0.18
H	48	1.10	48	4.4	2.6	0.10	0.10
I	46	0.60	8	1.3	0.1	0.34	0.30
Jam : (J1+J2)	226	1.80	57	3.2	1.7	0.38	0.32
Jav : (J3 à J7)	297	3.70	18	0.5	8	0.37	0.32
J8	152	2.20	8	0.4	6.2	0.34	0.30
K	428	2.60	6	0.2	25	0.07	0.07
L	794	6.55	51	0.8	33	0.07	0.07
M	204	3.38	12	0.4	26	0.07	0.07
N	945	7.55	21	0.3	56	0.07	0.07
O	239	4.60	4	0.1	60	0.07	0.07
P	327	1.70	3	0.2	20	0.07	0.07
Q	872	6.90	5	0.1	92	0.07	0.07
R	308	1.80	3	0.2	21	0.07	0.07

De ce tableau, on peut tirer les remarques suivantes :

- les variations entre saisons sont assez limitées,
- les coefficients les plus forts concernent les bassins A, B, C et F1, qui génèrent les débits touchant Allouagne.

CARACTERISTIQUES DES BASSINS ELEMENTAIRES DU BASSIN AMONT

BASSIN	SURFACE (HA)	LONGUEUR (KM)	DENIVELEE (M)	PENTE MOYENNE (%)	CR(T=10ANS) SAISON1	CR(T=10ANS) SAISON2
A1	43	1.05	52	5.0	0.39	0.31
A2	51	1.17	52	4.4	0.39	0.34
A3	38	0.95	5	0.5	0.26	0.24
A4	35	0.65	12	1.8	0.37	0.32
B1	24	0.60	28	4.7	0.39	0.39
B2	32	0.75	43	5.7	0.33	0.26
B3	36	1.55	57	3.7	0.33	0.32
B4	17	0.60	5	0.8	0.16	0.20
B5	28	0.80	17	2.1	0.28	0.27
B6	16	0.70	14	2.0	0.34	0.32
B7	23	0.55	30	5.5	0.28	0.27
C1	65	1.20	18	1.5	0.39	0.34
C2	30	0.70	18	2.6	0.27	0.26
C3	33	0.57	7	1.2	0.39	0.37
C4	27	0.80	16	2.0	0.38	0.35
C5	42	1.00	41	4.1	0.34	0.33
C6	28	0.70	9	1.3	0.32	0.32
D1	17	0.70	11	1.6	0.33	0.33
D2	56	1.10	11	1.0	0.25	0.19
E	57	1.95	11	0.6	0.24	0.22
F1	26	0.70	19	2.7	0.34	0.34
F2	44	0.75	20	2.7	0.35	0.29
G1	87	1.10	28	2.5	0.16	0.16
G2	87	1.70	21	1.2	0.25	0.21
H	48	1.10	48	4.4	0.10	0.10
I	46	0.60	8	1.3	0.34	0.30
J1	120	1.10	51	4.6	0.37	0.32
J2	106	1.05	12	1.1	0.39	0.31
J3	48	1.10	12	1.1	0.37	0.32
J4	76	1.10	9	0.8	0.37	0.32
J5	48	1.00	5	0.5	0.37	0.32
J6	59	1.15	9	0.8	0.37	0.32
J7	66	0.75	3	0.4	0.37	0.32
J8	152	2.20	8	0.4	0.34	0.30

3. ETUDE HYDROLOGIQUE QUANTITATIVE

Il s'agira essentiellement dans ce chapitre de quantifier le ruissellement en débit et volume et de définir les hydrogrammes qui seront injectés aux différents points d'injection du modèle hydraulique.

On détaillera successivement :

- le choix des pluies de projet,
- le choix de la méthode de calcul pluie - débit,
- la topologie des modèles réalisés pour l'étude,
- les scénarios modélisés,
- les résultats en terme de volumes ruisselés et débits de pointe et la discussion par rapport aux données disponibles pour le calage.

3.1 PLUIES DE PROJETS

Les pluies de projets qui avaient été définies en phase 1 sont de deux types :

- une première série de pluies de relativement courte durée représentant les précipitations qui engendrent le plus de désordres sur les bassins amont,
- une deuxième série, construite sur des pluies allant jusqu'à 10 jours, pour mieux cerner les problèmes rencontrés dans la plaine, de Gonnehem à Calonne-sur-la-Lys.

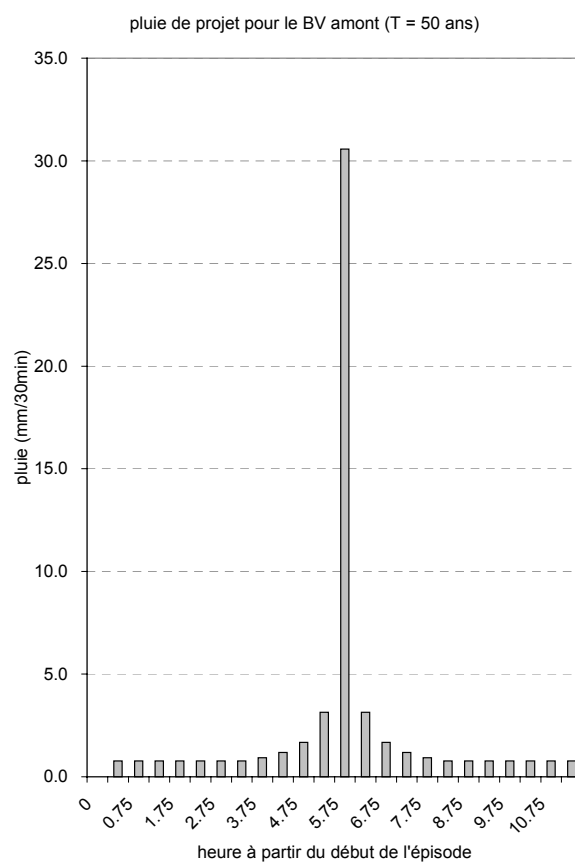
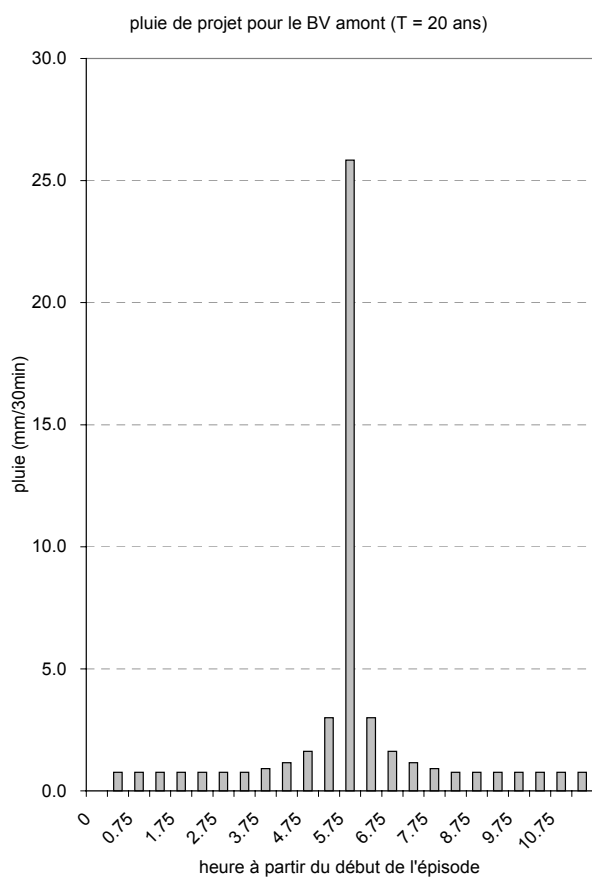
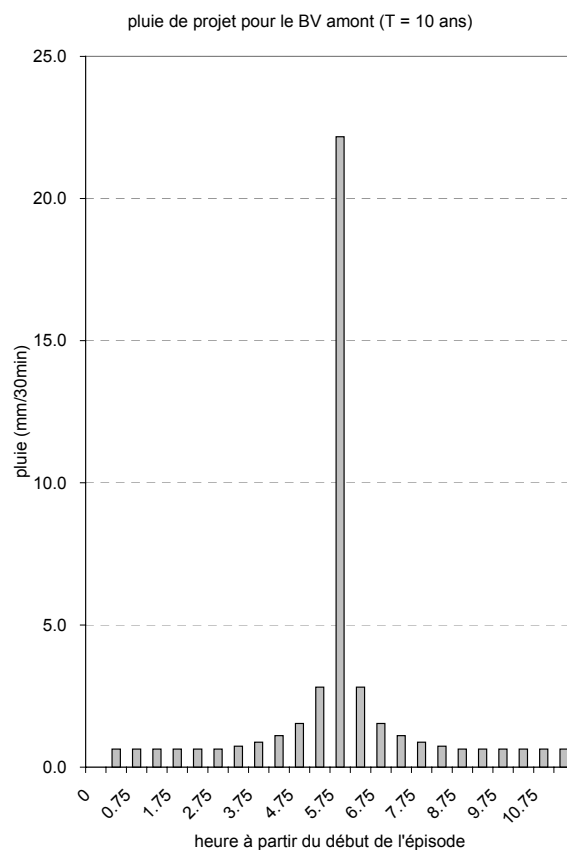
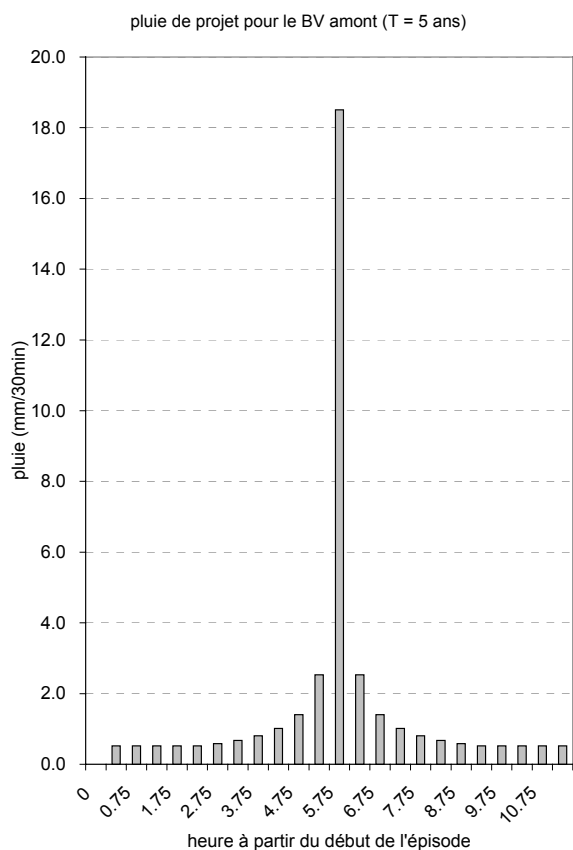
Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques ces pluies de projet :

Pluies courtes				
Période de retour	Durée totale	Cumul (mm)	Cumul (m3/km²)	Intensité pendant les 30 min de pic (mm/h)
5	12h00	37.5	37 500	37
10		43.4	43 400	44.4
20		50.4	50 400	51.6
50		55.6	55 600	61.2
Pluies longues				
Période de retour	Durée totale	Cumul (mm)	Cumul (m3/km²)	Intensité pendant les 12 h de pic (mm/h)
5	10 jours	111	111 000	3.25
10		124	124 000	3.5
20		134	134 000	4
50		148	148 000	4.5

Les hyétogrammes (tableaux et graphiques) des pluies de projet figurent dans les pages suivantes.

HYETOGRAMMES (TABLEAU ET GRAPHIQUE) DES PLUIES DE PROJET - PLUIES DE COURTE DUREE :

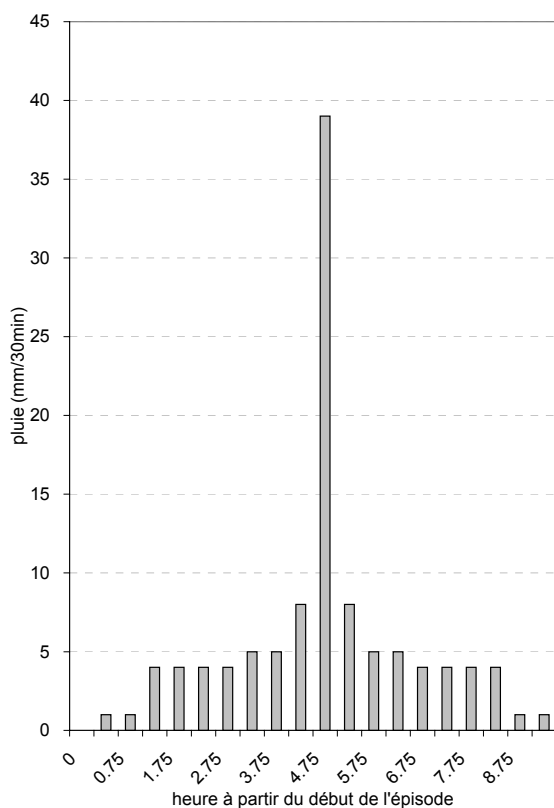
PLUIES DE COURTE DUREE (MM)				
heures	Cumul de pluie pour la période de retour :			
	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
0	0.0	0.0	0.0	0.0
15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
45 min	0.5	0.6	0.8	0.8
1 h 15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
1 h 45 min	0.5	0.6	0.8	0.8
2 h 15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
2 h 45 min	0.6	0.6	0.8	0.8
3 h 15 min	0.7	0.7	0.8	0.8
3 h 45 min	0.8	0.9	0.9	0.9
4 h 15 min	1.0	1.1	1.2	1.2
4 h 45 min	1.4	1.5	1.6	1.7
5 h 15 min	2.5	2.8	3.0	3.1
5 h 45 min	18.5	22.2	25.8	30.6
6 h 15 min	2.5	2.8	3.0	3.1
6 h 45 min	1.4	1.5	1.6	1.7
7 h 15 min	1.0	1.1	1.2	1.2
7 h 45 min	0.8	0.9	0.9	0.9
8 h 15 min	0.7	0.7	0.8	0.8
8 h 45 min	0.6	0.6	0.8	0.8
9 h 15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
9 h 45 min	0.5	0.6	0.8	0.8
10 h 15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
10 h 45 min	0.5	0.6	0.8	0.8
11 h 15 min	0.5	0.6	0.8	0.8
11 h 45 min	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	37.5	43.4	50.4	55.6



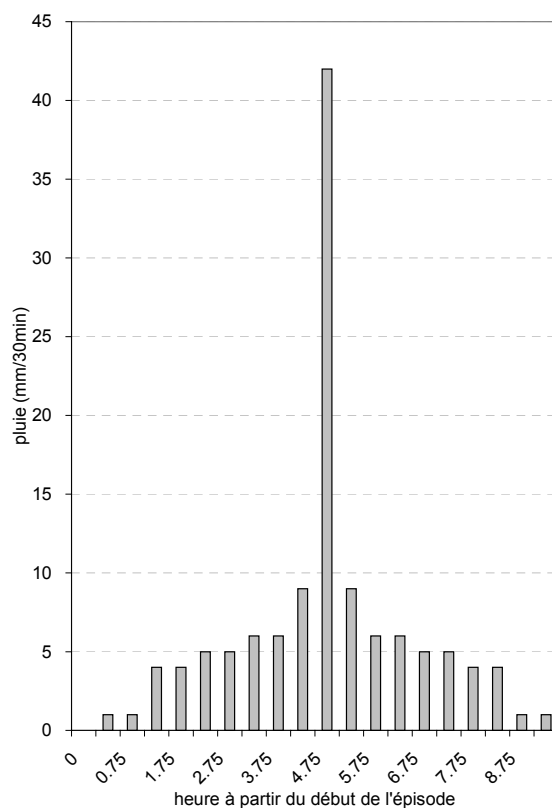
HYETOGRAMMES (TABLEAU ET GRAPHIQUE) DES PLUIES DE PROJET - PLUIES DE LONGUE DUREE :

PLUIES DE <u>LONGUE DUREE</u> (MM)				
JOURS	CUMUL DE PLUIE POUR LA PERIODE DE RETOUR :			
	5 ANS	10 ANS	20 ANS	50 ANS
0	0	0	0	0
0.25	1	1	1	1
0.75	1	1	1	2
1.25	4	4	4	4
1.75	4	4	4	4
2.25	4	5	5	5
2.75	4	5	5	6
3.25	5	6	7	7
3.75	5	6	7	8
4.25	8	9	9	10
4.75	39	42	48	54
5.25	8	9	9	10
5.75	5	6	7	8
6.25	5	6	7	7
6.75	4	5	5	6
7.25	4	5	5	5
7.75	4	4	4	4
8.25	4	4	4	4
8.75	1	1	1	2
9.25	1	1	1	1
9.75	0	0	0	0
TOTAL	111	124	134	148

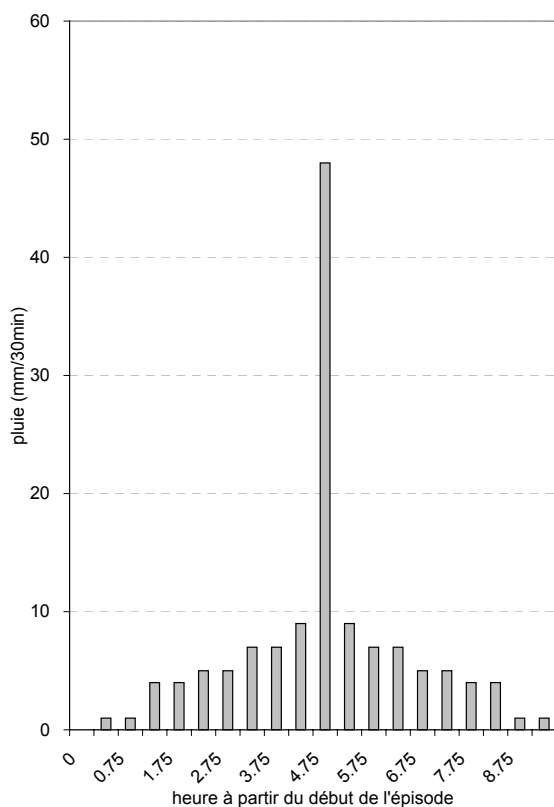
pluie de projet pour le BV complet (T = 5ans)



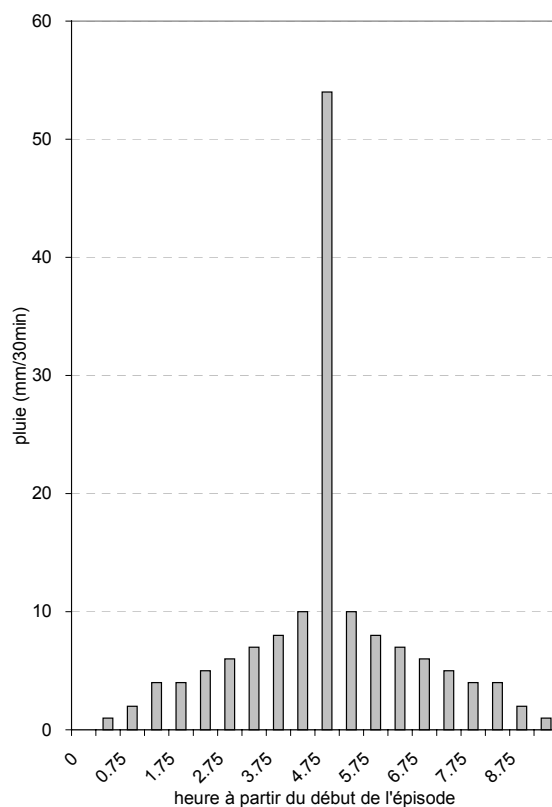
pluie de projet pour le BV complet (T = 10ans)



pluie de projet pour le BV complet (T = 20ans)



pluie de projet pour le BV complet (T = 50ans)



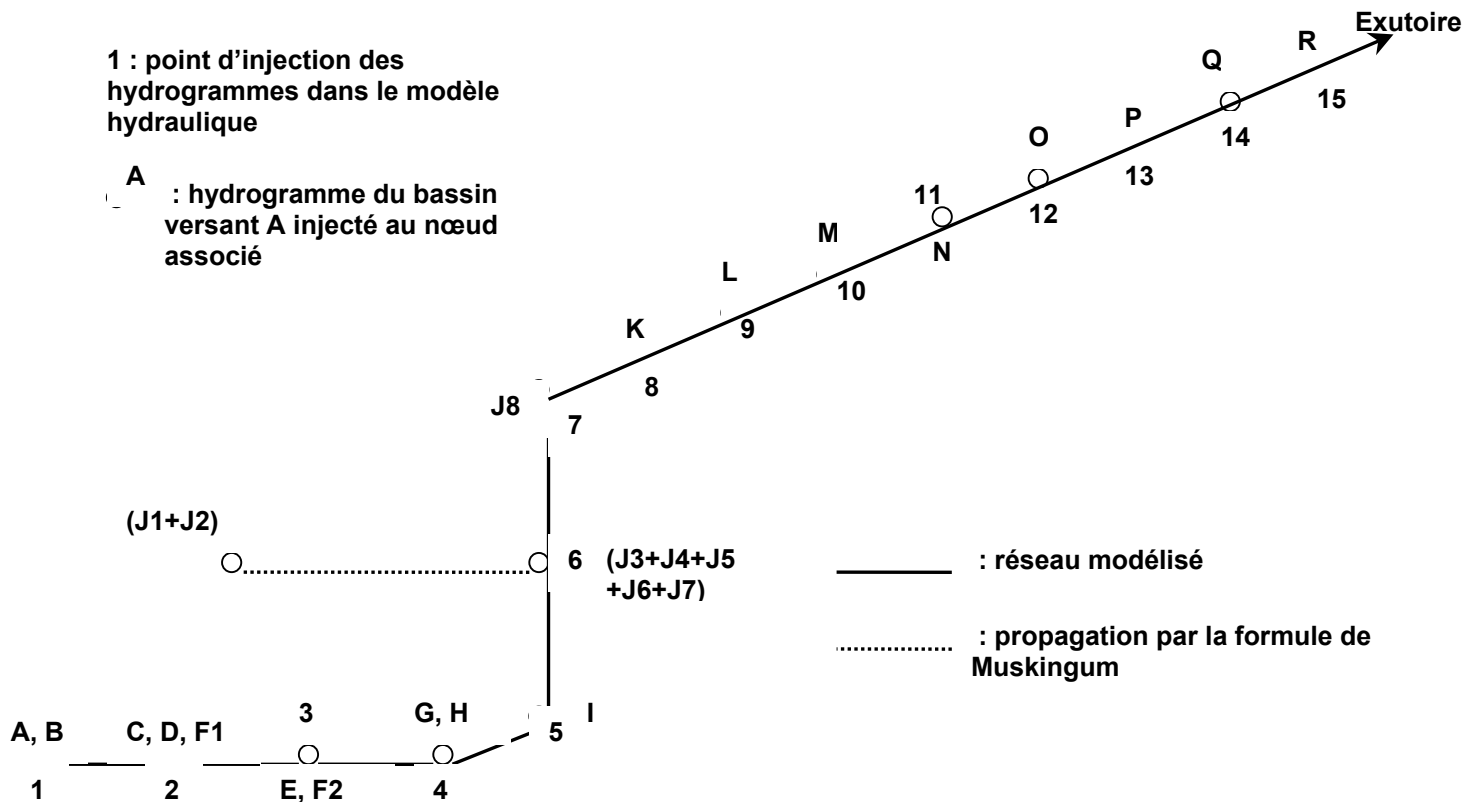
3.2 CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL POUR LA GENERATION DES HYDROGRAMMES DE PROJET

Compte tenu de la taille des bassins versants modélisés, tous inférieurs à 10 km², la méthode rationnelle peut-être appliquée. Cette méthode a été utilisée dans la région pour l'études des zones inondables de la Lys et le Contrat de rivière Clarence.

Le logiciel Phénix, développé par BRLi et présenté en annexe, permet de calculer les hydrogrammes et débits de pointe selon cette méthode.

3.3 TOPOLOGIE DU MODELE POUR L'ETUDE DES DEBITS SUR LA GLOBALITE DU BASSIN

Pour tout le bassin versant, le modèle suivant a été construit :



Les points notées de 1 à 15 sur le schéma ci-dessus correspondent aux points d'injection de débit du modèle hydraulique représentés sur la carte II-A1.

On rappelle que seuls les bassins amonts (Allouagne, bassins de A à I) ont fait l'objet d'une analyse de leur occupation.

Les caractéristiques et coefficient retenus a priori pour les bassins versant ont été présentés au chapitre 2.

Tous les débits qui ont été injectés dans le modèle hydraulique ont été générés grâce à ce modèle hydrologique global.

3.4 SCENARIOS MODELISES

Les scénarios peuvent a priori varier selon :

- la saison : variation de l'occupation du sol et donc des coefficients de ruissellement,
- le type de pluie : courte ou longue,
- le temps de retour : trois temps de retour ont été retenus : 5, 10 et 50 ans.

Concernant la saison, il a été noté la faible différence entre les coefficients de saison 1 et ceux de saison 2. On se propose ici de ne retenir que la saison 1, la plus contraignante et d'établir ainsi les 6 scénarios suivants :

SAISON 1	T = 5 ans	T = 10 ans	T = 50 ans
pluie courte (12 h)	S1_C_5	S1_C_10	S1_C_50
pluie longue (10 j)	S1_L_5	S1_L_10	S1_L_50

Les cellules des tableaux indiquent les noms retenus pour les différents modèles.

En plus de ces pluies de projet, on modélisera également l'événement pluvieux correspondant à l'événement d'août 2002 au pas de temps 30 minutes.

3.5 RESULTATS

Les résultats hydrologiques en terme de débits et volumes produits sont présentés dans les tableaux suivants à l'échelle des sous bassins versants, puis à l'échelle des points d'injection dans le modèle hydraulique.

RESULTATS A L'ECHELLE DES SOUS-BASSINS VERSANT

Sous-Bassins versants	A	B	C	D	F1	E	F2	G	H	I	Jam	Jav	J8	K	L	M	N	O	P	Q	R
Point d'injection associé	1			2		3		4		5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pluies courtes																					
S1-C-5 Qp (m3/s)	1.5	1.3	1.5	0.35	0.3	0.2	0.75	0.4	0.1	0.6	2.6	1.1	0.6	0.1	0.2	0.05	0.1	0.04	0.1	0.1	0.1
Volume (1000 m3)	22.8	19.9	28.1	6.7	3.2	5	5.5	12.5	1.8	5.6	30.8	39.4	18.4	11.4	21.1	5.4	25.1	6.3	8.7	23.1	8.2
S1-C-10 Qp (m3/s)	2.3	2.1	2	0.6	0.55	0.15	0.9	0.6	0.15	0.8	3.6	1.5	0.8	0.1	0.2	0.1	0.2	0.04	0.1	0.15	0.1
Volume (1000 m3)	27.8	24.7	34.5	8.1	3.9	6	6.7	15.2	2.1	6.8	37.5	48.1	22.6	13.1	24.3	6.3	29	7.3	10	26.7	9.4
S1-C-50 Qp (m3/s)	4.2	3.9	4.1	1.1	1	0.4	1.9	1.3	0.3	1.7	7.2	2.1	1.7	0.2	0.3	0.1	0.2	0.05	0.2	0.2	0.2
Volume (1000 m3)	42	37.2	52.9	12.3	6	8.6	10.3	23.4	3.5	10.6	57.5	63.2	34.9	16.8	31.1	8	37	9.4	12.8	34.2	12.1
Pluies longues																					
S1-L-5 Qp (m3/s)	0.45	0.4	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.04	0.1	0.6	0.75	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1
Volume (1000 m3)	65.5	56.2	82.8	18.8	8.8	14.3	16.6	37.5	5.4	16.8	85.9	112.2	50.9	32.6	60.7	15.5	72.1	18.3	25	66.8	23.5
S1-L-10 Qp (m3/s)	0.5	0.45	0.7	0.15	0.1	0.1	0.15	0.3	0.04	0.1	0.7	0.8	0.4	0.15	0.3	0.1	0.2	0.05	0.15	0.2	0.1
Volume (1000 m3)	76.6	70	97.9	22.8	10.7	17.6	20	42.9	6.1	18.7	103.9	131.9	66.1	37	68.5	17.7	81.8	20.7	28.8	75.5	26.6
S1-L-50 Qp (m3/s)	0.8	0.7	1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	0.1	0.2	1.2	1.3	0.6	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1
Volume (1000 m3)	114.1	95.4	138.4	31.7	15.6	23.1	29.3	65.8	9.1	27.7	158.9	188.8	88.3	44.2	81.8	21.1	97.6	24.7	33.6	90.1	32.1
août-02																					
Qp (m3/s)	3.8	3.5	5.3	1.2	0.7	0.5	1.3	2	0.3	1	5.3	4.1	1.7	0.3	0.45	0.15	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3
Volume (1000 m3)	62.7	55.5	79	18.6	8.9	13.8	15.5	34.9	5.2	15.7	84.7	109.1	52.1	25	46.5	11.9	55.3	14	19.1	51	18

RESULTATS A L'ECHELLE DES INJECTIONS DANS LE MODELE HYDRAULIQUE

Les résultats sont présentés au niveau de chaque point d'injection du modèle hydraulique.

Pour chacun de ces points, le tableau ci-après présente :

- le débit de pointe de l'hydrogramme injecté,
- pour les pluies courtes : le débit dans le grand Nocq (routage approximatif avec la méthode de Muskingum),
- le volume de cet hydrogramme,
- le volume cumulé depuis l'amont du bassin.

Le tableau indique par ailleurs les superficies à l'amont de chaque nœud d'injection et la part qu'elles représentent par rapport à la superficie totale du bassin (par exemple, on note que la part du bassin située à l'amont de l'autoroute (point 4) représente 9.88 km², soit 17% de la superficie totale du bassin.

On donne ci-après un exemple pour faciliter la lecture du tableau :

Exemple de lecture du tableau pour l'événement décennal court :

- Information sur les hydrogrammes injectés tirées des lignes « Qp (m³/s) » et « Vinj (1000m³) » :
 - L'hydrogramme injecté au point 1 a un débit de pointe de 4,4 m³/s et un volume de 52 milliers de m³,
 - l'hydrogramme injecté au point 2 a un débit de pointe de 2,78 m³/s et un volume de 46 milliers de m³,
 - l'hydrogramme injecté au point 3 a un débit de pointe de 1,05 m³/s et un volume de 13 milliers de m³,
 - etc
- Information sur le ruissellement résultant dans le Grand Nocq : lecture des lignes « Q_Gd_Nocq (m³/s) » et « V cum (1000m³) » :
 - Au point 2, le volume total qui va transiter pendant l'événement est 80 milliers de m³ (42+38) et le débit de pointe estimé (approximation) est de 4,54 m³/s (résultat d'une opération de routage et composition d'hydrogrammes),
 - Au point 3, le volume total qui va transiter pendant l'événement est 90 milliers de m³ (80+10) et le débit de pointe estimé (approximation) est de 4,11 m³/s (résultat d'une opération de routage et composition d'hydrogrammes),
 - Au point 4, le volume total qui va transiter pendant l'événement est 104 milliers de m³ (90+14) et le débit de pointe estimé (approximation) est de 3,97 m³/s (résultat d'une opération de routage et composition d'hydrogrammes),
 - etc ...

		passage sous l'autoroute							amont Busnette			amont Canal d'Aire					
		point 1	point 2	point 3	point 4	point 5	point 6	point 7	point 8	point 9	point 10	point 11	point 12	point 13	point 14	point 15	
Surface cumulée (km²)		3.42	6.67	7.67	9.88	10.35	15.57	17.10	21.38	29.32	31.36	40.82	43.20	46.47	55.20	58.27	
Part de la surface totale		6%	11%	13%	17%	18%	27%	29%	37%	50%	54%	70%	74%	80%	95%	100%	
Pluies courtes																	
S1_c_5	Qp (m3/s)	2.86	1.72	0.90	0.50	0.60	2.48	0.59	0.11	0.16	0.05	0.14	0.04	0.11	0.13	0.10	
	Q_Gd_Nocq (m3/s)	2.86	4.54	4.11	3.97	3.99	5.84	6.22	5.97	4.67	4.60	4.59	4.40	4.24	4.16	4.11	
	V injec (1000m3)	42	38	10	14	6	69	18	11	21	5	25	6	9	23	8	
	V cum.(1000m3)	42	80	90	104	110	179	198	209	230	235	260	267	275	298	307	
S1_c_10	Qp (m3/s)	4.41	2.78	1.05	0.66	0.83	3.55	0.76	0.14	0.20	0.07	0.16	0.04	0.14	0.15	0.12	
	Q_Gd_Nocq (m3/s)	4.41	7.13	5.85	5.55	5.58	8.46	8.83	8.14	6.02	5.92	5.90	5.60	5.38	5.28	5.19	
	V injec (1000m3)	52	46	13	17	7	85	22	13	24	6	29	7	10	27	9	
	V cum.(1000m3)	52	98	111	128	135	220	242	255	279	286	315	322	332	359	368	
S1_c_50	Qp (m3/s)	8.08	5.24	2.10	1.57	1.67	5.36	1.66	0.21	0.30	0.10	0.21	0.05	0.21	0.19	0.18	
	Q_Gd_Nocq (m3/s)	8.08	11.96	9.53	9.22	9.24	12.91	14.37	13.17	9.50	9.30	9.23	8.72	8.32	8.11	7.92	
	V injec (1000m3)	79	71	19	27	10	120	35	17	31	8	37	9	13	34	12	
	V cum.(1000m3)	79	149	168	195	205	325	360	377	408	416	453	462	475	509	521	
Pluies longues																	
S1_L_5	Qp (m3/s)	0.83	0.81	0.23	0.31	0.13	0.95	0.36	0.13	0.21	0.05	0.14	0.05	0.12	0.14	0.09	
	V injec (1000m3)	121	108	30	43	16	199	50	33	61	14	73	18	25	67	24	
	V cum.(1000m3)	121	229	259	302	318	517	567	600	661	675	748	767	791	858	882	
S1_L_10	Qp (m3/s)	0.98	0.94	0.28	0.36	0.13	1.03	0.44	0.15	0.26	0.08	0.23	0.05	0.15	0.17	0.12	
	V injec (1000m3)	147	132	38	50	18	234	66	36	69	18	82	21	29	75	26	
	V cum.(1000m3)	147	280	317	367	385	619	685	721	790	808	889	910	939	1 014	1 040	
S1_L_50	Qp (m3/s)	1.51	1.29	0.40	0.58	0.22	1.70	0.64	0.18	0.24	0.07	0.30	0.07	0.18	0.22	0.13	
	V injec (1000m3)	210	187	54	75	29	346	87	44	82	20	98	25	34	91	33	
	V cum.(1000m3)	210	397	451	525	555	900	987	1 032	1 113	1 134	1 231	1 256	1 290	1 381	1 414	
Août 2002																	
2002	Qp (m3/s)	7.33	7.08	1.76	2.18	1.04	8.22	1.66	0.32	0.45	0.15	0.34	0.09	0.31	0.31	0.27	
	V injec (1000m3)	118	107	29	40	16	194	52	25	46	12	55	14	19	51	18	
	V cum.(1000m3)	118	225	254	294	310	504	556	581	627	639	694	708	727	778	796	

Le tableau précédent met en évidence l'importance du ruissellement généré par le bassin amont.

On peut retenir les ordres de grandeur suivant (établis pour des pluies courtes, valeurs sensiblement identiques pour les pluies longues) :

Point	Part de la surface du BV total	Part du ruissellement total (pour T=10 ans)	Part du ruissellement total (pour T=50 ans)
Amont autoroute	17 %	35 %	37 %
Amont Busnettes	29 %	66 %	69 %

Moins d'un tiers de la surface, génère plus des deux tiers du volume ruisselé.

3.6 VALIDATION DU MODELE HYDROLOGIQUE

Les données utilisables a priori pour la validation du modèle hydrologique sont les suivantes :

- mesures sur les bassins voisins du Grand Nocq, en particulier la Clarence,
- les mesures en continues réalisées par la Communautés de Communes Artois-Lys,
- les résultats de la campagne de mesures.

3.6.1 Stations hydrométriques voisines du Grand Nocq

En phase 1, on avait vu que les débits caractéristiques sur la Clarence étaient les suivants :

STATION	ROBECQ- CLARENCE		GONNEHEM- CLARENCE	
Superficie	156 km ²		87 km ²	
Années	1969-2003		1969- 1994	
Q Maximum connu	8.5 m ³ /s le 27 août 2002		6.5 m ³ /s en décembre 1993	
	8.1 m ³ /s le 6 janvier 1994			
	7.95 m ³ /s le 30 janvier 1995			
	7.9 m ³ /s le 21 mars 2001			
Q jour / Q inst 2 ans	4.3 m ³ /s	5.9 m ³ /s	3.4 m ³ /s	
Q jour / Q inst 5 ans	6.4 m ³ /s	7.5 m ³ /s	5.3 m ³ /s	
Q jour / Q inst 10 ans	7.7 m ³ /s	8.5 m ³ /s	7.1 m ³ /s	
Q jour / Q inst 20 ans	9 m ³ /s	9.5 m ³ /s	9.4 m ³ /s	
Q jour / Q inst 50 ans	11 m ³ /s			
QIX/QJ	1.28			

Si on garde le ratio de 1,28 pour Qix/Qj, les valeurs issues de ce tableau qui nous intéressent sont :

Station	Robecq- Clarence		Gonnehem- Clarence	
	Qi (m³/s)	qi (m³/s / km²)	Qi (m³/s)	qi (m³/s / km²)
5ans	7.5	0.048	6.8	0.078
10ans	8.5	0.054	9.1	0.10
50ans	14.1	0.090		

Les résultats donnés par le modèle hydraulique lors d'une propagation simple des hydrogrammes de projet présentés plus haut sont les suivants :

Station	Grand Nocq à Calonne-sur-la-Lys	
	Qi (m³/s)	qi (m³/s / km²)
5ans	4.1	0.07
10ans	5.2	0.089
50ans	7.9	0.13

Les résultats, qui représentent ici des débits non écrêtés, sont donc cohérents avec les valeurs observées au niveau des stations de mesures des cours d'eau voisins.

3.6.2 Mesures de la CAL

Les données de la CAL sont uniquement des hauteurs d'eau. En effet, les courbes de tarages ne présentent pas de jaugeages dans les débits moyens à fort et ne sont pas extrapolée. De, même si les valeurs de débits étaient fournies, les chroniques de débit des appareils de mesure posés par la CAL sur le Grand Nocq sont trop courtes pour pouvoir effectuer des ajustement statistiques.

Les données relevées (hauteurs d'eau en fonction du temps) serviront donc seulement à caler le modèle hydraulique sur l'épisode d'août 2002 (cf. chapitre suivant) et ce, seulement sur les deux appareils aval, celui d'Allouagne ayant été installé en septembre 2002.

Le Thalimède 4 (le plus aval) est influencé par la Clarence.

3.6.3 Campagne de mesure réalisée dans le cadre de l'étude

La campagne de mesure est présentée en annexe.

Les valeurs maximales observées à Allouagne à partir du début de la mesure des précipitations ne dépassent pas 150 l/s.

On voit que ces débits sont très faibles et ne permettent malheureusement pas de caler des débits de crues.

En effet, sur des événements d'aussi petite intensité, la majeure partie des précipitations est retenue et les coefficients de ruissellement sont donc proches de zéro. De plus, rappelons que la campagne de mesure s'est déroulée pendant et après une période de sécheresse.

4. MODELISATION HYDRAULIQUE

4.1 LIMITE DE LA MODELISATION

Les écoulements et crues sur la zone d'étude sont rendus complexes du fait de la traversée de cette zone par le lit endigué de la Clarence.

En cas de crues, ces digues ont pu connaître des ruptures (ou des débordements) et, comme déjà signalé en première phase, il peut être difficile de distinguer dans ce cas qui relève d'un débordement du Grand Nocq - non endigué - et des eaux provenant de la Clarence.

Les digues de la Clarence ont connu récemment des travaux qui les ont placées normalement hors d'eau pour les cotes de crues centennales sur le secteur Choques - Canal à Grand Gabarit.

Lors de l'élaboration de l'Atlas des zones inondables du bassin versant de la Clarence, la question des risques de rupture a cependant été intégrée et des modélisations complémentaires ont été réalisés afin de déterminer les zones susceptibles d'être inondées par débordement suite à une rupture de digue : travaux de SOGREAH - mars 2004 *"Atlas des zones inondables du bassin versant de la Lys, de la Lawe et de la Clarence - secteur Clarence - Gonnehem - Etude complémentaire - rapport final"*.

Les zones susceptibles d'être inondées suite à une rupture de digue sont, pour certaines, des zones susceptibles d'être inondées par ailleurs par le Grand Nocq.

Certaines communes de l'étude, Gonnehem en particulier, peuvent également être affectées par d'autres cours d'eau, la Nave en particulier.

Ce point est souligné dans l'étude SOGREAH déjà citée : " ... la zone d'étude est soumise aux débordements d'un réseau hydrographique très dense au niveau de la commune de Gonnehem (Clarence, Nave, Grand Nocq, Bellerive, ...) et sur une étendue très plane. "

Soulignons que, dans la présente étude, seuls les débordements issus du lit du Grand Nocq sont étudiés.

4.2 CONSTRUCTION ET CALAGE DU MODELE DE SIMULATION HYDRAULIQUE

4.2.1 Données topographiques

Pour les besoins de l'étude, suite au recensement de la première phase, le Maître d'Ouvrage a fait réaliser des levés topographiques spécifiques :

- 53 profils en travers du lit mineur du cours d'eau (qui précisent le niveau de vase),
- 35 ouvrages (choisis parmi les 61 ouvrages recensés sur le Grand Nocq),
- un semis de point du terrain naturel sur la commune d'Allouagne.

On dispose par ailleurs d'un levé photogrammétrique au 1/5.000 sous format numérique sur la partie située de l'aval de Busnettes jusqu'à la confluence avec la Clarence. Ces données ont été fournies par la subdivision de la DDE de Béthune.

4.2.2 Présentation du logiciel utilisé

La modélisation des écoulements est réalisée à l'aide du logiciel ISIS dont une notice de présentation est fournie en annexe.

ISIS est un logiciel de simulation hydraulique des écoulements maillés et ramifiés en rivières ou canaux du type unidimensionnel à casiers (pseudo bi-dimensionnel), développé par HALCROW et WALLINGFORD (GB). Basé sur la résolution des équations de Barré de St Venant, il est particulièrement bien adapté à l'étude des réseaux complexes maillés ou ramifiés et à la simulation des champs d'inondation en régime permanent et transitoire.

Le modèle du Grand Nocq utilise plusieurs fonctions et unités hydrauliques du logiciel :

- les sections d'écoulements des lits mineurs,
- des casiers (ou réservoirs) dans les zones de stockage du lit majeur,
- des profils en long des berges, digues et remblais,
- des ouvrages : ponts, seuils, orifices...

4.2.3 Structure du modèle

Seul le Grand Nocq a été modélisé.

La structure générale du modèle, représentée sur la carte II-E, est la suivante :

- monodimensionnelle pour les sections modélisant la traversée d'Allouagne,
- à casier (pseudo-bidimensionnelle) pour la partie aval (y compris la zone de stockage à l'amont de la traversée de l'Autoroute).

La construction du modèle est basée sur les profils en travers du lit relevés (la position des profils se trouve en annexe) ainsi que sur des casiers représentant les zones de stockage en lit majeur.

Le modèle comporte quinze point d'injection, au droit desquels l'étude hydrologique a permis de déterminer des hydrogrammes de projet.

On détaille ci-après des points particuliers du modèle :

OUVRAGES MODELISES

Les tableaux des pages suivantes rappellent l'ensemble des ouvrages recensés sur le Grand Nocq et indiquent la liste des ouvrages (lignes en grisé) inclus dans le modèle.

N°	Nom ouvrage	Commune	Lieu dit	Cours d'eau	Type	Description
1		Calonne		Grand Nocq	pont tablier	petite passerelle piétonne
2	neuve voie	Calonne	Neuve Voie	Grand Nocq	pont voute	pont en pierre pour lequel un projet de vannage avait été envisagé afin d'inonder plus l'amont
3		Calonne	basse rue des vaches	Grand Nocq	pont tablier	pont d'accès pour animaux
4		Mont Bernanchon		Grand Nocq	pont tablier	pont d'accès pour animaux
5		Mont Bernanchon		Grand Nocq	pont tablier	pont d'accès pour animaux réalisé avec un plateau de remorque
6	pont du centre équestre	Mont Bernanchon		Grand Nocq	ouvrage non visité	
7		Mont Bernanchon	basse rue	Grand Nocq	pont portique	pont d'accès à habitation
8		Mont Bernanchon	basse rue	Grand Nocq	pont tablier	pont béton d'accès à champ
9		Mont Bernanchon	basse rue	Grand Nocq	pont tablier	pont d'accès à habitation soutenu par poutrelle acier
10	pont sous D937 à Robecq	Mont Bernanchon	le marquais	Grand Nocq	pont portique	
11	pont d'accès	Mont Bernanchon		Grand Nocq	pont tablier	passerelle d'accès en bois
12	siphon sous canal d'Aire	Mont Bernanchon	canal d'Aire	Grand Nocq	buses + pompes	le siphon est constitué de 4 buses de diamètre 1800. Il y a aussi deux pompes rejetant dans le canal d'Aire (2 x 1m3/s).
13		Mont Bernanchon	ferme douce crème	Grand Nocq	pont voute	buse en acier + bois
14		Mont Bernanchon	ferme douce crème	Grand Nocq	pont voute	buse en acier + bois
15		Gonnehem	les Mardoucrys	Grand Nocq	pont voute	buse en acier + bois
16		Gonnehem	les Mardoucrys	Grand Nocq	pont voute	buse en acier + bois
17		Gonnehem	les Mardoucrys	Grand Nocq	pont portique	
18		Gonnehem	les Mardoucrys	Grand Nocq	pont tablier	tablier béton, parapet en brique
19		Gonnehem	les Mardoucrys	Grand Nocq	pont voute	buse en acier + bois
20	siphon dit de Bellerive sous la Clarence et vanne batard d'eau	Gonnehem	La Bassarderie	Grand Nocq	siphon + batardeau en dalot	siphon section rectangulaire protégé par grille. Batardeau par dalot avec vanne plate à l'amont (Gd Nocq)
21		Gonnehem	La Bassarderie	Grand Nocq	pont voute	buse en tôle ondulée + béton
22		Gonnehem	La Bassarderie	Grand Nocq	pont poutre	passerelle d'accès pour animaux
23		Gonnehem	La Bassarderie	Grand Nocq	pont tablier	pont d'accès à habitation
24		Gonnehem		Grand Nocq	ouvrage non visité	
25		Gonnehem	basse Allouagne - ferme Cense la Vallée	Grand Nocq	pont voute	pont buse en acier + bois, juste après une courbe, sujet à embâcles selon l'agriculteur qui a une barre de métal sur le pont pour les décroincer
26	pont sous rue neuve	Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	en brique
27		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	tablier béton, culée en brique et béton
28		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	en brique
29		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	tablier fin en béton
30		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	brique
31		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	parapet en brique, tablier béton?

N°	Nom ouvrage	Commune	Lieu dit	Cours d'eau	Type	Description
32		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	brique
33		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en parpaing
34		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, parapet en brique
35		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	brique
36		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	tablier béton, parapet en brique
37		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutrelles métalliques + béton
38		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutres métalliques + bois
39		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en brique et béton
40		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	pont voute en brique en mauvais état, présence d'un léger seuil sous celui-ci
41		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	tablier et culée en béton, armature en poutrelle métalliques
42		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en brique et béton
43		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutre béton(?) + tablier béton
44		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en brique et béton
45		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	brique
46		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutre béton + tablier béton
47		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont portique	tablier et culée en béton
48		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont voute	pont voute en brique élargi avec un tablier béton
49		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutre béton, tablier?
50		Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	poutre métallique, tablier?
51	pont sous rue basse Allouagne	Gonnehem	basse Allouagne	Grand Nocq	pont tablier	tablier béton, culée en brique et béton
52		Gonnehem	Busnettes	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en brique et béton
53	pont sous D187 à Busnette	Gonnehem	Busnettes	Grand Nocq	buse	buse tole ondulée + béton (parapet en brique)
54		Gonnehem	Busnettes	Grand Nocq	buse	buse tole ondulée + béton
55		Gonnehem	Busnettes	Grand Nocq	pont tablier	poutre béton, tablier?
56		Gonnehem	les près des dames	Grand Nocq	pont portique	tablier béton, culée en brique et béton
57		Allouagne	les près des dames	Grand Nocq	pont tablier	passerelle en bois
58	pont sous N43	Allouagne	N43	Grand Nocq	buse	ouvrage constitué de deux buses en amont puis d'un ouvrage de transition?, enfin d'une buse en tole ondulée. L'aval de l'ouvrage est affouillé et la route commence à s'affaisser
59		Allouagne		Grand Nocq	pont voute	maçonnerie (pierre + brique). Présence d'une plaque PHE de 1890? sur le pont
60	pont SNCF	Allouagne	SNCF	Grand Nocq	pont voute	brique + béton
61	route longeant la voie SNCF	Allouagne	SNCF	Grand Nocq	pont voute	
62	passage sous autoroute	Allouagne	autoroute	Grand Nocq	buse + passage voirie (pont portique)	buses béton
63	buse longeant la vasserie	Allouagne	la vasserie	Grand Nocq	buse	buses béton
64		Allouagne	rue du Dubois	Grand Nocq	buse	buses béton
65		Allouagne	impasse ruchoire	Grand Nocq	buse	buses béton
66		Allouagne	impasse ruchoire	Grand Nocq	buse	buses béton
67		Allouagne		Grand Nocq	buse	buses béton
68		Allouagne	Allouagne	Grand Nocq	buse	buses béton
69	pont rue Frédéric Poiriez	Allouagne	Allouagne	Grand Nocq	pont portique	
70	pont rue P.J. Lecoq	Allouagne	Allouagne	Grand Nocq	pont cadre	dalot
71		Allouagne	Allouagne	Grand Nocq	buse	buses béton

CONSTRUCTION DES CASIERS

Les casiers sont utilisés pour simuler les zones de débordements en lit majeur dans les zones de plaine. La carte II-E mentionne la limite des 35 casiers définis pour le modèle.

La limite de ces casiers a été déterminée en fonction des obstacles à l'écoulement (routes, digues, ...) repérables avec la topographie disponible.

Les écoulements peuvent se faire du lit mineur vers un casier (lit majeur) et entre deux casiers.

Des ouvrages de vidange des casiers vers le Grand Nocq ont également été intégrés afin de pouvoir appréhender les temps de vidange de ces zones. Dans le modèle, il s'agit d'orifices de capacité égale à celle estimée sur les réseaux secondaires de ces différents secteurs

ETAT DU LIT

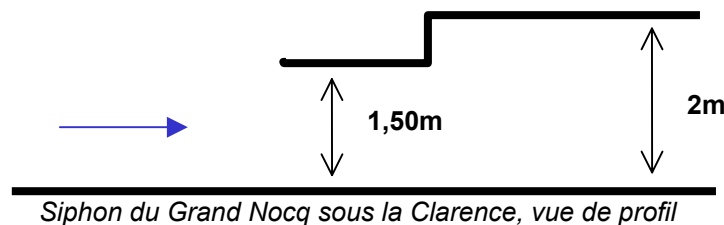
Le modèle de base a été construit en supposant que le lit avait son envasement actuel, à l'exception des siphons pour lesquels le niveau d'envasement n'est pas connu.

SIPHONS

Le modèle comprend deux passages en siphon :

- passage du Grand Nocq sous la Clarence,

Il s'agit d'un passage dans un cadre de 2m x 1,5m sur 5m (au niveau du passage sous la Clarence) puis dans un cadre de 2m x 2m, à la cote de fond de 16,80mNGF.



- passage du Grand Nocq sous le canal d'Aire : Il s'agit de 4 buses de 1,8 m de diamètre.

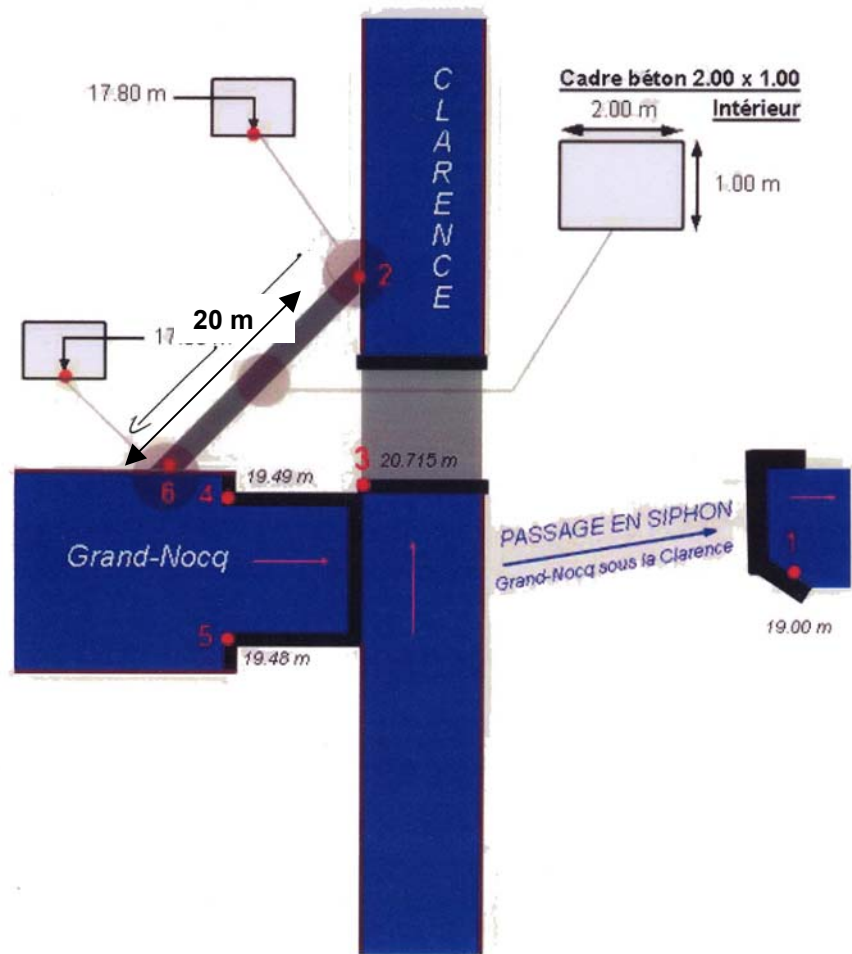
La modélisation de ces siphons dans le logiciel utilisé, ISIS, se fait avec des orifices, dans lesquels on entre la cote du point bas, la cote du fond à l'amont et à l'aval et la section de passage.

LIAISONS GRAND NOCQ - CLARENCE

DESCRIPTION DES LIAISONS

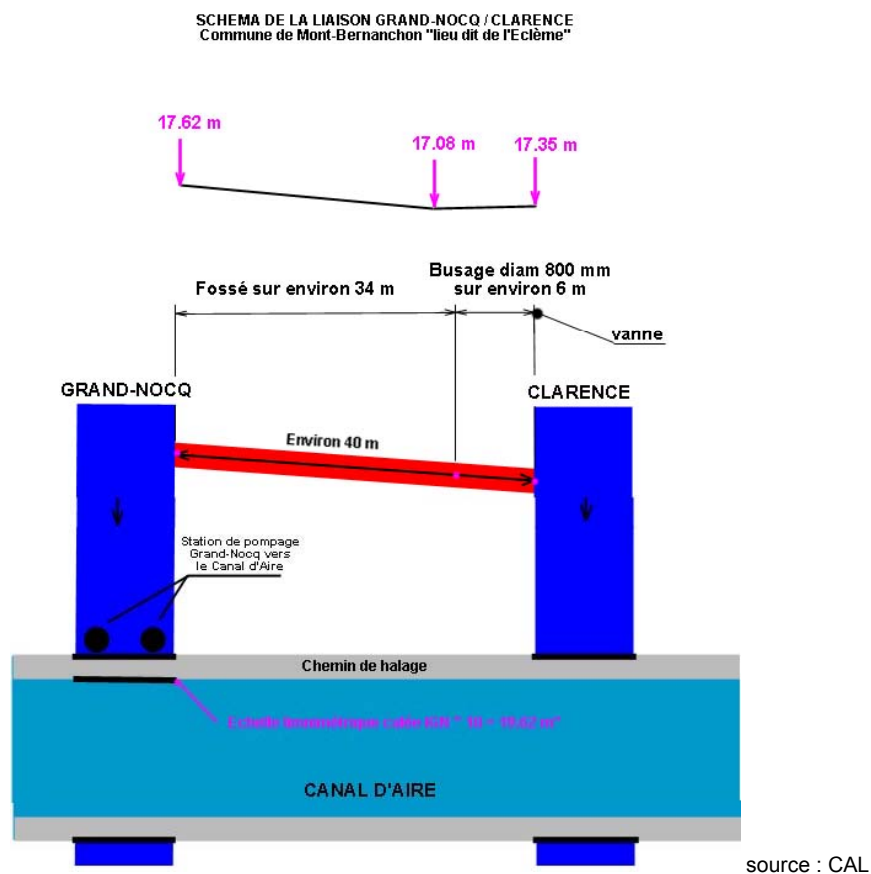
Entre le Grand Nocq et la Clarence, il existe 3 ouvrages de décharge :

- Le premier est situé en amont immédiat du siphon du Grand Nocq sous la Clarence. Il s'agit d'une vanne batardeau. La liaison entre le Grand Nocq et la Clarence, derrière cette vanne, se fait par une conduite cadre béton de 2m x 1m d'une longueur de 20m environ. En ce qui concerne son fonctionnement, la manipulation a été confiée à la mairie de Gonnehem par la Communauté Artois-Lys (C.A.L.). Cette vanne n'est ouverte qu'en décrue, ceci pour ne pas aggraver la crue de la Clarence.



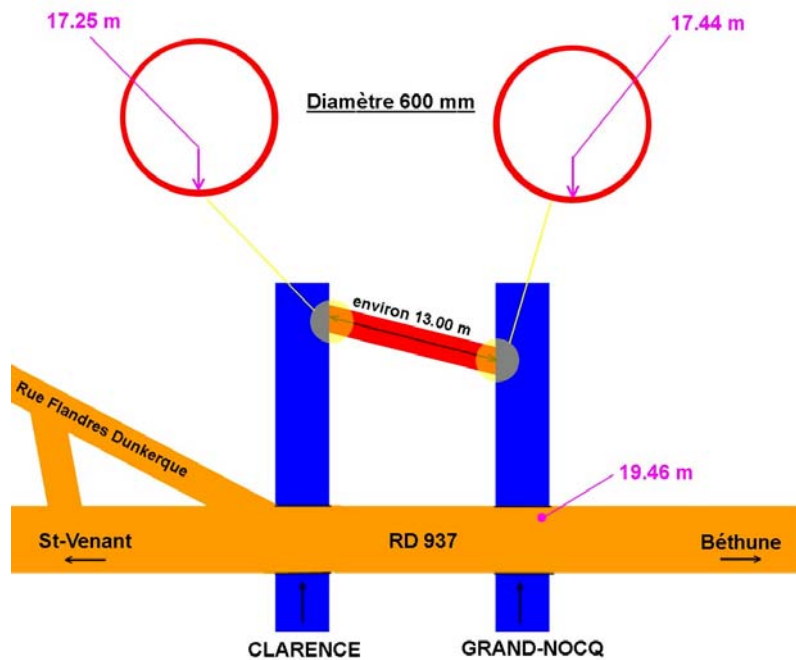
source : CAL

- Le deuxième ouvrage de décharge se situe en amont du siphon du Grand Nocq sous le canal d'Aire. La liaison entre le Grand Nocq et la Clarence se fait par un fossé d'environ 34 m, suivi d'une canalisation (à contre-pente) de diamètre 800mm sur environ 6m clôturée par une vanne. La manipulation de cette vanne revient à la CAL, mais il n'y a aucune procédure existante pour le moment. L'état de la vanne, indique qu'elle ne doit pas être manipulée souvent.



- Le troisième ouvrage de décharge se situe en aval du pont de la RD937. Il s'agit d'un busage de diamètre 600mm d'environ 13 m, entre le Grand Nocq et la Clarence, qui n'est fermé par aucune vanne.

SCHEMA LIAISON GRAND-NOCQ / CLARENCE
Commune de Mont-bernanchon "lieu dit du Marquais"



source : CAL

INTEGRATION DES OUVRAGES DANS LE MODELE

La modélisation du Grand Nocq intègre ce dernier ouvrage de décharge. En revanche, les deux premiers ne fonctionnant qu'en décrue, nous ne les avons pas intégrés au modèle.

POMPES DE REFOULEMENT DU GRAND NOCQ VERS LE CANAL D'AIRE

Il existe une station de pompage du Grand Nocq vers le canal d'Aire composée de deux pompes de 0,5 m³/s chacune (cf. § 5.2.2 du rapport de phase 1).

Leur impact a été étudié en simulant leur fonctionnement dans plusieurs des scénarios retenus. (cf. tableau des scénarios modélisés).

4.2.4 Condition à la limite aval - Influence de la cote de la Clarence

Etant donné la topographie très plate, la cote de la Clarence a une influence forte sur les écoulements du Grand Nocq, et ce essentiellement à deux niveaux :

- son exutoire (rappelons que le Grand Nocq se jette dans la Clarence avant qu'elle ne rejoigne la Lys),
- au droit de la décharge située en aval du pont de la RD937

Au niveau de **l'exutoire aval dans la Clarence**, on testera les deux hypothèses suivantes :

- cote de 16 m NGF. Cette valeur est issue de « *Etudes Hydrauliques dans le cadre de la réalisation de l'atlas des zones inondables du bassin versant de la Lys* – Rapport de phase 2, SOGREAH, novembre 1998 ». Elle correspond à une crue décennale de la Clarence.
- une loi Hauteur-Débit qui ne tient pas compte de l'influence de la Clarence.

NB : pour la simulation de l'événement d'août 2002, nous avons retenu la cote effectivement observé, c'est à dire 15,80 m NGF.

En ce qui concerne **la décharge modélisée entre le Grand Nocq et la Clarence** située en aval du pont de la RD937, l'influence aval retenue est la suivante :

- si la condition aval du modèle est la Clarence en crue décennale, on suppose que l'eau à l'aval de la buse de décharge atteint la moitié de son diamètre, soit la cote 17.55 m NGF,
- si la condition aval du modèle correspond à la hauteur normale, on considère que la buse de décharge est hors d'eau (pas d'influence aval de la Clarence).

4.2.5 Calage du modèle

La ligne d'eau a été calée grâce à la crue de 2002 (hauteurs d'eau atteintes au niveau des thalimèdes - mesures de la CAL).

La cote aval retenue pour ce scénario est de 15.80 m NGF (mesure enregistrée pendant l'événement par le Thalimède le plus aval).

Comparaison mesures / calculs :

Avec les coefficients de rugosité (coefficient de Strickler) suivants :

- lit mineur 15,
- lit majeur 10,

- en amont du siphon de la Clarence (Thalimède de la CAL), la ligne d'eau calculée par le modèle donne **19.13 m NGF**, la cote enregistrée est de **19.05 m NGF**.
- en aval du siphon sous le canal d'Aire, la cote calculée est de **18.15 m NGF**, la cote mesurée de **18.20 m NGF**.

Les différences de cote apparaissent acceptables.

4.3 SCENARIOS MODELISES

Les scénarios sont définis par rapport aux paramètres suivants :

- type d'événement pluvieux (pluie courte ou pluie longue),
- temps de retour de l'événement pluvieux,
- saison (influence sur l'occupation des sols des bassins amont),
- influence aval ou non de la Clarence (à l'exutoire et au droit de la liaison entre le Grand Nocq et la Clarence),
- fonctionnement ou non des pompes au droit du canal d'Aire.

6 scénarios, présentés dans le tableau ci-après, sont retenus :

Nom simulation	Evènement hydrologique	Saison (occupation des sols)	Limite aval du modèle	Niveau de la Clarence au droit de la liaison avec le Grand Nocq (RD 937)	Etat des pompes (amont canal d'Aire)
M1-1	débit variable	Hiver	hauteur normale	Pas d'influence aval	arrêt
M1-2	débit variable	Hiver	h10 = 16 m NGF	17.55 m NGF	arrêt
M2-1	Pluie courte T=10 ans (S1C10)	Hiver	hauteur normale	Pas d'influence aval	marche
M2-2	Pluie courte T=10 ans (S1C10)	Hiver	hauteur normale	Pas d'influence aval	arrêt
M3-1	Pluie longue T=10 ans (S1L10)	Hiver	h10 = 16 m NGF	17.55 m NGF	marche
M3-2	Pluie longue T=10 ans (S1L10)	Hiver	h10 = 16 m NGF	17.55 m NGF	arrêt
M4-1	Pluie réelle enregistrée	Hiver	h août 2002 = 15.8 m NGF	17.55 m NGF	marche

Commentaires sur les scénarios retenus :

Les 2 scénarios M1 sont destinés à estimer la capacité limite des ouvrages sans (M1-1) et avec (M1-2) une influence de la Clarence.

Les quatre scénarios M2 et M3 permettent d'étudier des situations de temps de retour décennal (correspondant à des pluies dont la fréquence d'observation est, en moyenne, de une année sur 10). Pour les scénarios "pluie courte", on a retenu l'hypothèse d'absence d'influence de la Clarence, au contraire des pluies longues. On suppose alors que la Clarence est elle-même en crue ou sous l'influence de la Lys.

Le scénario M4, simulant la pluie réelle d'août 2002, permet d'étudier une situation extrême. (temps de retour de la pluie supérieur à 100 ans). Les hypothèses retenues pour cet événement visent à reproduire l'événement réel (cote de la Clarence effectivement observée et mise en marche des pompes effective).

Pour l'ensemble des scénarios, nous avons retenus les coefficients de ruissellement correspondant à la saison la plus contraignante (hiver).

NB : ce choix se justifie pour l'orage d'août 2002, du fait du temps de retour très important de la pluie.

4.4 RESULTATS DES SIMULATIONS

4.4.1 Scénarios M1-1 et M1-2 : Calcul de la capacité des ouvrages et des tronçons

Ces calculs ont permis de déterminer :

- **le plus grand débit avant débordement** pouvant être écoulé au sein de chaque tronçon étant donné la débitance du lit mineur,
- **le débit des ouvrages avant mise en charge** dans deux configurations d'influence aval,
- **le débit des ouvrages avant débordement** dans deux configurations d'influence aval. Les résultats liés à ces scénarios sont présentés dans les tableau ci-après :

Tableau 1 : Hypothèse aval : hauteur normale (M1-1)

Tronçons homogène entre les points d'injection :	Tronçons homogène entre les profils :	Nom de l'ouvrage limitant et débit limite avant mise en charge (m ³ /s)	Nom de l'ouvrage limitant et débit limite avant débordement (m ³ /s)	Nom du profil limitant et Débit limite (m ³ /s)
1 et 3	A01 et A09	1 : (nombreux ouvrages)	1.5 : (nombreux ouvrages)	~ 1.7
3 et 4	A10 et A19	0.8 : (nombreux ouvrages)	1.6 : (nombreux ouvrages)	~ 2.9
4 et l'autoroute	A20 et A21	1 (autoroute)	~ 2 : (autoroute)	~ 2
L'autoroute et la voie ferrée	A21 et P1	2.1 : OA61 :	3 : OA 61	3.3 (P1)
La voie ferrée et 5	P2 et P4	6.5 : OA59 :	Pas d'ouvrage limitant pour les débits testés	1.4 (P3)
5 et 6	P4 et P7	2.6 : OA58 :	4.5 : OA58	1.9 (P4)
6 et 7	P8 et P11	1.5 : OA55 :	1.8 : OA55	1.8 (P10)
7 et 8	P12 et P19	0.5 : OA51 et OA48	1.5 : OA49	1 (P16)
8 et 9	P20 et P24	1 : OA35 :	1.6 : OA35 :	1.5 (P20)
9 et 10	P25 et P26	Pas d'ouvrage	Pas d'ouvrage	2.5 (P25)
10 et 11	P26 et P27	1.5 : OA20 (passage Clarence) :	2.3 : OA21	1.9 (P27)
11 et 12	P28 et P31	1.9 : OA19 :	2.4 : OA16	1.9 (P31)
12 et 13	P32 et P38	4 : OA9 :	4.4 : OA9	1.7 (P33)
13 et 14	P38 et P42b	1.2 : OA7 :	4.45 : OA7	2.6 (P38)
14 et 15	P43 et P46	Pas d'ouvrage	Pas d'ouvrage	2.7 (P46)
15 et l'aval	P46 et P48	2.3 : OA2 :	2.2 : OA2	1.8 (P47)
	P48 et P50	Pas d'ouvrage	Pas d'ouvrage	2.7 (P49)

Tableau 2 : Hypothèse aval : hauteur décennale (M1-2)

Tronçons homogène entre les points d'injection :	Tronçons homogène entre les profils :	Nom de l'ouvrage limitant et débit limite avant mise en charge (m ³ /s)	Nom de l'ouvrage limitant et débit limite débordement (m ³ /s)	Nom du profil limitant et Débit limite (m ³ /s)
13 et 14	P38 et P42b	1.2 : OA7 :	4.45 : OA7	2.3 (P38)
14 et 15	P43 et P46	Pas d'ouvrage	Pas d'ouvrage	2.7 (P43)
15 et l'aval	P46 et P48	Les sections et les ouvrages sont noyés par la Clarence à partir de la section P46		
	P48 et P50			

On ne note aucun changement dans les capacités des tronçons et des ouvrages au niveau des autres tronçons.

4.4.2 Scénarios M2 à M4

On présente successivement les résultats suivants :

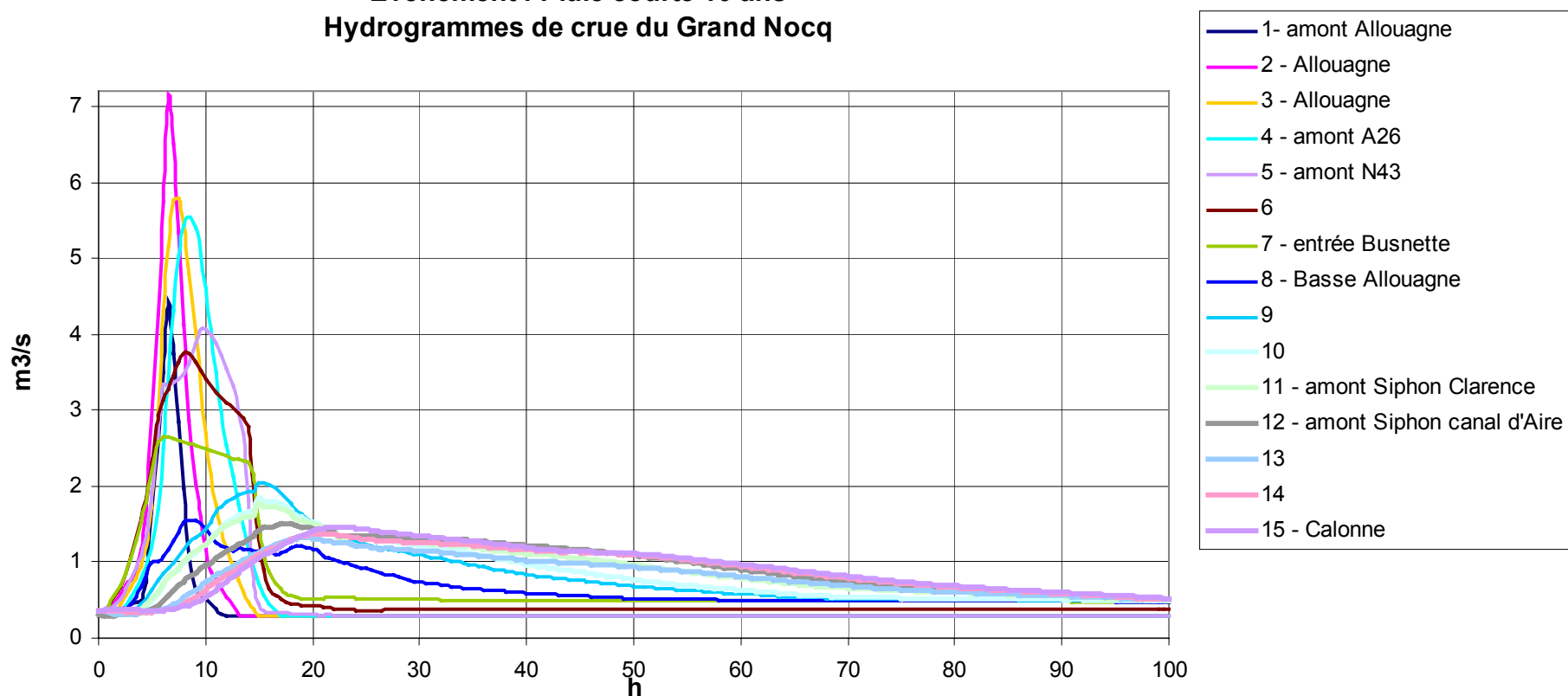
- hydrogrammes de crue en différents points du cours d'eau,
- niveaux d'eau et volumes débordés dans les casiers, dynamique de remplissage et de vidange des casiers,
- estimation des zones inondées.

HYDROGRAMMES DE CRUE EN DIFFERENTS POINTS DU COURS D'EAU

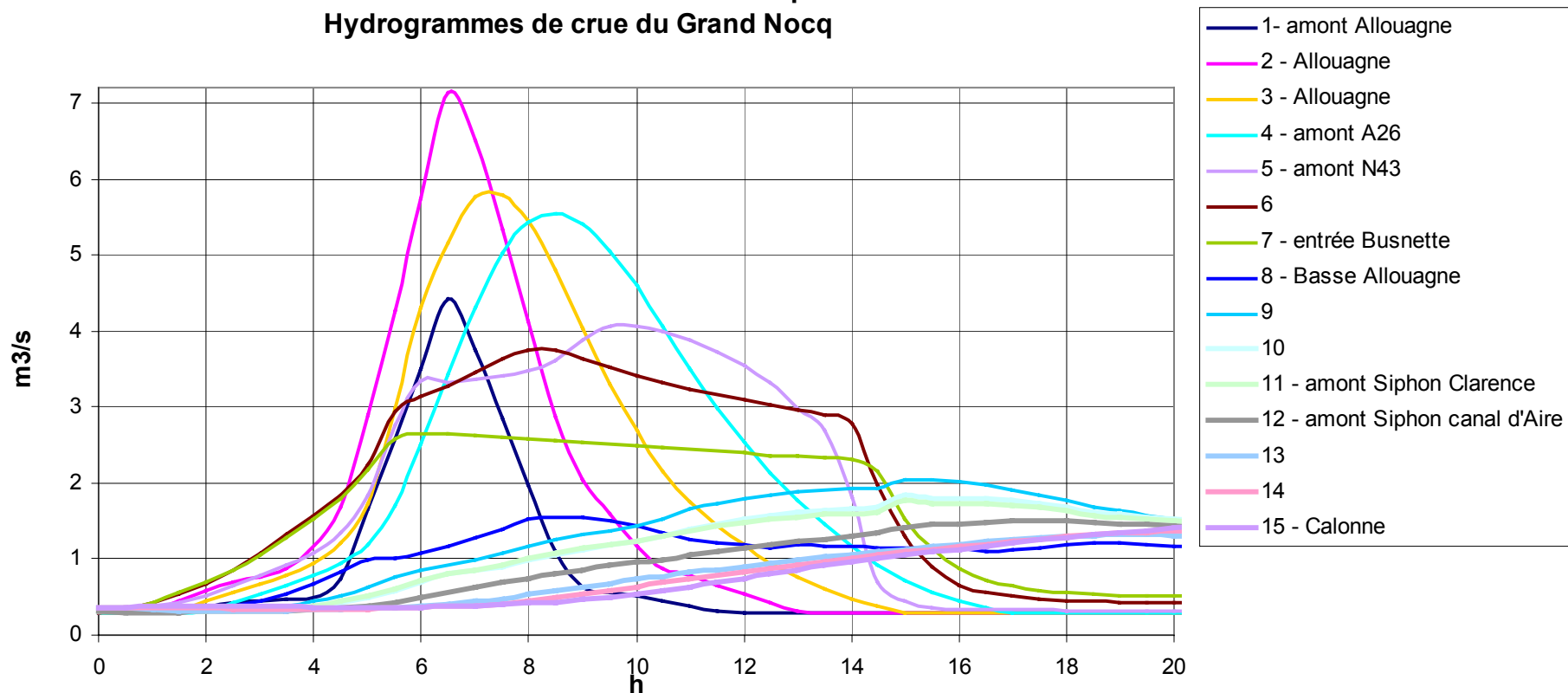
Les graphes ci-après présentent les hydrogrammes dans le lit mineur du Grand Nocq pour les différents évènements simulés.

Les hydrogrammes sont présentés pour chacun des points d'injection (tronçon situé à l'aval immédiat de l'injection) mais il s'agit bien là des hydrogrammes du cours d'eau et non des hydrogrammes injectés.

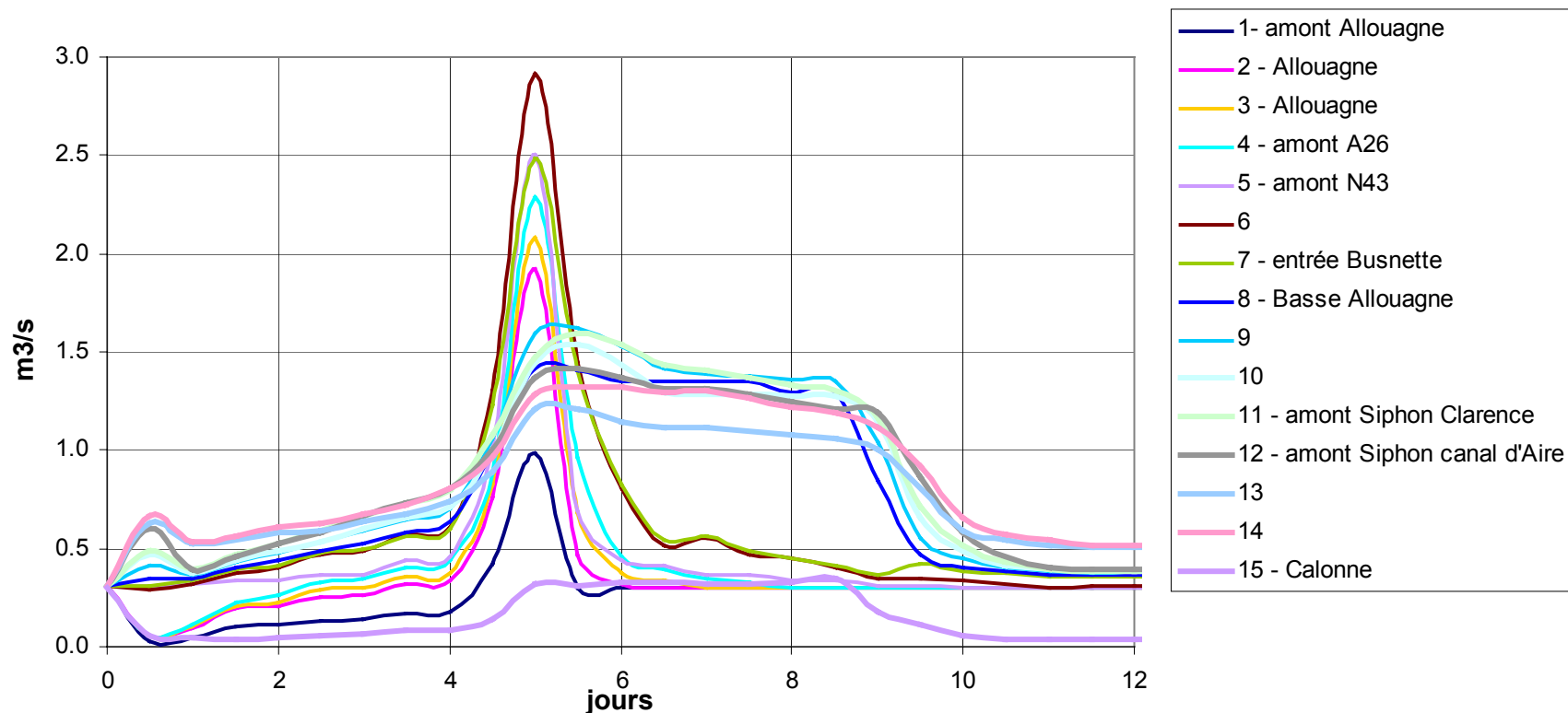
Simulation : M2-2
Evènement : Pluie courte 10 ans
Hydrogrammes de crue du Grand Nocq



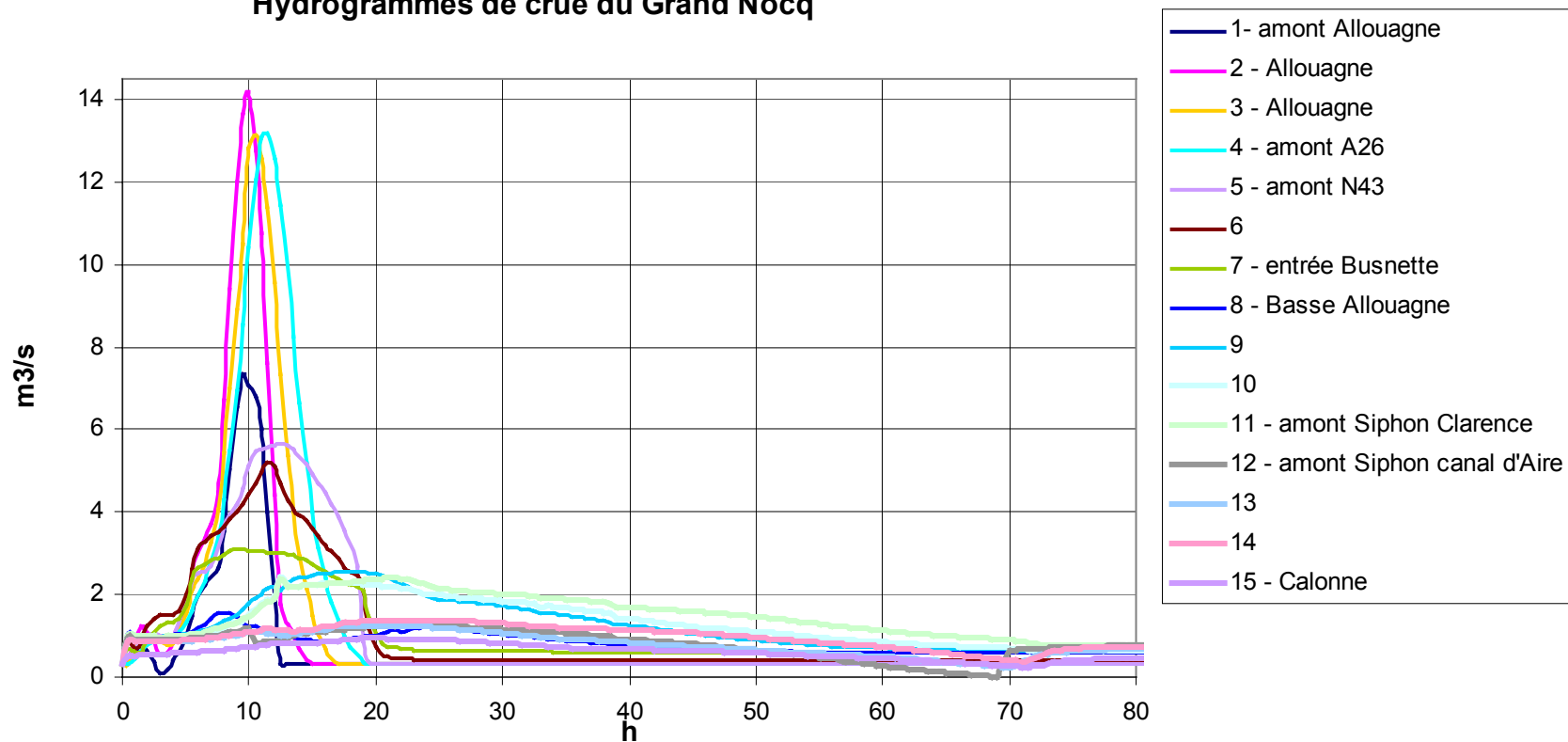
Simulation : M2-2
Evènement : Pluie courte 10 ans - Zoom sur les 20 premières heures
Hydrogrammes de crue du Grand Nocq



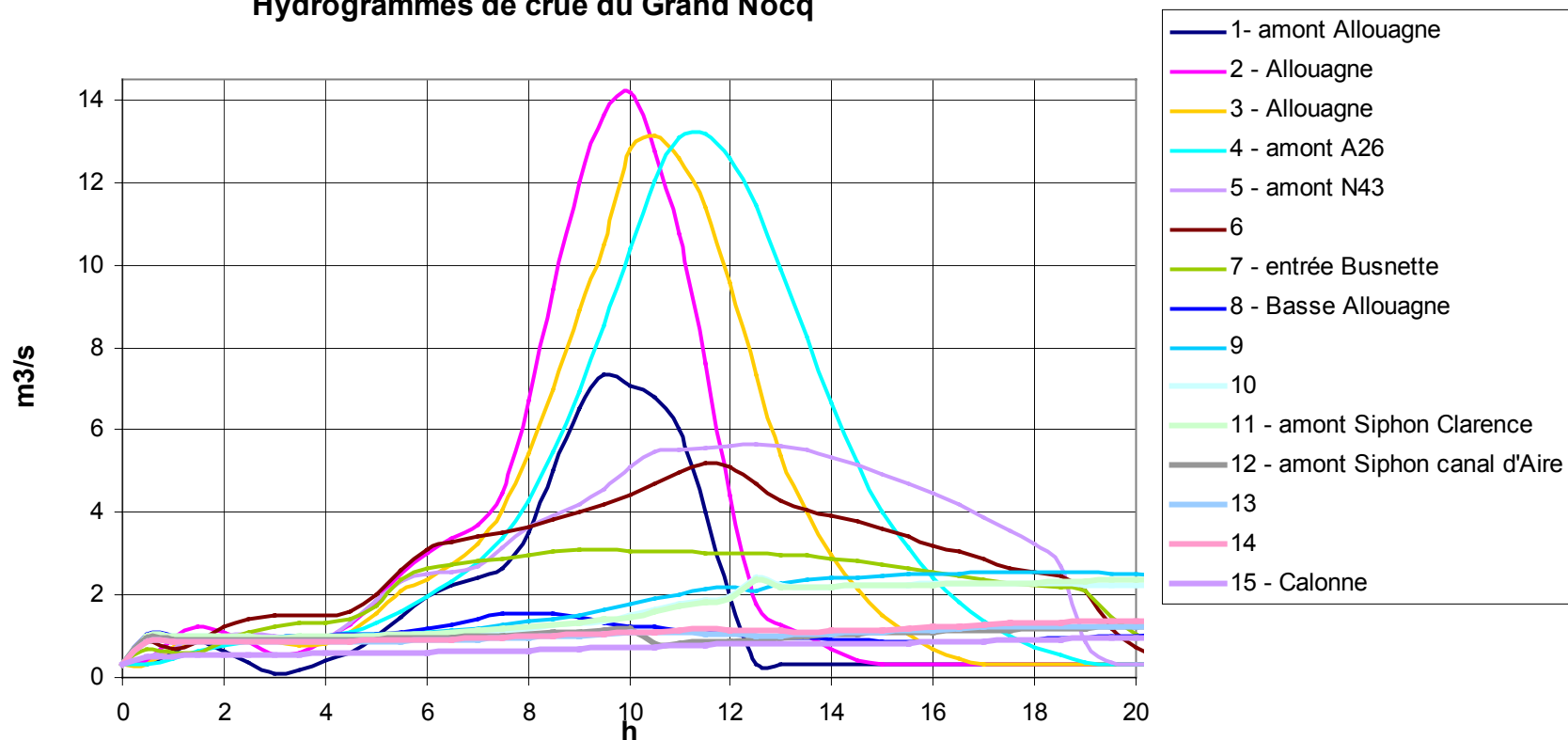
Simulation : M3-2
Evènement : Pluie longue 10 ans
Hydrogrammes de crue du Grand Nocq



Simulation : M4-1
Evènement : Pluie août 2002
Hydrogrammes de crue du Grand Nocq



Simulation : M4-1
Evènement : Pluie août 2002 - Zoom sur les 20 premières heures
Hydrogrammes de crue du Grand Nocq



RESULTATS RELATIFS AUX CASIERS

Niveaux d'eau et Volumes débordés dans les casiers

On présente dans les tableaux ci-après :

- la cote maximale atteinte dans chaque casier,
- la hauteur maximale atteinte au niveau du point bas du casier,
- l'origine de l'eau dans chaque casier (débordement du Grand Nocq ou depuis un autre casier).

M 2-1 : Pluie Décennale courte - Pompes : oui

Casier	Cote (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	Volume (m3)	Origine de l'inondation
R01	24.9	1.5	23200	débordement du Grand Nocq et ruissellement provenant des débordements amont
R02	23.7	0.9	50	débordement du Grand Nocq
R03	23.6	0.5	10	débordement du Grand Nocq et apport du casier R01 via le passage routier sous l'autoroute
R04	22.6	0.9	200	débordement du Grand Nocq
R05	22.6	0.6	6700	débordement du Grand Nocq
R06	20.1	0.5	71900	débordement du Grand Nocq
R07	19.9	0.5	63300	débordement du Grand Nocq et alimentation par le déversement sur la RN43
R08	20.2	1.1	5700	Léger remplissage par l'aval et débordement du Grand Nocq
R09	19.9	0.2	13000	débordement du Grand Nocq
R10	19.9	0.2	3200	débordement du Grand Nocq
R11	19.9	0.2	3900	débordement du Grand Nocq
R12	19.9	0.2	80	débordement du Grand Nocq
R13	19.7	0.8	5600	débordement du Grand Nocq et alimentation par le casier 11
R14	19.7	0.3	500	débordement du Grand Nocq
R15	19.4	0.5	100	débordement du Grand Nocq
R16	19.5	0.5	300	débordement du Grand Nocq
R17	18.6	0.3	4300	remplissage par l'aval
R18	19.1	0.3	9500	remplissage par l'aval et depuis le casier 16
R19	/			/
R20	18.8	0.4	6500	remplissage par l'aval
R21	18.2	0.3	2000	remplissage par l'aval
R22	/			/
R23	/			/
R24	/			/
R25	/			/
R26	/			/
R27	/			/
R28	/			/
R30	/			/
R29	/			/
R32	/			/
R33	/			/
R34	/			/
R31	/			/
R35	14.8	0.5	3400	débordement du Grand Nocq

M 2-2 : Pluie Décennale courte - Pompes : non

Casier	Cote (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	Volume (m3)	Origine de l'inondation
R01	24.9	1.5	23200	débordement du Grand Nocq et ruissellement provenant des débordements amont
R02	23.7	0.9	50	débordement du Grand Nocq
R03	23.6	0.5	10	débordement du Grand Nocq et apport du casier R01 via le passage routier sous l'autoroute
R04	22.6	0.9	200	débordement du Grand Nocq
R05	22.6	0.6	6700	débordement du Grand Nocq
R06	20.1	0.5	71900	débordement du Grand Nocq
R07	19.9	0.5	63300	débordement du Grand Nocq et alimentation par le déversement sur la RN43
R08	20.2	1.1	5700	Léger remplissage par l'aval et débordement du Grand Nocq
R09	19.9	0.2	13000	débordement du Grand Nocq
R10	19.9	0.2	3200	débordement du Grand Nocq
R11	19.9	0.2	3900	débordement du Grand Nocq
R12	19.9	0.2	80	débordement du Grand Nocq
R13	19.7	0.8	5800	débordement du Grand Nocq et alimentation par le casier 11
R14	19.7	0.3	500	débordement du Grand Nocq
R15	19.4	0.5	100	débordement du Grand Nocq
R16	19.5	0.5	300	débordement du Grand Nocq
R17	18.7	0.4	7600	remplissage par l'aval
R18	19.1	0.3	11100	remplissage par l'aval et depuis le casier 16
R19	/			/
R20	18.9	0.5	8000	remplissage par l'aval
R21	18.5	0.6	7500	remplissage par l'aval
R22	/			/
R23	/			/
R24	/			/
R25	/			/
R26	/			/
R27	/			/
R28	/			/
R30	/			/
R29	15.3	0.3	400	Remplissage par l'aval
R32	15.3	0.2	70	Remplissage par l'aval
R33	/			/
R34	/			/
R31	15.1	0.1	100	Remplissage par l'aval
R35	15	0.7	8200	Débordement du Grand Nocq

M 3-1 : Pluie Décennale longue - Pompes : oui

Casier	Cote (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	Volume (m3)	Origine de l'inondation
R01	24.1	0.7	1600	débordement du Grand Nocq et ruissellement provenant des débordements amont
R02	/			/
R03	/			/
R04	22.3	0.6	74	débordement du Grand Nocq
R05	/			/
R06	20	0.4	45400	débordement du Grand Nocq
R07	19.8	0.4	22000	débordement du Grand Nocq
R08	20.2	1.1	5200	Léger remplissage par l'aval et débordement du Grand Nocq
R09	19.9	0.2	11200	débordement du Grand Nocq
R10	19.9	0.2	2500	débordement du Grand Nocq
R11	19.9	0.2	3300	débordement du Grand Nocq
R12	19.9	0.2	60	débordement du Grand Nocq
R13	19.7	0.8	3600	débordement du Grand Nocq et alimentation par le casier 11
R14	19.7	0.3	200	débordement du Grand Nocq
R15	19.4	0.5	80	débordement du Grand Nocq
R16	19.4	0.4	100	débordement du Grand Nocq
R17	18.6	0.3	2300	remplissage par l'aval
R18	19	0.2	3100	remplissage par l'aval et depuis le casier 16
R19	/			/
R20	18.8	0.4	5400	remplissage par l'aval
R21	18.35	0.45	4000	remplissage par l'aval
R22	/			/
R23	/			/
R24	/			/
R25	/			/
R26	/			/
R27	/			/
R28	/			/
R30	/			/
R29	16	1	14500	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R32	16	0.9	1900	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R33	/			/
R34	/			/
R31	16	1	11100	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R35	16	1.7	92800	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue

M 3-2 : Pluie Décennale longue - Pompes : non

Casier	Cote (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	Volume (m3)	Origine de l'inondation
R01	24.1	0.7	1600	débordement du Grand Nocq et ruissellement provenant des débordements amont
R02	/			/
R03	/			/
R04	22.3	0.6	74	débordement du Grand Nocq
R05	/			/
R06	20	0.4	45400	débordement du Grand Nocq
R07	19.8	0.4	22000	débordement du Grand Nocq
R08	20.2	1.1	5200	Léger remplissage par l'aval et débordement du Grand Nocq
R09	19.9	0.2	11200	débordement du Grand Nocq
R10	19.9	0.2	2500	débordement du Grand Nocq
R11	19.9	0.2	3300	débordement du Grand Nocq
R12	19.9	0.2	60	débordement du Grand Nocq
R13	19.7	0.8	3600	débordement du Grand Nocq et alimentation par le casier 11
R14	19.7	0.3	200	débordement du Grand Nocq
R15	19.4	0.5	80	débordement du Grand Nocq
R16	19.4	0.4	100	débordement du Grand Nocq
R17	18.6	0.3	2300	remplissage par l'aval
R18	19	0.2	3100	remplissage par l'aval et depuis le casier 16
R19	/			/
R20	18.8	0.4	5400	remplissage par l'aval
R21	18.45	0.55	5700	remplissage par l'aval
R22	/			/
R23	/			/
R24	/			/
R25	/			/
R26	/			/
R27	/			/
R28	/			/
R30	/			/
R29	16	1	14500	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R32	16	0.9	1900	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R33	/			/
R34	/			/
R31	16	1	11100	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue
R35	16	1.7	92800	débordement du Grand Nocq et remplissage par la Clarence en crue

M4-1 : Août 2002

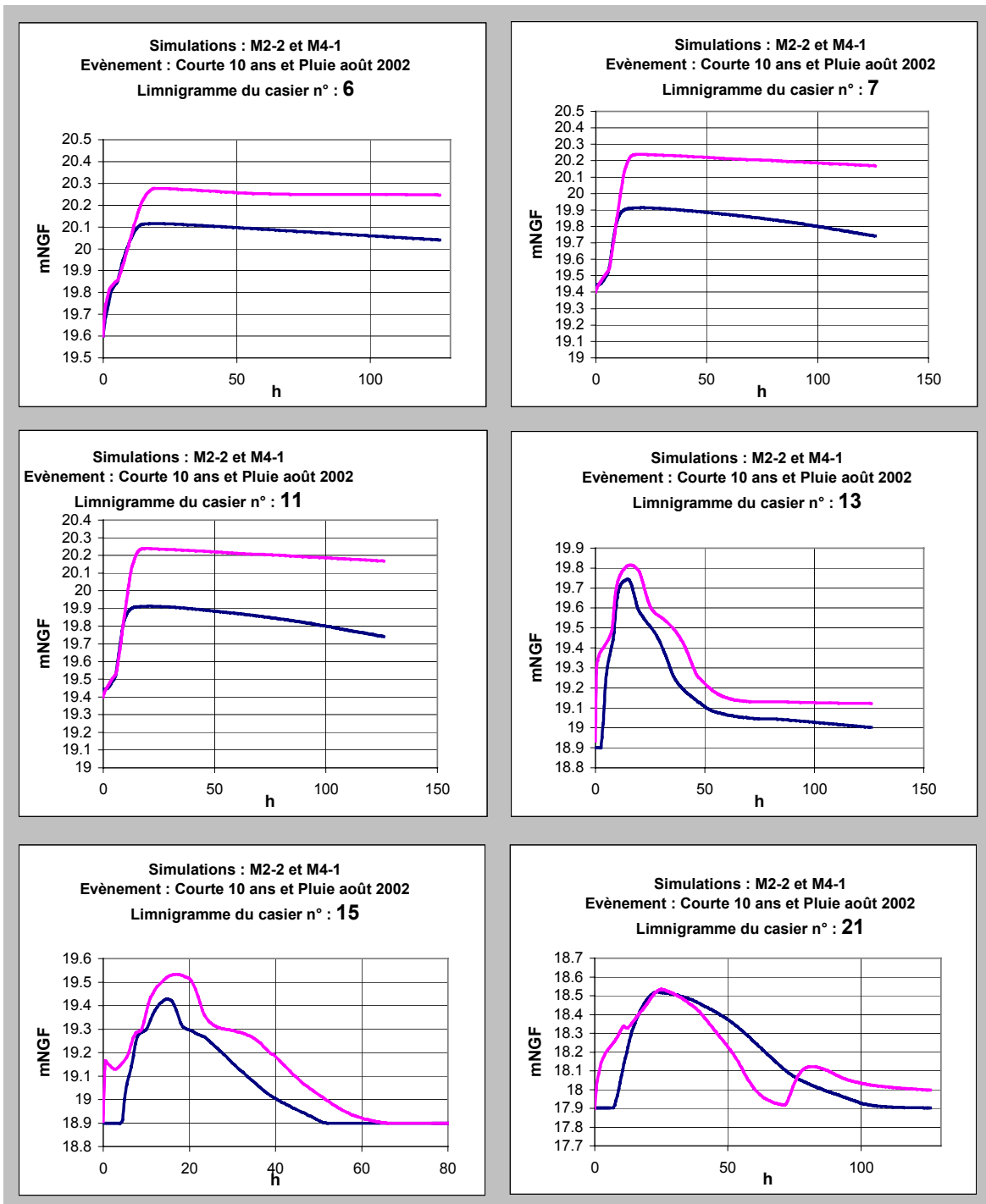
Casier	Cote (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	Volume (m3)	Origine de l'inondation
R01	25.7	2.3	83700	débordement du Grand Nocq et ruissellement provenant des débordements amont
R02	24.1	1.3	200	débordement du Grand Nocq
R03	24.1	1	700	débordement du Grand Nocq et apport du casier R01 via le passage routier sous l'autoroute
R04	22.7	1	500	débordement du Grand Nocq
R05	22.7	0.7	11400	débordement du Grand Nocq
R06	20.3	0.7	133500	alimentation par le déversement sur la RN43 et débordement du Grand Nocq
R07	20.2	0.8	229500	débordement du Grand Nocq et alimentation par le déversement sur la RN43 (
R08	20.2	1.1	5900	Léger remplissage par l'aval et débordement du Grand Nocq
R09	20	0.3	14700	débordement du Grand Nocq
R10	20	0.3	3800	débordement du Grand Nocq
R11	20	0.3	4600	débordement du Grand Nocq
R12	19.9	0.2	100	débordement du Grand Nocq
R13	19.8	0.9	7700	débordement du Grand Nocq et alimentation par le casier 11
R14	19.8	0.4	800	débordement du Grand Nocq
R15	19.5	0.6	700	débordement du Grand Nocq
R16	19.5	0.5	500	débordement du Grand Nocq
R17	18.8	0.5	11600	remplissage par l'aval
R18	19.3	0.5	26600	remplissage par l'aval et depuis le casier 16
R19	19.1	0.6	2000	débordement du Grand Nocq
R20	19	0.6	16200	remplissage par l'aval
R21	18.6	0.7	7800	remplissage par l'aval
R22	/			/
R23	/			/
R24	/			/
R25	/			/
R26	/			/
R27	/			/
R28	/			/
R30	/			/
R29	15.8	0.8	8500	débordement du Grand Nocq
R32	15.8	0.7	1000	débordement du Grand Nocq
R33	/			/
R34	/			/
R31	15.8	0.8	5600	débordement du Grand Nocq
R35	15.8	1.5	69000	débordement du Grand Nocq

Dynamique de remplissage et de vidange des casiers

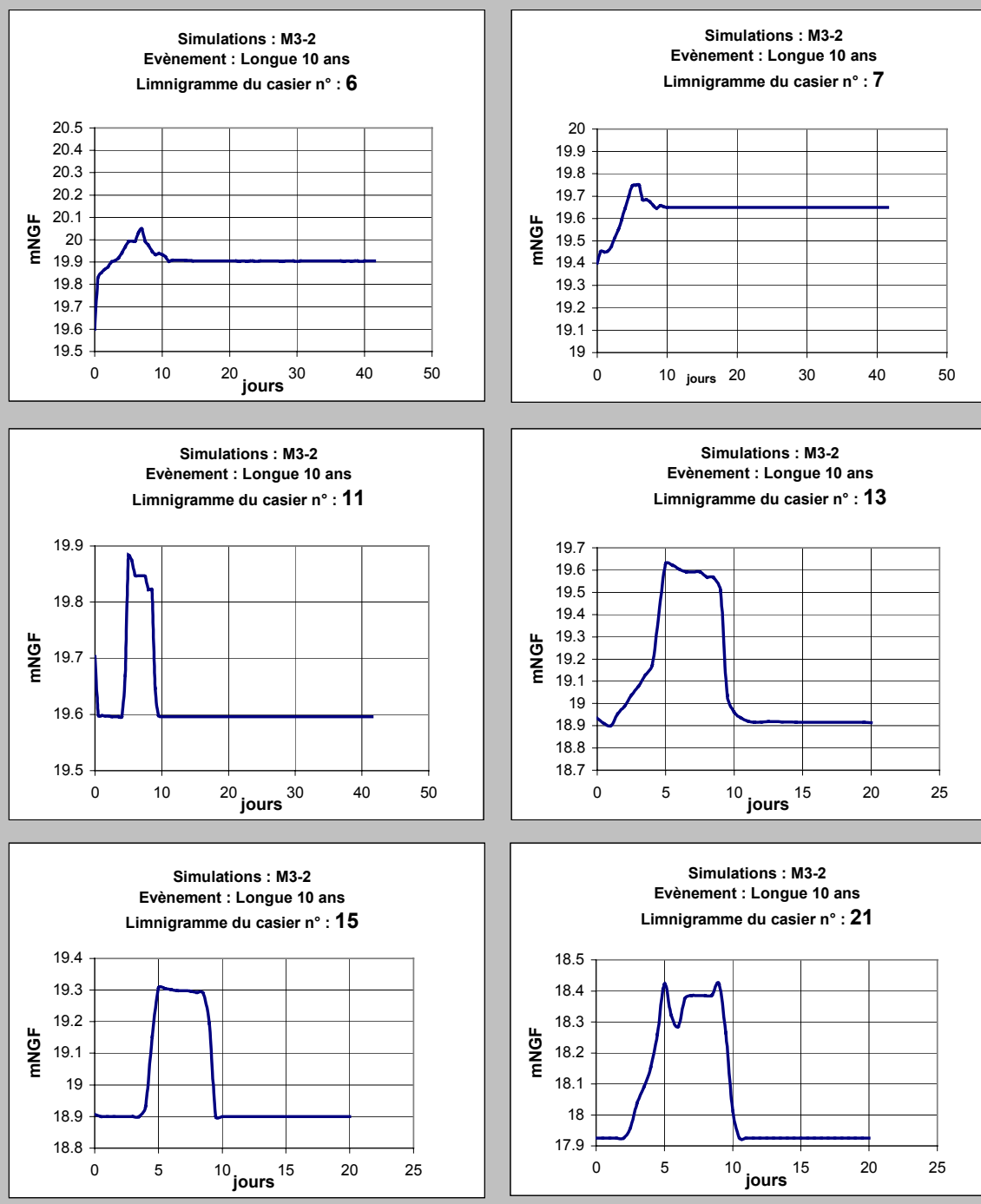
Des ouvrages de vidange vers le Grand Nocq ont été modélisés afin d'estimer le temps de vidange des différents casiers. Comme déjà mentionné, il s'agit d'orifices de capacité égale à celle estimée sur les réseaux secondaires de ces différents secteurs.

Les graphes ci-après présentent, pour les casiers avec les plus forts enjeux, le limnigramme (évolution de la cote de l'eau en fonction du temps) pour les différents événements simulés.

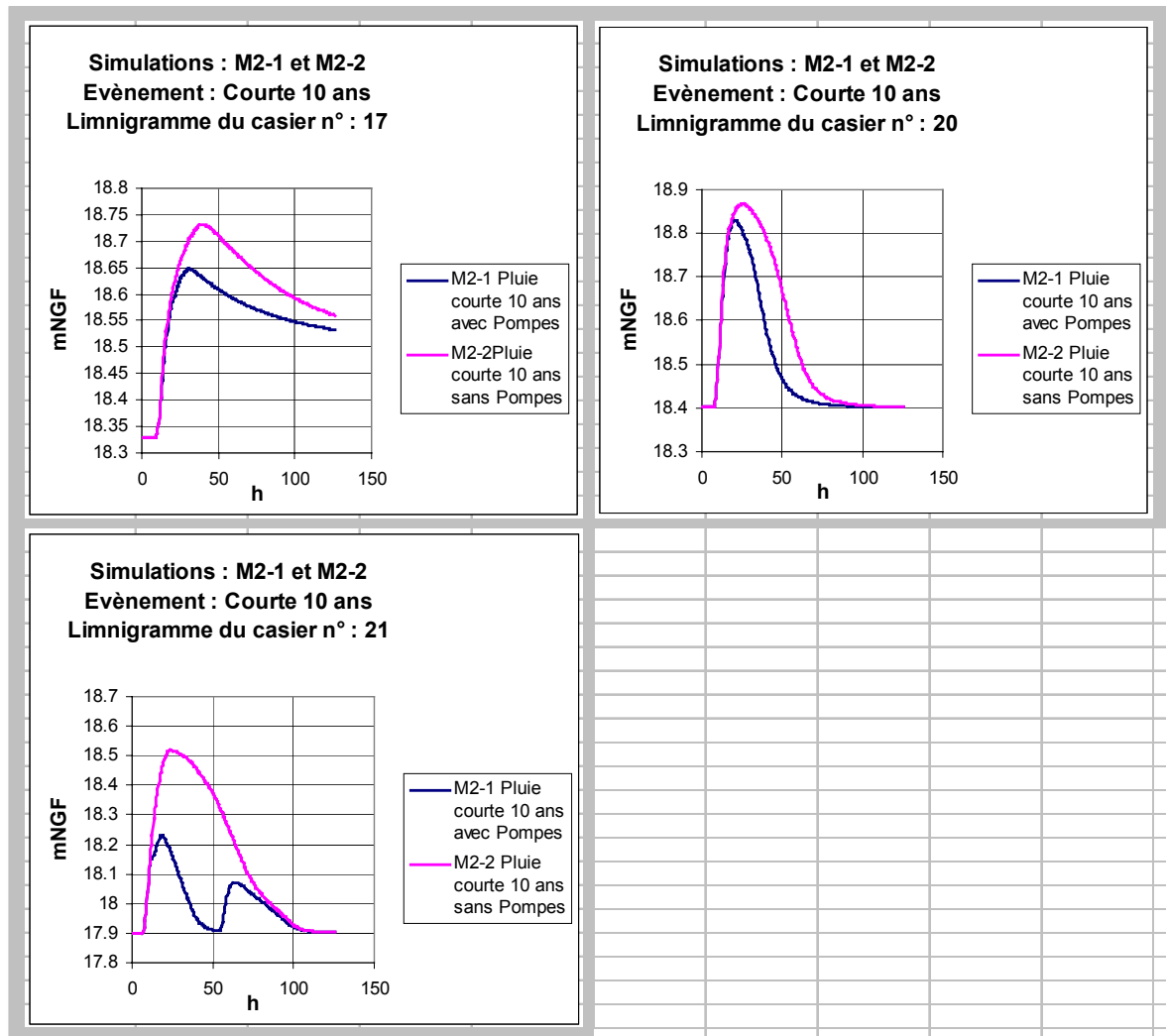
Simulations M2-1 et M4-1



Simulations M3-2



Comparaison M2-1 et M2-2 (influence des pompes)



Estimation du temps de vidange des casiers

Ce temps de vidange est **un temps maximum**. La vidange des casiers est fortement influencée par le niveau d'eau dans le Grand Nocq. Plus le niveau du Grand Nocq est élevé et moins la vidange est rapide. La vidange d'un casier est assez rapide lorsque la hauteur d'eau dans le casier est grande, mais elle ralentit pour évacuer les 10 à 20 derniers centimètres, ce qui explique que cette vidange est parfois longue (bien qu'il ne reste quasiment plus d'eau).

Casiers	Durée de vidange (jours)				
	M2-1	M2-2	M3-1	M3-2	M4-1
R01	0.5	0.5	5	5	0.3
R06	15.8	15.8	3.9	4.2	>15
R07	15.8	15.8	1	3.4	>15
R08	16	16	5.6	5.6	2.8
R09	3.6	3.6	4.6	5.2	2
R10	1.1	1.1	4	5	2.1
R11	1.1	1.1	3.7	5.2	1.5
R12	0.7	0.7	3	4.2	1
R13	2.2	2.2	6.1	6.4	2.3
R14	1.5	1.5	3.1	4.5	1.6
R15	1.2	1.6	3.6	4.1	2.2
R17	11.2	10.9	3.3	4.2	6.6
R18	7.6	7.5	1	1	5.9
R19	7.5	8	-	-	7.4
R20	3.3	2.7	1.4	1.2	3
R21	4.5	4	2	1.3	7.3
R22	-	-	-	-	0.7
R25	-	-	-	-	-
R26	-	-	-	-	-
R28	-	-	-	-	-
R29	-	2.1	(2)	(2)	3.2 (1)
R30	-	-	-	-	-
R31	-	1.2	(2)	(2)	(1)
R32	-	0.6	(2)	(2)	3.2 (1)
R35	15.6	15	(2)	(2)	(1)

(1) Casiers remplis à 15.8 m NGF, pas de vidange complète

(2) Casiers noyés à 16 m NGF

ESTIMATION DES ZONES INONDEES

Ces zones sont présentées sur les carte II-F1 à II-F3.

Ces zones inondables issues de la modélisation ont été cartographiées à partir de l'aval d'Allouagne, avec les hypothèses suivantes :

- il s'agit de zones inondables imputées seulement au Grand Nocq, c'est-à-dire sans prise en compte d'éventuels débordements de la Nave et de la Clarence et/ou de rupture de digue (cf.§ sur les limites de la modélisation),
- l'absence de levés topographiques précis sur la partie centrale, jusqu'à Busnettes, limite considérablement la précision du tracé. Ainsi les résultats apparaissent parfois en contradiction avec les faits de terrain : par exemple, au droit de la zone du Pré des Dames la zone inondable (casier 6) ne se situerait pas comme indiquée sur la carte. **Le contours des zones inondées en situation actuelle sera repris en phase III, suite à des travaux topographiques complémentaires entre la RN43 et Busnettes.**

A l'amont d'Allouagne, les principaux débordements ont été identifiés à partir de la capacité intrinsèque du réseau. La carte II-F4 synthétise les voies d'écoulement préférentielles empruntées par ces débordements.

Sur ce sujet, mentionnons le travail réalisé par l'association STOP INONDATION d'Allouagne qui a répertorié et cartographié les points noirs liés aux inondations dans le centre-bourg d'Allouagne. Ce travail apporte un regard pragmatiques d'acteurs ayant vécu en réel les débordements et aborde l'échelle du réseau pluvial d'Allouagne.

Référence du document : **Contribution à l'étude sur le Grand Nocq** - Le réseau de collecte des eaux pluviales du bassin versant amont. Cartes : Relevé des points noirs en cause dans les inondations d'Allouagne, Schéma des grands flux du réseau souterrain et pluvial - association des points noirs aux sous-bassins versants, Schéma des grands flux du réseau souterrain et pluvial - diamètre et parcours des buses.

4.5 DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE

On commentera dans un premier temps la dynamique des crues à l'échelle du bassin puis le diagnostic hydraulique sera détaillé de l'amont vers l'aval de la zone d'étude, depuis Allouagne, jusqu'à Calonne sur la Lys.

DYNAMIQUE DES CRUES A L'ECHELLE DU BASSIN

Les hydrogrammes du Grand Nocq en différents points présentés plus haut pour les différents événements simulés illustrent les phénomènes suivants :

Pour l'événement pluvieux décennal de type court :

Formation du pic de crue dans Allouagne : pour les points 1 et 2, à partir du moment où la pluie s'intensifie (pendant la 5^{ème} heure dans le cas de l'événement de projet étudié), la montée du débit est très rapide (environ 2 heures). Au droit du point 1, les pics des hydrogrammes des bassins A, et B sont concomitants. L'addition de l'hydrogramme des bassins C et D conduit au débit maximal, atteint au droit du point 2 (centre bourg).

Avec une quasi-concomitance des pics des hydrogrammes des différents sous-bassins et une absence d'amortissement de l'hydrogramme de crue entre les points 1 et 2, on note que le débit de pointe observé en 2 ($7,1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'événement décennal) correspond pratiquement à l'addition ($7,5 \text{ m}^3/\text{s}$) des débits de pointe des hydrogrammes des sous-bassins A ($2,3 \text{ m}^3/\text{s}$), B ($2,1 \text{ m}^3/\text{s}$), C ($2 \text{ m}^3/\text{s}$), D ($0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) et F1 ($0,55 \text{ m}^3/\text{s}$).

Dans la réalité, il est probable que le diamètre réduit des buses canalisant le Grand Nocq et le débordement dans les rues conduisent à un certain amortissement du débit de pointe. Notons cependant que la distance entre 1 et 2 est réduite (environ 700 m) et que **le centre du bourg d'Allouagne, et ses nombreuses habitations, se situe donc précisément au point de convergence le plus critique du bassin.**

Entre les points 2 et 3, le modèle indique un amortissement du pic de crue. Malgré l'addition des bassins E et F2, le pic de crue ($5,9 \text{ m}^3/\text{s}$) est inférieur à celui observé au point 2. Le décalage temporel des pointe est faible (inférieur à 1h).

Entre les points 3 et 4, l'addition du sous-bassin G compense pratiquement l'amortissement de l'hydrogramme de crue : le débit de pointe observé en 4 ($5,4 \text{ m}^3/\text{s}$) reste proche de celui observé en 3. Le décalage avec le pic de crue en 2 est d'environ 2 h.

Nota : A partir du point 4, le modèle simule les débordements effectifs vers des casiers. **Les débits mentionnés sur les hydrogrammes de crue correspondent donc au débit du seul lit mineur du Grand Nocq.**

Entre les points 4 et 5, deux ouvrages participent à l'amortissement de l'hydrogramme de crue qui passe de 5,4 à 4 m³/s.

En premier lieu, l'ouvrage de franchissement de l'A26 au diamètre réduit (DN 1000). D'après le modèle, en charge, cet ouvrage ne laisse passer que 3,2 m³/s pour cet événement décennal. Une part de l'écoulement s'effectue alors également sous le pont de l'autoroute et par un déversoir d'orage (voir plus loin).

En second lieu, l'ouvrage 61 dont le débit capable se limite à 2,1 m³/s.

Du point 5 jusqu'à l'aval du point 6, trois événements sont à noter :

- un nouvel amortissement de l'hydrogramme de crue lié au franchissement de la RN 43 à travers un ouvrage dont la capacité se limite à 2,6 m³/s pour un débit d'apport de 4 m³/s,
- un amortissement lié à des débordements et une pente du cours d'eau désormais très faible (entrée dans la plaine à l'aval de la RN 43),
- l'addition de l'hydrogramme en provenance du sous-bassin du fossé Justin : cet hydrogramme a un débit de pointe de 3,6 m³/s, qui survient environ 1h30 après le pic observé sur les sous-bassins amont A et B.

Deux faits sont à noter : L'addition de cet hydrogramme compense pratiquement les amortissements précédents : le débit de pointe en 6 est pratiquement égal à celui observé en 5 (de l'ordre de 4 m³/s). Le pic en 6 survient plus tôt que le pic en 5, dans la mesure d'une formation relativement rapide de l'hydrogramme de crue sur le Justin.

Nuançons toutefois ces résultats du modèle, par le fait qu'il n'intègre pas l'amortissement probable (en débit de pointe et en temps) de la crue du Justin par la traversée de l'A26 et de la RN43.

Au droit du point 7, on observe également une avance du pic de crue par rapport au point précédent, lié à une formation de la pointe assez rapide sur le sous-bassin J8. Cependant dans ce cas, le débit de pointe injecté reste faible et ne compense pas l'amortissement de l'onde de crue qui se poursuit, en lien avec la pente très faible et les débordements vers les casiers d'inondation.

Le modèle indique qu'au droit de Busnettes et Basse Allouagne, pour le lit mineur, le débit de pointe serait atteint en même temps que dans Allouagne (point 7 en même temps que point 2 et point 8 en même temps que point 4). Toutefois, à la différence d'avec Allouagne, l'inondation est alors liée aux écoulements en nappe dans le lit majeur et les résultats de la dynamique de remplissage / vidange des casiers sont alors plus significatifs : les graphes présentés plus haut pour les principaux casiers montrent ainsi que le pic de hauteur est atteint dans le lit majeur bien plus tard (entre 15 et 20 h après le début de l'événement).

A l'aval du point 7, le débit dans le lit mineur du Grand Nocq reste inférieur ou égal à 2 m³/s. L'écoulement se fait essentiellement en nappe, dans le lit majeur. La dynamique de crue devient beaucoup plus lente. Au droit du point 9, le débit de pointe n'est atteint dans le lit mineur que 15 h après le début de l'événement, soit 7 à 8 h après le centre d'Allouagne. Au droit de la ferme de la Douce-Crème, les résultats dans le casier 21 indiquent que les plus hautes eaux sont atteintes 25 h après le début de l'événement pluvieux (soit 19 h après le pic d'intensité pluvieuse).

Le fait notable est une **décroissance de crue très lente**. Le modèle ne constitue qu'une approche des temps de vidange, cependant il illustre bien qu'à **l'aval de la RN 43, les superficies inondées le restent plusieurs jours**.

Pour l'événement pluvieux d'août 2002 :

La dynamique de crue à l'échelle du bassin reste identique à celle observée pour l'événement décennal court avec une cinétique très rapide pour l'amont de la RN 43 et beaucoup plus lente dans la plaine.

Les pics de débits sont toutefois bien plus élevés.

Pour l'événement pluvieux décennal long :

La dynamique de crue est beaucoup plus lente pour l'ensemble du bassin. On note cependant de nouveau une nette différence entre le secteur amont et la plaine.

La dynamique de crue est cette fois trop lente pour distinguer des décalages temporels entre les différents points amont du modèle. Les débits de pointe atteints sont beaucoup plus faibles.

La différence essentielle avec la pluie courte vient du fait que la dynamique d'amortissement (qui se joue sur des distances faible et donc des temps relativement court (à l'échelle de l'heure) est cette fois complètement masquée par la durée du phénomène qui s'étend sur plusieurs jours.

La hiérarchie des pics de pointe se trouve donc transformée. Cette fois, jusqu'au point 6, la croissance des débits de pointe se fait régulièrement depuis l'amont vers l'aval et c'est au droit de la confluence entre le Grand Nocq et le fossé Justin (point 6) qu'on observe le débit le plus important (de l'ordre de $3 \text{ m}^3/\text{s}$).

A l'aval du point 6, les débordements vers les casiers conduisent à un amortissement et le débit dans le lit mineur diminue : $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ au point 7 puis débit de l'ordre de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

En terme de durée d'inondation, les résultats dans les principaux casiers indiquent des temps d'inondation de l'ordre de 5-6 jours.

DIAGNOSTIC PAR SECTEUR

On aborde successivement chacun des sous-secteurs suivants :

- Allouagne - Centre bourg,
- Traversée de l'Autroute et de la N43,
- Ecoulement dans la plaine jusqu'à Calonne en distinguant :
 - Amont Busnettes,
 - Traversée de Basse Allouagne,
 - Amont siphon de la Clarence,
 - Amont canal d'Aire,
 - la zone de confluence avec la Clarence.

On analyse également l'influence des pompes refoulant vers le canal d'Aire.

Secteur Allouagne - centre bourg

Les écoulements liés aux débordements sont trop complexes (en particulier écoulements sur les chaussées) pour parvenir à leur modélisation depuis le modèle hydraulique.

Ce modèle a permis cependant d'estimer la capacité d'écoulement avant débordement. (éléments complétés avec des calculs de capacité pour les ouvrages hors modèle).

L'analyse a donc essentiellement consisté à comparer la capacité des ouvrages existants avec les débits de pointes correspondant aux différents événements hydrologiques et à calculer les volumes débordés liés aux manques de capacité.

Le semis de point sur Allouagne a également permis de préciser les écoulements préférentiels liés aux débordements.

Ecoulements des débits provenant du sous-bassin A

L'écoulement se concentre dans une buse DN 800, dont la capacité a été estimée à 0,9 m³/s (Strickler : 50, pente : 1%).

Les volumes débordés liés à la faible capacité de cet ouvrage sont estimés dans le tableau ci-après.

<i>Sous-bassin A</i>	Débit de pointe de l'hydrogramme	Volume de l'hydrogramme	Volume débordé	%
	(m ³ /s)	(milliers de m ³)	(milliers de m ³)	
Pluie courte 10 ans	2,3	27,8	8.3	30 %
Août 2002	3,8	62,7	33.7	54 %
Pluie longue 10 ans	0,5	RAS		

Ecoulements des débits provenant du sous-bassin B

L'écoulement se concentre dans une buse DN 600, dont la capacité a été estimée à 0,4 m³/s (Strickler : 50, pente : 1%).

Les volumes débordés liés à la faible capacité de cet ouvrage sont estimés dans le tableau ci-après.

<i>Sous-bassin B</i>	Débit de pointe de l'hydrogramme	Volume de l'hydrogramme	Volume débordé	%
	(m ³ /s)	(milliers de m ³)	(milliers de m ³)	
Pluie courte 10 ans	2,1	24,7	12,6	51 %
Août 2002	3,5	55,5	39,7	72 %
Pluie longue 10 ans	0,45	70		

Ecoulements des débits provenant du sous-bassin C :

L'écoulement se concentre dans une buse DN 800, dont la capacité a été estimée à 0,65 m³/s (Strickler : 50, pente : 0.5 %).

Les volumes débordés liés à la faible capacité de cet ouvrage sont estimés dans le tableau ci-après.

<i>Sous-bassin C</i>	Débit de pointe de l'hydrogramme	Volume de l'hydrogramme	Volume débordé	%
	(m ³ /s)	(milliers de m ³)	(milliers de m ³)	
Pluie courte 10 ans	2	34.5	14	41 %
Août 2002	5.3	79	50.7	64 %
Pluie longue 10 ans	0.7	97.9		

Ecoulements des débits à l'aval du point d'injection n°2 :

L'écoulement se concentre dans le lit du Grand Nocq dont la capacité avant débordement, à ce niveau, peut être estimée à 1,5 m³/s.

Les volumes débordés liés à cette capacité réduite sont estimés dans le tableau ci-après.

<i>Aval point injection 1</i>	Débit de pointe de l'hydrogramme	Volume de l'hydrogramme)	Volume débordé	%
	(m ³ /s)	(milliers de m ³)	(milliers de m ³)	
Pluie courte 10 ans	7.1	98	49.7	51 %
Août 2002	14.2	225	158.5	70 %
Pluie longue 10 ans	1.9	280	5.9	2 %

Ecoulements des débits à l'aval du point d'injection n°3 :

La capacité du lit du Grand Nocq avant débordement, à ce niveau, peut être estimée à 1,6 m³/s.

Les volumes débordés liés à cette capacité réduite sont estimés dans le tableau ci-après.

<i>Aval point injection 2</i>	Débit de pointe de l'hydrogramme	Volume de l'hydrogramme)	Volume débordé	%
	(m ³ /s)	(milliers de m ³)	(milliers de m ³)	
Pluie courte 10 ans	5.8	111	52.2	47 %
Août 2002	13.1	254	174.9	68 %
Pluie longue 10 ans	2.08	317	7.5	2 %

Voies d'écoulement préférentiels

Comme déjà indiqué, les voies d'écoulement empruntées par les écoulements liés aux débordements sont reportées sur la carte II-F4.

Ces tracés ont été estimés sur la base d'une part des informations communiquées par les habitants d'Allouagne (association STOP Inondations), d'autre part par la référence au semis de points disponibles (réalisé dans le cadre de l'étude). La carte IGN au 1/25.000 est trop imprécise pour permettre cette analyse.

Notons que ces débordements s'écoulent essentiellement sur la chaussée et rejoignent plus ou moins directement le cours d'eau.

Aval Allouagne - Passages sous l'autoroute et la RN43

L'événement pluie longue décennale ne génère pratiquement aucun débordement dans cette zone.

Le débit hydrologique produit par le bassin amont, c'est à dire juste à l'aval du point d'injection n°4, pour une pluie courte décennale est d'environ 5.6 m³/s et de 13.5 m³/s pour l'événement d'août 2002.

Le débit capable de l'ouvrage sous l'autoroute est seulement de 1 m³/s :

- pour la simulation M4-1 (août 2002), ce DN1000 rentre en charge, laisse alors transiter jusqu'à **3.5 m³/s** mais provoque une sur-inondation amont,
- pour la pluie courte décennale (M2) : le débit transité à travers l'ouvrage est de **3.2 m³/s**.

Pour l'événement d'août 2002, et pour la pluie décennale courte, la vidange de la zone basse à l'amont de l'autoroute se fait par la buse mais également via le passage routier sous l'autoroute (inondation de la route sortant d'Allouagne).

Remarque :

Il nous a été signalé, après réalisation de cette phase, l'existence d'un déversoir d'orage à l'amont du franchissement de l'A26 par le Grand Nocq : le déversement se fait vers une buse DN 500 qui se trouve sous la chaussée du passage routier sous l'A26.

Ce point fait l'objet d'un cartouche sur la carte I-D.

Le DN 500 rejoint une conduite de section plus importante (ovoïde) qui se jette dans l'ancien lit du Grand Nocq, qui rejoint lui-même le Grand Nocq actuel avant son franchissement de la voie ferrée.

La buse n'a donc pas pu être prise en compte dans le modèle. Son observation directe (pas de plan de récolement a priori disponible) sur le terrain (cf. photo où l'on voit, à travers le regard du déversoir d'orage, le départ du DN 500 et du DN 1000) montre que le déversement commence à se faire dans le DN 500 quand le DN 1000 est rempli à plus de la moitié.



Quand le DN 500 est en charge complète, le débit théorique dans la buse est de l'ordre de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Cependant, étant donné les faibles pente, l'écoulement est certainement sous influence aval. **Le débit dans le DN 500 sera donc certainement inférieur en situation réelle et ne représentera donc qu'une faible part de l'écoulement vers l'aval qui s'établit, d'une part à travers le DN 1000, d'autre part directement sur la chaussée du fait des débordements ayant lieu plus à l'amont.**

En d'autres termes, ce déversoir d'orage n'est pas à l'échelle des débits susceptibles de provenir en ce point depuis le bassin versant amont. Sa non prise en compte dans les calculs présentés ne représente qu'une imprécision mineure, compatible avec la précision d'ensemble des calculs.

Entre l'autoroute et la RN43, l'ouvrage 61 est limitant :

- pour la pluie d'août 2002, le débit entrant est de $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un débit capable de $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$. On observe alors un débordement au niveau de cet ouvrage,
- pour la pluie décennale, le débit entrant est de $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un débit capable de $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le franchissement de la RN43 constitue également un ouvrage limitant :

- pour la crue d'août 2002, un déversement s'est produit sur la route. Son débit capable est de $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un débit d'apport de $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$,
- pour un événement décennal court, avec un débit de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, des déversements se produisent également, mais uniquement vers le casier de la rive gauche (R07).

Écoulements dans la plaine

La zone à l'aval de la RN43 est inondée pour l'événement d'août 2002 et les événements décennaux, pluie longue et pluie courte.

L'alimentation de cette zone d'expansion est la suivante :

- pour l'événement d'août 2002 : casiers 6 et 7 alimentés par le déversement sur la RN43 et par débordement du grand Nocq à l'aval de cette route (au droit du profil situé à l'aval immédiat de la RN43),
- pour l'événement décennal - pluie courte : dans le casier 6, débordement uniquement par débordement du Grand Nocq, dans le casier 7 : double alimentation identique à celle observée en août 2002,
- pour l'événement décennal - pluie longue : casiers 6 et 7 alimentés uniquement par débordement du Grand Nocq : pas de débordement sur la RN43.
- pour les trois événements : on notera que la remontée de ligne d'eau liée au passage en charge de l'ouvrage 55, conduit également à l'alimentation des casiers 6 et 7. Un tel passage en charge se produit également pour l'ouvrage 56, mais dans ce cas, sans débordement, du fait de l'endiguement du Grand Nocq à ce niveau.

Remarque :

Les zones inondées issues du modèle hydraulique à l'aval de la RN 43, au droit de la zone dite du Pré des dames, ne correspondent pas aux inondations connues historiquement.

L'absence de topographie précise au droit de cette zone explique ce fait.

Des relevés topographiques supplémentaires vont permettre d'apporter des corrections et précisions lors de la phase ultérieure.

Traversée de Busnettes et de Basse-Allouagne

Dans ces traversées, la mise en charge de plusieurs ouvrages conduit à une remontée de la ligne d'eau qui provoque de légers débordements du Grand Nocq dans son lit majeur.

On citera en particulier :

- ouvrage 53, dans Busnettes. Son débit capable est de $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ mais il laisse passer tout le débit ($1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la pluie décennale courte et août 2002) en charge.
- ouvrages 51 et 48 : ils s'agit des plus limitants de la série d'ouvrages situés dans Basse Allouagne. En effet, leur débit capable est de $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un débit entrant de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (ouv 51) et $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (ouv 48) pour la décennale courte et de $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (ouv 51) et $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (ouv 48) pour la pluie d'août 2002. Ils passent donc en charge.
- l'ouvrage 35 situé après le point d'injection 8 est légèrement limitant pour des crues type 2002 et décennale courte. En effet, le débit capable de cet ouvrage est de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et le débit entrant est de $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$. L'eau passe légèrement au-dessus de cet ouvrage. Le débit hydrologique produit par le bassin versant amont par une pluie courte décennale est d'environ $8.1 \text{ m}^3/\text{s}$.
- les ouvrages 26 et 25, en aval de Basse Allouagne sont également limitants. En effet, pour la crue de 2002, le débit transité est de $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ (1.9 pour la pluie décennale), alors que leur débit capable est de respectivement 1.8 et $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Ils passent, en charge, tout le débit entrant.

Amont siphon Clarence

Les modélisations conduisent sur cette zone au remplissage des casiers suivants :

- Rive gauche : 17 (2002, pluies longues et courtes décennales), 19 (uniquement pour l'événement de 2002),
- Rive droite : 20 (2002, pluies longues et courtes décennales).

Les superficies associées à ces remplissages restent limitées.

Les débordements observés semblent provenir essentiellement de remontées d'eau à travers des ruisseaux affluents.

L'ouvrage 20, qui est le passage du Grand Nocq sous la Clarence, a un débit capable de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Pour la crue d'août 2002, le débit entrant est de $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 pour la décennale courte). Il passe en charge tout ce débit.

Amont Canal d'Aire

Pour l'ensemble des simulations, avec les hypothèses retenues (absence d'envasement des siphons), on n'observe pas de débordement lié au franchissement en siphon du Grand Nocq sous le canal d'Aire.

On observe toutefois une zone inondée au droit du casier 21 liée à une remontée d'eau dans le réseau secondaire et ce pour les événements M4, M2 et M3.

L'ouvrage 7, vers Robecq, a un débit capable de $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Pour les pluies de 2002 et décennale courte, le débit transité est de $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Il passe donc légèrement en charge mais sans provoquer de débordement.

Zone de confluence avec la Clarence

On observe sur cette zone principalement deux phénomènes :

- en condition limite aval défavorable (15.8mNGF pour la pluie de 2002 et 16 m NGF pour la pluie décennale longue), c'est la remontée d'eau de la Clarence dans le Grand Nocq qui inonde, ainsi que des débordements latéraux dans le Grand Nocq, dus à la montée de la ligne d'eau à la cote 15.8 ou 16 m NGF,
- en condition limite aval normale (M2), on observe une inondation par remontée d'eau à travers le réseau secondaire (fossés).

Effet des pompes

Dans les hypothèses faites pour la modélisation, les conclusions pouvant être apportées sur ce point sont les suivantes :

Pluie courte 10 ans : Les pompes retirent un volume de 149 000 m³ pendant la crue, ce qui représente 50% du volume transitant dans la section en amont du canal d'Aire.

Ce pompage a un effet sur la hauteur d'eau maximale atteinte dans les casiers suivants :

- Casier 17 : 10 cm de différence,
- Casier 20 : 10 cm de différence,
- Casier 21 : 30 cm de différence
- Casiers n° 29, 32 et 31 : le fonctionnement des pompes suppriment le débordement dans ces casiers (hauteurs sans fonctionnement des pompes respectivement égales à 30, 20 et 10 cm)

En terme de surface inondée, l'effet reste modeste comme le montrent les courbes enveloppes de la carte II-F2.

Pluie longue 10 ans : bien que le volume pompé soit important (295 000 m³), les volumes débordés ne sont quasiment pas différents, puisque cette pluie n'était pas trop débordante. L'effet ne se fait ressentir uniquement sur un casier (R21), juste en amont du canal d'Aire, pour lequel la hauteur d'eau diminue de 10 cm.

En terme de surface inondée, l'effet reste donc dans ce cas très modeste.

Pluie de 2002 : le volume pompé est d'environ 210 000 m³, ce qui représente 30% du volume transité dans la section en amont du canal d'Aire.

4.6 CONCLUSIONS

A partir du diagnostic hydraulique, on peut identifier :

- les zones à risques, car soumises à l'aléa inondation du Grand Nocq et vulnérables du fait de leur occupation (essentiellement présences d'habitations),
- les champs d'expansion des crues, zones importantes à connaître et à conserver, afin de maintenir, voire favoriser leur inondation et de protéger les zones à risques.

ZONES A RISQUES

Les zones à risque identifiées correspondent à des zones d'habitats. Il s'agit de :

- **la zone urbanisée d'Allouagne** : elle se situe directement à l'aval de bassins versants importants, directement dans le talweg du Grand Nocq, de nombreuses habitations sont concernées.

Rappel du rapport de phase 1 : Sur Allouagne, il y a beaucoup d'habitations qui se trouvent en bordure du cours d'eau (leurs murs en forment parfois les berges). On compte aussi une entreprise de menuiserie implantée sur le tracé naturel du cours d'eau (le Grand Nocq en a été détourné par un busage diamètre 1000 avec deux coudes à angle droit). On note aussi la présence d'établissements collectifs (salle de sport, écoles, ...).

- **la zone à l'amont de l'autoroute** : une dizaine de maisons susceptibles d'être inondées en rive gauche,

Entre l'autoroute et Busnettes, la précision de la topographie disponible (IGN 25000^{ème}) ne permet pas d'identifier précisément les zones inondables et donc le nombre d'habitations potentiellement touchées.

Les débordements du Grand Nocq sur Busnettes, à l'aval du coude, semblent limités.

- **le quartier de Basse Allouagne** : dans ce secteur, les débordements situés principalement en rive gauche concernent un nombre limité d'habitations.
- **Citons également la zone amont du canal d'Aire, qui comprend un élevage avicole.**

Remarque importante :

Rappelons un point fondamental déjà souligné : seuls les débordements liés à l'axe principal du Grand Nocq ont été modélisés dans la présente étude.

Les zones de débordements liées à d'autres axes hydrauliques : Nave, Clarence ou affluents du Grand Nocq n'apparaissent donc pas. Mentionnons par exemple la zone du courant de Bellerive sur la commune de Gonnehem.

Seule une étude englobant l'ensemble de ces axes permettra de modéliser l'ensemble des débordements potentiels pour une zone donnée.

CHAMPS D'EXPANSION DE CRUES

Ces secteurs correspondent à des zones naturelles ou cultivées, dont l'inondation doit être conservée voire favorisée. Il s'agit des secteurs suivants :

- **champs d'expansion des crues de Gonnehem**, entre la RN43 et Busnettes en rive droite, entre la RN43 et le Taillis en rive gauche sur les communes d'Allouagne et de Lillers,

- **à l'amont du passage sous la Clarence** : l'espace est cependant limité du fait de la présence d'habitations,
- on note une **petite cuvette en rive gauche à l'amont du canal d'Aire**, également en limite d'habitats,
- **secteur de la confluence avec la Clarence** : ce champ d'expansion correspond principalement à un champ d'expansion des crues de la Clarence, mais également dans une moindre mesure à une zone d'inondation naturelle pour le Grand Nocq.

ANNEXES

Annexe 1 : Description des unités de sols régionales

DÉMARCHE IGCS EN NORD-PAS-DE-CALAIS

Fichier Régional des sols :

Légende de la carte des pédopaysages à 1/250 000

Le Grand Nocq

N° UCS 20 Sol brun sableux superficiel des buttes

N° UCS notice: 22

domaine des reliefs résiduels Bombement - Collines et reliefs mineurs - dénivelés inférieurs à 300 m, pentes inférieures à 30% Paysage ouvert (openfield)

PAYS DE GUINES - AVANT PAYS D'ARTOIS / m - e2b - e2, sables et grès (buttes résiduelles)

Contient les UTS :

N°	100% de l'UCS	Sol brun sableux peu profond
51		
<u>Brunisol sableux leptique</u>		
Régime hydrique contrasté ,		
Très perméable (>36 cm/h) A drainage excessif		
Sec de manière saisonnière Apparement jamais submergé Sans excès d'eau		
: +		
effervescence Nulle Pas d'humus visible		
texture Sableuse et		
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes		
<u>Roches sédimentaires meubles GRES apparaissant à : 60 cm TERTIAIRE OU CENOZOIQUE</u>		
Butte témoin		

N° UCS 20 Sols bruns calciques à lessivés hydromorphes

N° UCS notice: 23

Domaine éolisé Ondulations - Collines et reliefs mineurs - dénivelés inférieurs à 300 m, pentes inférieures à 30% Paysage ouvert (openfield)

PAYS DE GUINES - AVANT PAYS D'ARTOIS / LP - LP1, loess et sables de couverture ; Ls - P, limons à silex (plateaux et collines)

Contient les UTS :

N°	75% de l'UCS	Sol brun faibl lessivé à pseudogley
31		
<u>Néoluvisol rédoxique issu de limons</u>		
,		
Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage imparfait		
Saturé de manière saisonnière Apparement jamais submergé Nappe perchée temporaire Pluie		
: +		
effervescence Nulle Pas d'humus visible		
texture Limoneuse et		
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes		
<u>Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 100 cm PLEISTOCENE</u>		
Surface d'aplanissement		

N°	5% de l'UCS	Sol brun limoneux sur argile < 1 m
----	-------------	------------------------------------

52		
<u>Brunisol limoneux sur argile < 1 m</u>		
Présence de discontinuité gênantes ,		
Modérément perméable (0.36 à 3.6 cm/h) A drainage imparfait		
Saturé de manière saisonnière Apparement jamais submergé Nappe perchée temporaire Pluie		
: +		
effervescence Nulle Pas d'humus visible		
texture Limoneuse et Argileuse		
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes		
<u>Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE</u>		
Relief résiduel		

Annexe 1 :
Description des unités de sols régionales

N° 53	5% de l'UCS	Sol brun limoneux sur sable < 1 m
<u>Brunisol limoneux sur sable < 1 m</u> Régime hydrique contrasté , Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage favorable Sec de manière saisonnière Apparemment jamais submergé Sans excès d'eau : + effervescence Nulle Pas d'humus visible texture Limoneuse et Sableuse Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes <u>Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE</u> Relief résiduel		
N° 54	5% de l'UCS	Sol brun lessivé à pseudogley sur A à silex < 1 m
<u>Néoluvisol à luvisol rédoxique sur A à silex < 1 m</u> Hydromorphie , Modérément perméable (0.36 à 3.6 cm/h) A drainage imparfait Saturé de manière saisonnière Apparemment jamais submergé Nappe perchée temporaire Pluie : + effervescence Nulle texture Limoneuse et Argileuse Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes <u>Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE</u> Relief résiduel		
N° 55	10% de l'UCS	Sol brun lessivé LS à Cx de silex < 1 m
<u>Néoluvisol LS à cailloux de silex</u> Pierrosité , Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage favorable Cailloux (2 à 6 cm) Irréguliers anguleux : CAILLOUTIS Acides (> 65% silice) + effervescence Nulle Pas d'humus visible texture Limoneuse et Sableuse Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes <u>Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE</u> Surface d'aplanissement		

N° UCS 21 Rendzines et sols bruns calcaires à calciques

N° UCS notice: 25

Domaine de l'altération pédologique Versant convexe - Collines et reliefs mineurs - dénivelés inférieurs à 300 m, pentes inférieures à 30%
Paysage avec haies éparées (Ex. brise - vents)
PAYS DE GUINES - AVANT PAYS D'ARTOIS / c4-3c - c3b - c3a - c2, craies et marnes crayeuses (versants à pente forte des collines)

Contient les UTS :

N° 56 70% de l'UCS Rendzines blanches et grises

Rendosols
Défaut de profondeur, Excès de calcaire
Très perméable (>36 cm/h) A drainage excessif
Sec de manière saisonnière Apparement jamais submergé Sans excès d'eau
Cailloux (2 à 6 cm) Irréguliers émoussés : CRAIE Carbonatés +
effervescence Extrêmement forte Pas d'humus visible
texture Limoneuse et Sableuse
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes
Roches sédimentaire cohérentes calcaires CRAIE apparaissant à : 30 cm CRETACE
Surface d'abrasion

N° 57 10% de l'UCS Sol brun calcaire à calcique A-Cx, hydromorphe

Calcosol-calcosol, A, caillouteux, rédoxique
Hydromorphie,
Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage imparfait
Saturé de manière saisonnière Apparement jamais submergé Nappe perchée temporaire Pluie
Cailloux (2 à 6 cm) Irréguliers émoussés : CRAIE Carbonatés +
effervescence Moyenne Pas d'humus visible
texture et
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes
Roches sédimentaire cohérentes calcaires CRAIE apparaissant à : 60 cm CRETACE
Valons

N° 58 20% de l'UCS Sol brun faiblement lessivé à granules calcaires

Néoluvisol à réserve calcique
Pente,
Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage favorable
Sec de manière saisonnière Apparement jamais submergé Sans excès d'eau
Graviers (0,2 à 2 cm) Irréguliers émoussés : CRAIE Carbonatés + Graviers (0,2 à 2 cm) Irréguliers anguleux CAILLOUTIS Ac
effervescence Nulle Pas d'humus visible
texture Limoneuse et
Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes
Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE
Surface d'abrasion

N° UCS 22 Sols bruns colluviaux des vallons crayeux

N° UCS notice: 24A

Versant avec mouvement de masse, ravinement ou colluvionnement Forme à fond plat - Collines et reliefs mineurs - dénivelés inférieurs à 300 m, pentes inférieures à 30% Paysage ouvert (openfield)

PAYS DE GUINES - AVANT PAYS D'ARTOIS / C - LV, colluvions (bas de pentes et vallons des collines crayeuses)

Contient les UTS :

N° 35 100% de l'UCS ***Sol brun faibl lessivé coll. L***

Néoluvisol colluvique L

Contraintes liées au relief ,

Perméable (3.6 à 36 cm/h) A drainage modéré

Saturé de manière saisonnière Apparement jamais submergé Nappe perchée temporaire Pluie

: +

effervescence Nulle Pas d'humus visible

texture Limoneuse et

Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes

Roches sédimentaires meubles LIMONS apparaissant à : 0 cm PLEISTOCENE

Colluvionnement

N° UCS 23 Sols bruns colluviaux des pentes argileuses

N° UCS notice: 24B

Versant avec mouvement de masse, ravinement ou colluvionnement Versant convexo-concave - Collines et reliefs mineurs - dénivelés inférieurs à 300 m, pentes inférieures à 30% Paysage ouvert (openfield)

PAYS DE GUINES - AVANT PAYS D'ARTOIS / C - LV, colluvions (bas de pentes et vallons des collines argileuses)

Contient les UTS :

N° 37 100% de l'UCS ***Sol brun colluvial hy. LA-AL à pseudogley-gley***

Colluviosol rédoxique LA-AL

Hydromorphie ,

Modérément perméable (0.36 à 3.6 cm/h) A drainage pauvre

Saturé de manière saisonnière Submergé de manière saisonnière Nappe perchée temporaire Pluie

: +

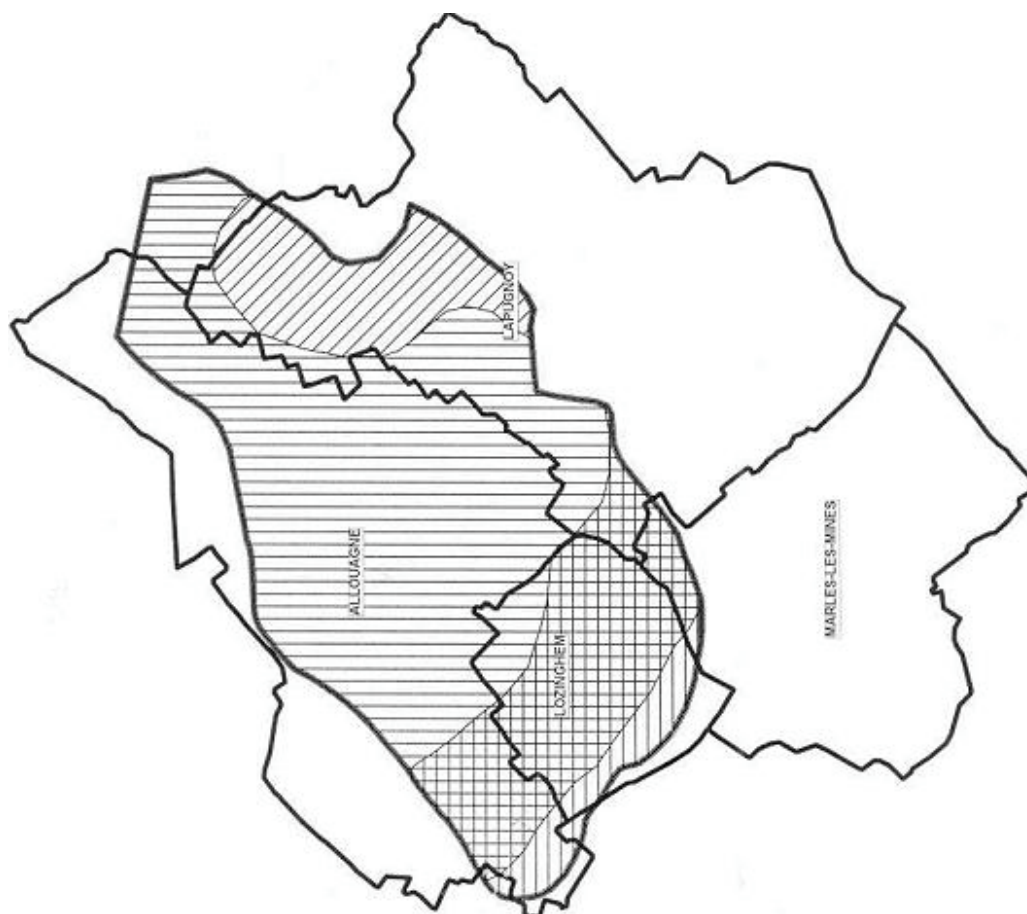
effervescence Nulle Pas d'humus visible

texture Limoneuse et Argileuse

Couvert : Champs : plantes herbacées, plantes cultivées, légumes

Roches sédimentaires meubles ARGILE apparaissant à : 70 cm YPRESIEN

Colluvionnement



Annexe 2 : Photographies réalisées pendant la campagne de sondages pédologiques

Grand Nocq

Sol argileux bien structuré superficiellement avec charge silex importante. – Profil 02



Sol argileux sur craie vers 80 cm – Profil 02



Sol limoneux battant - Nombreux silex en surface _ -
Façons culturales dans le sens de la pente – Profil 12



Sol limoneux battant - Zone est – Profil 32



Annexe 3 : Méthodologie de traitement des images pour l'étude de l'occupation du sol

INTERPRETATION DE L'ORTHOPHOTO IGN

INTEGRATION DES DONNEES

La première étape consiste à vérifier le calage des données numériques entre-elles sur ordinateur. Ces données sont :

- Le scan IGN au 1/25 000^e ,
- Les contours du bassin-versant,
- Le cours d'eau,
- Les orthophotographies de l'IGN du 17 juin 2000,

CREATION DE LA NOMENCLATURE

Ensuite, un premier balayage visuel est effectué sur tout le secteur afin de déterminer la légende. Une nomenclature est alors choisie (sur le modèle de Corine Land Cover puis adaptée au secteur).

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Bâti	Habitat rural	
	Habitat isolé	
	Lotissement	
	Cimetière	
	Equipement	
	Serres	
	Bâtiment industriel	
Routes	Routes	
Chemin de fer	Chemin de fer	
Zone artificielle non bâtie	Exploitation minière	
	Chantier	
	Décharge	
Zone verte artificialisée non agricole	Equipement sportif ou de loisir	
	Parc ou Jardin	
	Jardin de l'habitat	
	Surface en herbe non agricole	
Sol couvert agricole	Blé	
	Maïs	
	Autres cultures	Bettraves
		Pomme de Terre
		Interculture
		Autre
	Houblonnière	
	Verger ou Pépinière	
	Maraîchage ou horticulture	
	Surface Toujours en Herbe	
Sol nu agricole	Sol nu agricole	
Bois	Bois ou Forêt	
	Peupleraie	
Surface en eau	Plan d'eau	

NUMERISATION DE L'OCCUPATION DU SOL ET DES DONNEES GEOGRAPHIQUES

La troisième étape consiste à numériser les contours des différentes occupations du sol, en fonction de la légende, sur le logiciel Arc Gis. Le résultat est un ensemble de *polygones* auxquels il faut attribuer des codes correspondant à la légende.

L'interprétation de l'orthophoto a aussi permis de repérer des informations géographiques telles que :

- ✓ les haies,
- ✓ les talus,
- ✓ les fossés,
- ✓ les chemins,
- ✓ le sens de culture des parcelles agricoles.

Ces données sont des *polylignes*.

VALIDATION DE TERRAIN

La quatrième étape est la validation de terrain.

Elle a permis de vérifier l'exactitude des données géographiques et d'ajouter certains fossés et certains talus qui n'étaient pas visibles sur l'orthophoto.

Sur la base des données numériques obtenues lors de l'interprétation de l'orthophoto de juin 2000, une autre occupation du sol a été faite par observation visuelle lors de la visite de terrain le 18 septembre 2003.

Cette période permet de connaître l'occupation du sol en automne (début de la période pluvieuse).

L'objectif était de noter, parcelle par parcelle, l'occupation du sol agricole en cette période.

OCCUPATION PAR EXTRAPOLATION EN HIVER 2003

Détaillé dans le rapport.

REALISATION DES CARTES

La dernière étape consiste à valider les données sur le plan informatique (topologie des polygones, géométrie...) afin de pouvoir réutiliser ce travail sans risque de perte de données.

Les couleurs des deux types de légende ont ensuite été créées pour la cartographie.

Toutes ces données peuvent être combinées et cartographiées avec le fonds IGN (scan 25) ou le fonds Ortho (IGN 2000).

Annexe 4 : Coefficients de ruissellement : Références

DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENTS PAR TYPES DE SOLS

Coefficients trouvés dans la littérature

➤ « Applied Hydrology » de Ven Te Chow

Tableau 1 : coefficients de ruissellement issus d'« Applied Hydrology » de Ven Te Chow

zone non urbanisée	sol perméable - semi-perméable	plat (<2%)	0.05 - 0.10
		moyen (2-7%)	0.10 - 0.15
		pentu (>7%)	0.15 - 0.20
	sol imperméable	plat (<2%)	0.13 - 0.17
		moyen (2-7%)	0.18 - 0.22
		pentu (>7%)	0.25 - 0.35
zone urbanisée	centre ville		0.70 - 0.95
	zone péri-urbaine		0.50 - 0.70
zone résidentielle	maisons dispersées		0.30 - 0.50
	zone de villas		0.40 - 0.60
	zone de villas mitoyennes		0.60 - 0.75
	zone péri-urbaine		0.25 - 0.40
	immeuble		0.50 - 0.70
zone industrielle	normale		0.50 - 0.80
	dense		0.60 - 0.90
parcs, cimetière			0.10 - 0.25
complexe sportif			0.20 - 0.35
chemin de fer			0.20 - 0.40
friches			0.10 - 0.30
route	en asphalte		0.70 - 0.95
	en béton		0.80 - 0.95
	pavée		0.70 - 0.85
chemin			0.75 - 0.85
toits			0.75 - 0.95

➤ SETRA LCPC³

Tableau 2 : coefficients de ruissellement préconisés par SETRA LCPC

Couverture végétale	Morphologie	Pente (%)	Terrain avec sable grossier	Terrain Argileux ou limoneux	Terrain argileux compact
Bois	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	ondulé	5-10	0.25	0.35	0.50
	Montagneux	10-30	0.30	0.50	0.60
Pâturage	Presque plat	0-5	0.10	0.30	0.40
	ondulé	5-10	0.15	0.36	0.55
	Montagneux	10-30	0.22	0.42	0.60
Culture	Presque plat	0-5	0.30	0.50	0.60
	ondulé	5-10	0.40	0.60	0.70
	Montagneux	10-30	0.52	0.72	0.82

➤ Etude des zones inondables de la Lys

Tableau 3 : coefficients de ruissellements issus de l'étude sur les zones inondables de la Lys

couverture de sol	pente <1%	1% < pente < 5%	pente > 5%
forêt, bois et landes	0.02	0.05	0.10
prés, pâturages, espaces en herbes	0.07	0.15	0.30
Terrain nu et labouré	0.15	0.25	0.40
terrain nu soumis à la battance et infrastructure	0.30	0.40	0.50

➤ Contrat de rivière de la Clarence :

Il est seulement noté que le coefficient de ruissellement est pris égal à 0,2 pour les terrains naturels.

On remarque que les coefficients de ruissellement utilisés dans l'étude SOGREAH sur la délimitation des zones inondables de la Lys sont bien inférieurs à ceux rencontrés dans la littérature.

Cependant, ceux-ci ont permis d'aboutir aux débits spécifiques observés dans la zone d'étude et sont donc, a priori, mieux adaptés que des coefficients préconisés à l'échelle nationale voire plus.

³ Recommandation pour l'assainissement routier français du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroute et du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Annexe 5 : Présentation du logiciel Phenix

PRESENTATION DU LOGICIEL « PHENIX »

OBJECTIFS

Phoenix est un logiciel de modélisation hydrologique de la formation et la propagation de crue sur un bassin versant qui permet de:

- déterminer un hydrogramme à l'exutoire d'un sous bassin versant à partir de données pluviométriques (transformation pluie-débit)
- propager un hydrogramme dans un tronçon d'un cours d'eau (routage)
- simuler l'effet de bassins de rétention (écrêtement de crue par une retenue)
- composer les hydrogrammes au niveau d'un confluent / défluent
- déterminer les débits aux points de calcul d'un réseau complexe et les hauteurs d'eau correspondantes avec des courbes de tarage préétablies
- déterminer les autres caractéristiques hydrauliques (vitesses, temps de submersion) avec des relations V-Q et D-Q pré-saisies aux nœuds de calcul

Cet outil est particulièrement bien adapté aux études de schémas d'aménagement de protection contre les inondations sur un bassin versant complexe. Il permet notamment de d'estimer facilement les impacts hydrauliques à la fois locaux et globaux d'un aménagement.

Les fonctionnalités de l'outil sont similaires à celles de HEC-HME (version Windows de HEC-1) mais mieux adaptées à des études typiques de la protection contre les crues. Il a été développé par BRLi et a été appliqué sur plusieurs bassins versants (Lauquet dans l'Aude, le Rieumassel dans l'Hérault, l'Huisne amont dans l'Orne etc.).

PRINCIPE

Avant toute modélisation, il est nécessaire de savoir où l'on souhaite, sur le bassin versant, obtenir les résultats. Le découpage en sous-bassins versants doit être judicieusement choisi car les exutoires des BV correspondent à des points de calculs pour le modèle et permettront de visualiser les résultats.

Le schéma peut comporter différents éléments :

- des bassins versants
- des tronçons de rivière
- des confluent / défluents
- des retenues
- des injections et des prélèvements etc.

Ces différents éléments ne remplissent pas les mêmes fonctions :

- les bassins versants génèrent un hydrogramme à partir de la pluie ou un hydrogramme déterminé par ailleurs.
- les tronçons de rivière ont deux fonctions : permettre la propagation de l'hydrogramme le long du cours d'eau (le routage) ou relier des éléments entre eux (pas de routage).

- les confluent correspondent à des jonctions de rivière (somme des hydrogrammes). Les différents cours d'eau des bassins versants qui se jettent au même endroit dans le cours d'eau principal, sont schématiquement représentés par des bassins versants reliés par des tronçons de rivière à une confluence.

LES BASSINS VERSANTS

Le logiciel permet de calculer l'hydrogramme à un exutoire donné en fonction d'une pluie réelle (hyétochrome connu) ou une pluie de projet (méthode Keiffer) par la méthode Rationnelle.

La formule **Rationnelle** permet d'estimer le débit de pointe à l'exutoire d'un bassin versant soumis à des précipitations. Elle repose sur le concept du temps de concentration et précise que le débit maximum à l'exutoire d'un bassin versant ne peut être observé que sous une averse de même période de retour et de durée égale au temps de concentration. La pluie doit être uniforme et constante dans le temps. Une méthode dite « Rationnelle améliorée » a été introduite dans le logiciel Phenix pour permettre de déterminer l'hydrogramme correspondant au débit de pointe donné par la formule Rationnelle classique et le coefficient de ruissellement.

Appelons que la formule Rationnelle ne peut s'appliquer qu'à de petits bassins versants de quelques dizaines de kilomètres carrés.

Les hyétochromes de différents événements (crues théoriques et observées) sur chaque sous bassin versant sont stockés dans la base de données. Un tableau de coefficients d'abattement est associé à chacun des points de calcul, ce qui permet de résoudre le problème délicat de la concomitance des crues des sous bassins (une crue d'une fréquence rare n'arrive pas normalement simultanément sur tous les sous bassins versants).

Si l'hydrogramme d'un sous bassin est connu (calculé par une autre méthode ou observé), il pourra être utilisé à la place de l'hydrogramme obtenu par le modèle pluie - débit.

LES TRONÇONS DE RIVIERE POUR LE ROUTAGE

La propagation du débit peut s'effectuer dans Phenix de deux manières différentes :

- Méthode « empirique »
- En modifiant l'hydrogramme selon la méthode de Muskingum (translation et l'écrêtement).

Pour la méthode empirique, on introduit, en fonction de l'expérience de l'utilisateur et des données d'observation disponibles, deux paramètres caractérisant l'hydrogramme propagé: le taux d'aplatissement de l'hydrogramme et le décalage dans le temps de l'hydrogramme aval par rapport à celui en amont du tronçon.

Pour le modèle **Muskingum**, l'utilisateur a le choix entre le modèle simple et Muskingum – Cunge. Ce dernier permet de déterminer les paramètres du modèle en fonction de la géométrie du lit du cours d'eau.

Des modules spécifiques ont été développés dans le logiciel pour faciliter le calage des modèles, l'analyse et l'édition des résultats.

A noter que le modèle Muskingum, s'il est bien calé (sur les résultats d'un modèle hydraulique ou des observations), peut donner des résultats aussi précis qu'un modèle hydraulique.

LES OUVRAGES ECRETEURS

L'écrêtement de crue par une retenue peut être simulé dans le logiciel en tenant compte :

- De la courbe caractéristique de la retenue,
- De la dimension des évacuateurs (pertuis, évacuateur de surface) ; la loi de déversoir ou la loi de vannes peut être utilisée.

On peut obtenir facilement tous les résultats détaillés concernant le fonctionnement de l'ouvrage pendant une crue : niveau maximum atteint dans la retenue, débit maximum en sortie, taux d'écrêtement, l'hydrogramme laminé etc.

Ce module peut également être utilisé indépendamment des autres fonctions pour le dimensionnement d'un ouvrage et l'optimisation de la dimension des évacuateurs.

LA COMPOSITION DES HYDROGRAMMES

Le logiciel traite les confluent, défluent, prélèvements et apports latéraux, ce qui permet de modéliser d'une manière relativement facile des systèmes hydrologiques très complexes.

LES POINTS DE CALCUL

L'hydrogramme à un point de calcul résulte donc de la simulation de formation et de propagation de la crue.

Si une courbe de tarage est saisie (prédéterminée par un modèle hydraulique ou par jaugeages), les hauteurs d'eau correspondantes (limnigramme) seront également données par le modèle. Il est de même pour les autres caractéristiques hydrauliques (vitesse d'écoulement et durée de submersion).

Annexe 6 : Présentation du logiciel Isis

PRESENTATION DU LOGICIEL ISIS

ISIS est un logiciel de simulation hydraulique des écoulements filaires en rivières ou canaux développé par HALCROW et WALLINGFORD (Grande-Bretagne). Il est particulièrement bien adapté à l'étude des champs d'inondation et à l'analyse de réseaux complexes maillés ou ramifiés, en régime permanent ou transitoire. Par ailleurs, il intègre la possibilité d'introduire des casiers ce qui peut lui conférer un caractère pseudo bi- dimensionnel.

ISIS permet de représenter les champs d'inondation de trois manières selon les configurations des vallées :

- 1) **Cas des écoulements unidimensionnels et filaires** : Le lit mineur et le lit majeur peuvent être représentés par une section de rivière unique car on suppose que le niveau d'eau est horizontal dans les lits. Ceci est bien adapté aux vallées bien marquées et non aménagées (pas de digue). Les différents lits (mineur, moyen, majeur) sont différenciés par leur coefficient de rugosité qui varient selon la nature et l'occupation des sols.
- 2) **Cas des écoulements multidirectionnels** : Quand les écoulements sont complexes et multidirectionnels, il est possible de représenter les vallées par des casiers. Les lits d'écoulement restent représentés par des sections et les équations de Barré St Venant. Le champ d'expansion des crues qui joue un rôle de stockage est représenté par des casiers. . Les casiers peuvent être implantés en série et reliés par des liaisons hydrauliques (du type seuil, vanne, chenal, etc). Le casier est représenté par une loi de remplissage (hauteur-surface- volume). Cette représentation suppose donc des écoulements en lit mineur et du stockage en lit majeur($V=0$ et niveau horizontal sur le casier). Ceci est adapté aux plaines cloisonnées et cours d'eau aménagés (endigués), plaines avec peu de pente.
- 3) **Cas des écoulements unidimensionnels et parallèles avec des échanges latéraux** : Les lits d'écoulement (par exemple le lit mineur, le lit majeur droit et le lit majeur gauche) sont indépendants (vitesse et niveau d'eau différents) mais des échanges se produisent de manière latérales sur des digues ou les berges (répartition de débits). Les sections sont reliées entre elles par des déversements latéraux qui répartissent les débits. Cette configuration est bien adaptée aux lits en toit ou aux lits endigués.

EQUATIONS DE BASE ET RESOLUTION

Le modèle utilisé repose sur les équations complètes de Barré de Saint-Venant :

- Equation de continuité :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad \text{avec :} \quad \begin{aligned} Q &= \text{Débit} \\ A &= \text{Section} \\ q &= \text{Débit latéral} \end{aligned}$$

- Equation du mouvement :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\beta Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} - g \frac{AQ|Q|}{k^2} + q \frac{Q}{A} \cos \alpha = 0$$

avec :

H = Cote de l'eau

g = Accélération de la pesanteur

$$k = A \frac{R^{2/3}}{n}$$

n = Coefficient de Manning

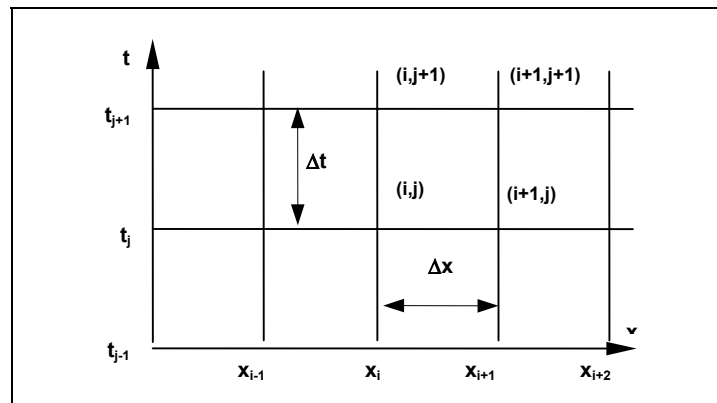
R = Rayon hydraulique = A/P

P = Périmètre mouillé

α = Angle de l'écoulement

β = Coefficient

Le réseau est discrétisé à l'aide du schéma implicite de Preissmann :



$$f(x,t) = \frac{1}{2} \left[\theta (f_{i+1}^{j+1} + f_i^{j+1}) + (1-\theta) (f_{i+1}^j + f_i^j) \right]$$

où : f = Débit ou cote d'eau.

θ = Coefficient compris entre 0,5 et 1.

f_i^j = Valeur de j au point (x_i, t_i) .

UNITES ET FONCTIONS HYDRAULIQUES D'ISIS

ISIS met à disposition plusieurs fonctions appelées « unités » pour représenter les divers composants hydrauliques d'un écoulement :

- section de rivière ou de canal avec différentes zones de rugosités (calculs des lignes d'eau par les équations de Barré St Venant),
- ponts (pertes de charge calculées par la méthode de l'USPBR)
- casiers- réservoir (zone de stockage),
- ouvrages de vannages (avec ou sans consignes de régulation),
- déversoir (lois de seuils minces, épais, rectangulaires, triangulaires...)
- perte de charge singulière ,
- siphon,
- pompe,
- conduites (calcul des pertes de charge de rugosité par colebrook- white)

Chaque unité hydraulique possède une ou plusieurs étiquettes, les unités possédant des étiquettes communes étant considérées comme connectées entre elles.

DONNEES D'ENTREE ET RESULTATS

Les données à l'entrée du modèle sont contenues dans un fichier unique au format ASCII. Chaque unité est décrite : géométrie (sections, profils en long, lois de remplissage,...) et paramètres hydrauliques de calcul (rugosité, coefficient de pertes de charge).

Les conditions aux limites peuvent être :

- hydrogrammes amont et latéraux
- limnigrammes
- lois hauteur- débit

Les résultats en sortie du modèle sont, pour chaque unité hydraulique, les débits, les vitesses et les cotes d'eau atteints et l'évolution de ces paramètres en fonction du temps dans le cas du régime transitoire. Ils sont fournis sous forme de tableaux (Excel) , de profils en long et en travers (dessins et fichiers Autocad) , de courbes Q(t), Z(t), Vitesse(t), Volume stocké(t).

Annexe 7 : Compte rendu de la campagne hydrométrique

METHODOLOGIE ET DESCRIPTION DES SITES

Cette campagne avait pour but de mesurer simultanément la pluviométrie sur le bassin et le débit sur le Grand Nocq en différents points. Ces mesures devaient permettre de faciliter le calage du modèle pluie-débit.

Les points de mesure sont donc les suivants (détail dans le § suivant) :

- **Pluviomètre** (point temporaire, O Consult): Il est installé sur la partie amont du bassin versant, sur une parcelle agricole. Ce pluviomètre est de type Casella à basculement d'augets (0,2 mm) accouplé à une centrale d'acquisition automatique autonome de type Octopus. Cadence d'enregistrement des valeurs : horodatée à la seconde
- **Débitmètre DB1** (point temporaire, O Consult) : Le premier débitmètre est installé sur la partie busée du fossé qui alimente le Grand Nocq, rue de la rivière à Allouagne. Ce débitmètre est de type Mainstream III, capteur hauteur de type piézométrique, échelle 350 mbar, capteur vitesse à effet doppler, 5 cm/s à 5m/s. Cadence d'enregistrement des valeurs : 5 min.



La sonde est à 45 mm au-dessus du radier pour éviter les dépôts.

Période de mesures : du 31/7/03 à 12h35 au 9/1/04 à 10h 55 .

L'enlèvement du matériel a été effectué le 9 janvier pendant une pluie. Cette situation a permis de vérifier le fonctionnement de l'appareil et des sondes. Toutes les informations sont validées. Le débit minimum mesurable est de 2,3 m3/h.

- **Débitmètre DB2** (point temporaire, O Consult) : Le deuxième débitmètre est installé sur la partie busée en passage sous l'autoroute A26 à Allouagne. Ce débitmètre sera placé en aval de ce collecteur (bonne condition hydraulique). Ce débitmètre est de type Mainstream III, capteur hauteur de type piézométrique, échelle 350 mbar, capteur vitesse à effet doppler. Cadence d'enregistrement des valeurs : 5 min.

La sonde est positionnée latéralement à 300mm du radier. Elle a été installée à cette hauteur le 31 juillet alors que le niveau d'eau était de 530 mm.

A partir du 29 août, le niveau d'eau diminue pour atteindre un point bas vers la fin septembre entre 150 et 200 mm. La sonde est hors d'eau à partir du 15 septembre.

Compte tenu des objectifs (mesure des fortes pluies) et des conditions hydrauliques locales, il a été décidé de maintenir la sonde à son niveau initial.

Photo du site :



Période de mesures : du 31/07/04 à 11h20 au 9/1/04 à 10h40.

Les différentes vérifications faites au cours de la campagne de mesure permettent de valider les hauteurs d'eau indiquées.

SUIVI ET CONSTATS

Débitmètre DB1 :

2 séries de débits supérieurs à zéro ont été repérés : les 27 décembre et 9 janvier.

Dans les 2 cas, les débits mesurés sont dissociés de pluies enregistrées par le pluviomètre.

Par contre, de nombreuses pluies n'ont pas provoqué de variations de débit au point 1.

La période de temps sec a favorisé l'infiltration des eaux et il n'y a pas eu d'évènements pluvieux significatifs en août et septembre (pas d'orages).

Débitmètre DB2 :

Les vitesses par temps sec sont faibles. Elles varient de 5 à 10 cm/s entre le début et la fin de l'étude.

Les valeurs négatives de vitesses sont dues à un contre courant généré en rive droite, coté où se trouve la sonde. Ce constat n'a pu être établi qu'au cours de la dernière visite alors que le débit était un peu plus important.

Il convient donc de ne pas prendre en compte ces mesures. Par contre, elles sont indicatrices d'une augmentation du débit. Le débit retrouve des valeurs positives qu'il est possible de valider pour les débits supérieurs à 500 m³/h.

Conclusion pour le débitmètre DB2

Les mesures sont valides à partir d'un débit de 500 m³/h.

Les variations d'eau provoquent parfois des contre-courants instantanés (le long des parois) qui expliquent les valeurs négatives.

RESULTATS

Malgré une prolongation importante de la campagne de mesures, peu d'évènements pluvieux de forte intensité ont été constatés.

Le graphe ci-après au pas de temps journalier, fait ressortir les quelques évènements enregistrés.

