

**SYNDICAT MIXTE POUR LE SCHEMA
D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES
EAUX DE LA LYS
(SYMSAGEL)**

**PLAN DE GESTION GLOBALE ET EQUILIBREE
DES ECOULEMENTS ET DES CRUES
DES EAUX DE LA LYS RIVIERE**

**RAPPORT DE LA PHASE 4 :
RECHERCHE ET ETUDE
D'AMENAGEMENTS ET D'OUTILS DE
GESTION**

1 ANALYSES ET PROPOSITIONS PRELIMINAIRES

1.1 DEFINITION DES ENJEUX

A différentes occasions, à partir des résultats des phases 2 et 3 de l'étude, des objectifs généraux ont été définis au cours de réunions du Comité de Pilotage, de représentants des communes, ainsi qu'avec un groupe d'agriculteurs venant des deux sous-bassins désignés comme zones pilotes pour les aménagements anti-érosifs.

Des versions préliminaires des propositions d'aménagements ont été proposées à l'occasion des réunions suivantes :

<i>Date</i>	<i>Lieu</i>	<i>Réunion</i>	<i>But</i>
14-04-04	Delettes	Comité de Pilotage	Définition d'objectifs globaux
12-05-04	Aire-sur-la-Lys	Comité de Pilotage	Présentation des principes d'aménagements
28-06-04	Delettes	Séance information pour agriculteurs dans les SBV Fond de Dohem et Lisbourg	Information sur les principes d'aménagements dans deux bassins pilot
29-06-04	Fruges	Communes, Communautés de Communes, Comité de Pilotage	Information sur les principes d'aménagements – présentation d'une proposition d'implantation
07-10-04	Aire-sur-la-Lys	Communes, Communautés de Communes, Comité de Pilotage	Présentation d'une proposition préliminaire, définition des scénarios complémentaires et besoins au niveau de présentation des résultats pour permettre le choix d'une proposition finale

Les conditions cadre et objectifs globaux formulés peuvent se présenter de la façon suivante :

1.1.1 Période de retour de protection

Les modélisations hydrologiques et hydrauliques ont fait apparaître des différences considérables en termes de périodes de retour dans le bassin de la Lys. En effet, la morphologie très étendue du bassin, sa longueur et les distances de transfert des crues génèrent des différences fortes de volumes transités, ainsi que des décalages temporels des précipitations. En conséquence, les réponses hydrauliques peuvent varier de façon importante en différents points du bassin.

Ceci est illustré par le fait qu'on observe d'importantes différences dans les périodes de retour calculées à partir des hydromètres de Lugy et de Delettes. Dans la mesure où des événements de périodes de retour 10 ans, à Lugy comme à Delettes, posent des problèmes dans de nombreuses parties du bassin, que ce soit dans la partie amont ou intermédiaire, il a été décidé d'utiliser un événement de période de retour décennale comme événement de référence.

1.1.2 Zones à protéger

Les enjeux concernant les grands centres urbains se situent dans les vallées principales. Il a donc été décidé de protéger certaines zones dans les vallées où des groupes de maisons constituent un risque majeur. De l'amont à l'aval, ces zones sont les suivantes :

- Fruges ;
- Matringhem ;
- Delettes ;
- Coyecques ;
- Théroouanne ;
- Mametz.

D'autres enjeux plus isolés, comme à Dennebroeuq et dans d'autres villages en aval, vont bénéficier des protections réalisées au niveau des enjeux majeurs cités ci-dessus.

En complément, concernant les problèmes spécifiques au ruissellement, deux sous-bassins versant situés à l'amont de centres d'habitations ont été sélectionnés comme secteurs « pilotes » afin d'élaborer une proposition d'aménagements agri-environnementaux, et d'initier la discussion avec les agriculteurs des deux secteurs : cela concerne les sous-bassins de Fond de Dohem et de la Lys Amont (Vallée de Laires), respectivement à l'amont des zones urbaines de :

- Delettes ;
- Lisbourg.

1.1.3 Débits restitués à l'exutoire de la zone d'étude

Parmi les objectifs globaux définis au cours des réunions, nous voulons arriver à une réduction des débits de pointe à Delettes en dessous de la valeur critique de $20\text{m}^3/\text{s}$. Ces débits atteignant couramment près de $30\text{m}^3/\text{s}$. Ainsi, pour une durée de crue de 2 à 3 jours, ceci correspond à un stockage temporel de l'ordre de $2.000.000\text{ m}^3$

La modélisation de scénarios doit montrer si Ce dernier volume est à considérer indépendamment des rétentions supplémentaires effectuées dans les bassins latéraux par le biais de mesures à plus petite échelle, ainsi que des pratiques agronomiques adaptées.

A partir d'une proposition préliminaire, les différents acteurs ont eu l'occasion de commenter le positionnement des différents aménagements, et par ce biais de faire part des perspectives de développements urbains ou de

projets de restructuration des espaces, ou bien de proposer des localisations complémentaires ou alternatives, en tenant compte de meilleures conditions morphologiques (ravines, par exemple à Lisbourg et Fond de Dohem ; étangs des carrières abandonnées à Mametz et Rebecque) ou des zones réservées, déjà inscrites dans le PLU (par ex. le secteur amont de Fruges).

1.2 INVENTAIRE DES SITES OU SECTEURS D'AMENAGEMENT POSSIBLES ET DES CONTRAINTES LIEES A CES SITES

L'inventaire est présenté sous forme cartographique, ce qui a permis comme indiqué d'évaluer et d'améliorer la proposition d'implantation des différents aménagements possibles. Cette cartographie des aménagements envisagés dans le cadre de l'étude hydraulique menée sur le bassin versant de la Lys rivière a été élaborée à partir de trois types d'aménagements qui sont commentés ci-après.

La cartographie et la sélection des sites sont basées sur les résultats des phases précédentes, et selon les principes détaillés ci-dessous.

1.2.1 Démarche générale

Pour une meilleure compréhension, nous avons choisi de regrouper les différents types d'aménagements proposés selon 3 catégories, en fonction des moyens de mise en œuvre et des effets attendus :

A. Solutions de type "S" - Pédo-Agricoles :

- Orientation des labours ;
- Séquence de labourage ;
- Reprise des sols après culture ;
- Méthodes alternatives – Simplification du travail du sol ;
- Cultures intermédiaires pièges à Nitrate (CIPAN), Intercultures de Couverture.

Remarque : la mise en place de telles pratiques dépend bien sûr de chaque agriculteur, qui choisira la solution la plus adaptée en fonction des problèmes qu'il rencontre ou qui existent en aval, de l'organisation de son calendrier cultural et du matériel dont il dispose. Des organismes professionnels comme la Chambre d'Agriculture proposent un suivi et effectuent des activités de conseil auprès des agriculteurs.

B. Solutions de type "H" - Hydrologiques :

- Aménagement de digues (avec ajutage et/ou déversoir) :
 - En plein-champ ;
 - Digue-seuil dans chemin creux ;
- Mise en place de plis dans les fonds de talweg ou les chemins creux ;
- Aménagements de bandes enherbées ;
- Création de haies simples ou talutées (systèmes haie-talus-fossé) ;
- Création de fascines interparcellaires ;
- Mise en place de diguettes en ballots de paille ;
- Creusement de fossés drainants ou de stockage ;

Remarque : Dans l'enceinte des parcelles agricoles ces aménagements doivent être impérativement validés par les propriétaires/exploitants et par les associations professionnelles.

C. Solutions de type "P" - Hydrauliques :

- Création d'un fossé de drainage ;
- Aménagement de digues (digues longitudinales,...) ;
- Aménagement de noues d'infiltration ;
- Curage ;
- Bassin de Rétention (BDR) avec ajutage et/ou déversoir ;
- Zone d'Expansion de Crue (ZEC) ;
- Augmentation de gabarit des buses/passages ;
- Etranglement des buses/passages ;
- Ouvrages de régulation hydraulique (manuel, automatique,...) ;
- Autre.

Remarque : Hors des parcelles agricoles, les ouvrages relèvent d'une gestion collective, mise en œuvre avec l'aide des Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt, s'il s'agit du domaine rural, et des Directions Départementales de l'Équipement, s'il s'agit de protéger le domaine urbain.

Toutes ces propositions d'aménagements s'appuient sur une argumentation scientifique solide. De nombreux articles de recherche ont été consultés, ainsi que des organismes de recherche comme le Cemagref, l'Université d'Orléans, l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon, l'École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, ou des associations spécialisées comme l'AREAS (Association régionale pour l'étude et l'amélioration des sols). Au niveau départemental, la Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais a apporté une aide précieuse sur les aspects pédo-agricoles et financiers.

Les références des principaux ouvrages consultés sont les suivantes :

- ❑ *AUZET Véronique (Octobre 1987) - L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture – Aspects agronomiques. Organisation-Environnement, 60 p.*
- ❑ *AUZET Véronique (Octobre 1987) - L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture – Aspects aménagements. Organisation-Environnement, 40 p.*
- ❑ *BOIFFIN et al. (1988) – Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par le ruissellement concentré. INRA.*
- ❑ *BUSSIERE Marie (1996) – L'érosion des sols cultivés en France : manifestation, coûts, remèdes. Mém. DESS., Univ. Picardie Jules Verne, 136 p.*
- ❑ *DERANCOURT François - Chambre d'Agriculture du Pas de Calais, Entretien Juin 2004.*
- ❑ *ENSEEIH (2001) – Les bandes enherbées (Modes d'action, conséquences, localisation, efficacité). Travail de groupe d'élèves encadré par O. Thual et V. Estupina, 11 p.*
- ❑ *LARUE Jean-Pierre (Mars 2000) - Contribution du ruissellement concentré à l'érosion des sols sableux cultivés de l'ouest du Bassin Parisien : Exemple des bassins du Dué et du Narais. Ingénieries – EAT – N° 21 ;– p 51 à 62*
- ❑ *LUDWIG Bruno (Juin 2000) - Les déterminants agricoles du ruissellement et de l'érosion – De la parcelle au bassin versant . Ingénieries – EAT – N°22,– p 37 à 47*
- ❑ *P. MARTIN et al. (2000), Ruissellement agricole : cerner les marges de manœuvre par une modélisation des pratiques de production ; Ingénieries – EAT – N° 23, septembre 2000 – p 25 à 37*
- ❑ *P. MARTIN et Al. (2001), Agricultural Field State and Runoff Risk : Proposal of a Simple Relation for the Silty-Loam-Soil Context of the Pays de Caux (France).*
- ❑ *P. MARTIN et Al.(.), Management of soil surface characteristics for soil and water conservation, case of a silty loam region : the Pays de Caux.*
- ❑ *P. MARTIN (1999), Reducing flood risk from sediment-laden agricultural runoff using intercrop management techniques in northern France ; Soil and Tillage Research 52, 233-254*

- *J.F. OUVRY (1990), Effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré. Expérience du Pays de Caux (France) ; Cahier ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, n° 1-2, 157-169*

A partir de ces articles scientifiques, des fiches techniques ont été élaborées pour chaque type d'aménagement, avec une description des aménagements et des effets qualitatifs et parfois quantitatifs avérés. Ces fiches sont disponibles en annexe du rapport de la phase 5 de la présente étude.

Globalement, la démarche retenue pour réaliser les cartes de proposition d'aménagement s'appuie sur quatre grands principes :

- **identifier** d'abord les différentes zones suivant les processus dominants, tant du point de vue de la formation du ruissellement que de l'érosion elle-même (travail à l'échelle du bassin versant, unité spatiale de base).
- **protéger** le sol de l'impact de la pluie.
- **retarder** et **réduire** la formation d'un écoulement superficiel : augmenter la capacité d'infiltration et la capacité de stockage - accroître la protection et la résistance des zones où les conditions morphologiques peuvent favoriser l'incision.
- **réduire** les capacités de détachements et de transport du ruissellement en limitant sa vitesse et sa concentration.

1.2.2 Aménagements diffus – y inclus les aménagements agri-environnementaux ou pédo-agricoles

Disposés sur tout le territoire, ils sont destinés à ralentir et réduire le ruissellement dans les terres arables situées sur les versants. Ils consistent à mettre en place des barrières naturelles visant à diminuer la vitesse d'écoulement et l'érosivité du ruissellement, et à favoriser l'infiltration. La localisation de ces aménagements s'appuie sur le morcellement des parcelles issu des photos aériennes de la campagne 2000. Une attention particulière a été portée aux zones indiquées comme « points noirs » lors des enquêtes auprès des communes (Phase 1) et des zones caractérisées par une sensibilité élevée à l'érosion (Phase 2).

Une première proposition a été présentée aux agriculteurs au cours d'une réunion le 28 juin 2004, pour les deux secteurs pilotes : les SBV Fond de Dohem et Lys Amont (Vallée de Laires).

Bien qu'il existe un accord global sur les différents types d'aménagements, ainsi que sur leur efficacité et sur la nécessité de les implanter avec une forte densité et une bonne répartition, il est apparu clairement que les photographies aériennes n'étaient pas un outil suffisamment précis et, datant d'une campagne effectuée courant 2000, pas suffisamment récent pour pouvoir pleinement prendre en compte les conditions de terrain.

C'est pourquoi cette carte a un caractère indicatif et préliminaire, focalisée sur le nombre, la nature et la densité des différentes mesures. Pour les deux secteurs pilotes, une carte détaillée a été réalisée à partir de reconnaissances de terrain précises réalisées courant juillet 2004, et prenant en compte les remarques formulées lors de la réunion des 28 et 29 juin 2004.

1.2.3 Bassins de rétention (BdR)

Ils sont situés sur les axes de ruissellement les plus importants des sous-bassins versants. Leur répartition a été élaborée à partir de l'objectif visant à réduire de 50% les débits de pointe des crues de période de retour décennale (10 ans).

En d'autres termes, l'objectif à atteindre consiste à stocker temporairement la partie du volume des crues qui est supérieure à 50% du débit de pointe, et ce pour une crue décennale produite dans le SBV. Des ouvrages de rétrécissement / étranglement seront donc conçus de telle sorte que le débit maximal dont ils permettront l'écoulement soit égal à 50 % du débit de pointe de la crue de projet.

La proposition concerne des bassins présentant une hauteur maximale de la digue de 2 m.

Une première proposition d'implantation a été présentée à la réunion du 29 juin 2004. Cette proposition correspond à un volume total d'à peu près 800.000 m³, ce qui correspond à un seuil de 55%. Comme le calcul des volumes se base sur le modèle Numérique de Terrain de l'IGN qui est peu détaillé, un grand biais avec la situation actuelle est possible et doit être pris en compte durant les phases d'avant-projet et de projet. La modélisation des scénarios permettra d'indiquer si ce volume suffit à écrêter les pics de crues dans les vallées ou si des zones additionnelles sont nécessaires. Ceci sera confirmé ou modifié par la modélisation en cours, en fonction de la contribution désirée ou nécessaire des aménagements à la réduction des inondations dans les vallées principales.

Basée sur ce seuil, la présente proposition est représentée sur la carte ci-jointe afin d'initier et de favoriser la réflexion qui doit conduire à identifier les zones les plus appropriées en fonction des opportunités (espaces disponibles, occupation des sols) et des incompatibilités et des gênes afférentes au territoire des communes concernées. La proposition a essayé de prendre en compte l'accessibilité de la digue et l'ouvrage d'étranglement. Très souvent, les zones seront situées en amont des bermes existantes – il faut noter que le remblai des ouvrages linéaires (route, voies ferrées...) n'est pas conçu pour servir de barrage ou de digue, donc un renforcement ou une nouvelle construction sera nécessaire. Mais d'un point de vue paysager, l'emplacement à la hauteur des bermes existantes est plus intéressant.

Le résultat final sera une proposition de volume de stockage pour chaque SBV, correspondant à un écrêtage adéquat des crues.

1.2.4 Zones d'expansion des crues (ZEC)

Nous tenons à rappeler que ces propositions de ZEC ne font que reprendre des zones naturellement inondables, afin d'en adapter le fonctionnement lors des crues, pour atteindre les objectifs de protection en aval ; la principale conséquence des modifications étant une fréquence et une durée d'inondation probablement plus importante, et, plus rarement, une extension supplémentaire des zones inondables et une hauteur de submersion plus élevée. Il est également important de rappeler que la vocation agricole ou sylvicole de ces espaces, ne sera pas remise en cause par l'éventuel aménagement des ZEC, qui ont précisément pour but d'éviter des aménagements plus artificiels, plus dégradants pour l'environnement et les activités humaines.

Situées dans le fond des vallées de la Traxenne, de la Lys et la Liauwette (vallées principales), elles doivent permettre de stocker l'eau temporairement dans des zones inondables naturelles.

La création de digues aval et d'ouvrages d'étranglement/rétrécissement doivent permettre de conforter la situation actuelle en allongeant les périodes de stockage. Ces aménagements permettront également de stocker la partie des écoulements supérieurs à un débit critique, déterminé à l'aide du modèle mathématique, et ce afin d'éviter toute inondation en aval. En cas de précipitations exceptionnelles, un déversoir d'urgence, combiné avec d'éventuelles digues de protection, permettra d'éviter les problèmes d'inondation dans les zones amont de l'ouvrage.

Il est clair que l'implantation des ouvrages de gestion de l'eau pour lutter contre les inondations ne doit pas générer d'autres risques, il faut prendre en compte le fait que la rupture d'un barrage ou d'une digue peut causer des inondations au niveau de zones habitées.

La proposition concerne un volume d'environ 3.000.000 m³ ce qui est nettement plus élevé que le volume cherché, et permet de faire une sélection des zones, en fonction des exigences territoriales et de l'efficacité. La proposition se base sur une analyse SIG cartographiant les zones inondées à l'amont des digues hypothétiques, en se basant sur le MNT réalisé à partir d'un relevé photogrammétrique de la vallée datant de 1996. Seule une modélisation hydraulique peut confirmer la nécessité ou l'efficacité de ces ouvrages. Il est important de préciser que ce n'est pas un volume additionnel, mais un volume dont l'écoulement sera retardé et dont le débit sera réduit. Il faut prendre en compte que par mesure de sécurité, la revanche sera toujours au minimum égale à 50 cm.

En ce qui concerne les diguettes de sécurité, les mesures nécessaires à la prévention des inondations par ruissellement des terrains des versants doivent être comprises dans les projets.

Le modèle hydraulique permettra de confirmer ou de modifier le volume considéré.

1.3 PROPOSITIONS DE SOLUTIONS ET CONSTRUCTION DE SCENARIOS

1.3.1 Propositions de solutions

Une première proposition des aménagements a été présentée aux communes possédant plus de 2 km² de leur surface dans le bassin versant, afin d'amorcer la discussion et la réflexion. Les communes ont ainsi eu la possibilité de faire des commentaires, de fournir des informations qui ont été prises en compte lors de la construction des scénarios – dans la mesure possible en fonction de la capacité hydrologique et hydraulique du système.

<i>Commune</i>	<i>Code INSEE</i>	<i>Surface totale km²</i>	<i>Surface sur le bassin – km²</i>	<i>Bassin/total</i>	<i>Commentaires reçus</i>
Fruges	62364	18.904	18.904	1.000	X
Lisbourg	62519	18.011	15.299	0.849	X
Audincthun	62053	15.310	15.107	0.987	
Coupelle-Vieille	62248	14.856	14.853	1.000	
Coyecques	62255	13.988	13.968	0.999	X
Delettes	62265	14.698	12.149	0.827	X
Aire sur la Lys	62014	33.112	10.804	0.326	X
Verchin	62843	10.741	9.932	0.925	X
Thérouanne	62811	8.886	8.475	0.954	X
Enguinegatte	62294	8.980	6.646	0.740	X
Reclingham	62696	6.135	6.006	0.979	
Roquetoire	62721	10.891	5.745	0.527	
Dohem	62271	9.178	5.391	0.587	
Mametz	62543	9.714	5.115	0.527	X
Rebecques	62691	5.029	5.024	0.999	X
Radinghem	62685	4.936	4.936	1.000	
Senlis	62790	4.935	4.935	1.000	
Hézècques	62453	4.917	4.916	1.000	
Clarques	62226	7.188	4.618	0.642	
Matringhem	62562	4.358	4.349	0.998	
Crequy	62257	20.530	4.343	0.212	
Vincy	62862	4.709	3.940	0.837	
Dennebroeucq	62267	3.699	3.699	1.000	X
Laires	62485	8.681	3.499	0.403	
Canlers	62209	3.632	3.267	0.900	X
Coupelle-Neuve	62247	4.592	3.024	0.659	
Lugy	62533	2.865	2.865	1.000	
Predefin	62668	3.918	2.097	0.535	
Mencas	62565	2.045	2.045	1.000	

1.3.2 Types de scénarios

Les scénarios consisteront en un seul ou en une combinaison des différents types d'aménagements présentés ci-dessous.

Scénario ZEC

C'est le scénario de base, élaboré à partir du modèle hydrodynamique de la situation actuelle. De l'amont vers l'aval, ce scénario consistera en l'implémentation des ouvrages hydrauliques à fonctionnement complexe dans les zones d'expansions de crues.

Scénario et Variantes BdR

A partir du modèle de la situation actuelle ou en complément du scénario ZEC, cette scénario étudiera la situation une fois la réalisation achevée des bassins de rétention à un certain seuil d'écêtement: ce scénario consistera en une modélisation hydrodynamique avec des hydrogrammes transformés.

Scénario et Variantes Aménagements diffus

(modification des pratiques culturales et techniques de rétentions diffuses et/ou d'infiltration)

Ces scénarios consistent en l'évaluation de la situation après la réalisation des aménagements diffus : modélisation hydrodynamique avec hydrogrammes réduits (Coefficient de Ruissellement diminué d'un certain pourcentage par rapport au coefficient actuel) à partir des modèles de la situation actuelle et des variantes BdR. Les détails de simulation de ces variantes sont donnés ci-après.

2 DIMENSIONNEMENTS ET SIMULATIONS DES SOLUTIONS ET SCENARIOS

2.1 SCENARIO ET VARIANTES AMENAGEMENTS DIFFUS

A l'heure actuelle il n'existe pas de méthodes ou de mesures suffisantes pour déterminer de façon précise la réduction du ruissellement par de tels aménagements à l'échelle d'un grand bassin versant. Il existe des modélisations extrêmement précises à l'échelle d'un versant, voire d'un petit sous-bassin, mais leur mise en œuvre est extrêmement laborieuse et demande un niveau de détails que la présente étude ne peut s'offrir.

Malgré cette absence de données quantitatives précises, les effets de tels aménagements sur la diminution du ruissellement sont tout à fait reconnus et avérés, à partir de mesures réalisées à des échelles expérimentales. (Voir références articles de recherche, Paragraphe 1.2.1). Quoi qu'il en soit, pour ce type d'aménagements diffus, une quantification précise des effets à l'échelle d'un grand bassin versant (en fonction de la densité des ouvrages, de l'intensité et du degré d'application des mesures alternatives (pourcentage de couverture du sol) ...) est extrêmement variable et hasardeuse. On peut néanmoins retenir que pour des aménagements diffus bien choisis et positionnés, on peut compter sur une diminution moyenne du ruissellement de 15 à 30%.

Pour la présente étude, ce scénario sera donc considéré comme une variante du modèle de la situation actuelle et des variantes bassins de rétention, dans laquelle les coefficients de ruissellement seront diminués. Concernant l'élaboration de ces aménagements diffus, l'attention est portée sur la sélection précise des localisations où ces aménagements auront les effets les plus bénéfiques.

Comme cela est mentionné dans la littérature scientifique (paragraphe 1.2.1), une réduction moyenne du coefficient de ruissellement de 15 à 30 % peut être attendue. Les techniques de SIG permettent de faire une estimation de la distribution spatiale de ces réductions en fonction du type de culture et des pratiques agricoles. Mais la valeur d'une telle estimation spatialisée peut être remise en question dans la mesure où il n'existe aucune calibration par le biais d'indicateurs de suivi. C'est pourquoi nous avons préféré, comme variante des autres scénarios, proposer une réduction globale de 15% du coefficient de ruissellement.

Le résultat de ce scénario est représenté par le biais d'une cartographie réalisée à l'échelle parcellaire à partir des photographies aériennes, pour l'ensemble du bassin-versant, et en tenant compte des remarques émises par les différentes communes concernées.

Pour les deux sous-bassins pilotes (secteurs comportant des problèmes de ruissellement avérés : sous-bassins Fond de Dohem et Lisbourg Amont-Vallée de Laires), un travail de terrain approfondi a été mené. Pour ces deux secteurs critiques, des descriptions détaillées des aménagements et mesures ont été élaborées (Rapport de Phase 5). Des fiches générales pour chaque type d'aménagement ou d'ouvrage diffus ont été rédigées, accompagnées qu'une description des effets attendus et de l'efficacité de ces aménagements, pour chaque unité hydrologique de ces deux SBV.

Scénario et Variantes BdR

Afin de dimensionner les volumes requis pour écrêter les pics de crue, les événements pluvieux des 25-02-2002 et 02-03-2002 observés à Lugy ont été choisis et multipliés par 1.118 afin de les ramener à un événement pluvieux de période de retour décennale. Un modèle hydrologique a été utilisé afin de calculer le ruissellement déduit de la pluie correspondante pour un petit sous-bassin. La réponse de ce sous-bassin a été par la suite utilisée pour déterminer un hydrographe de réponse unitaire, qui a permis par la suite de déterminer le ruissellement pour chacun des sous-bassin versant, et ce en fonction de sa surface comparée à celle du bassin unitaire.

La *Figure 2-1* et le *Tableau 2-1* illustrent le principe utilisé. Pour des événements pluvieux de période de retour 10 ans, 60m³ par hectare doivent être stockés afin d'assurer l'écrêtage de 50% du débit de pointe.

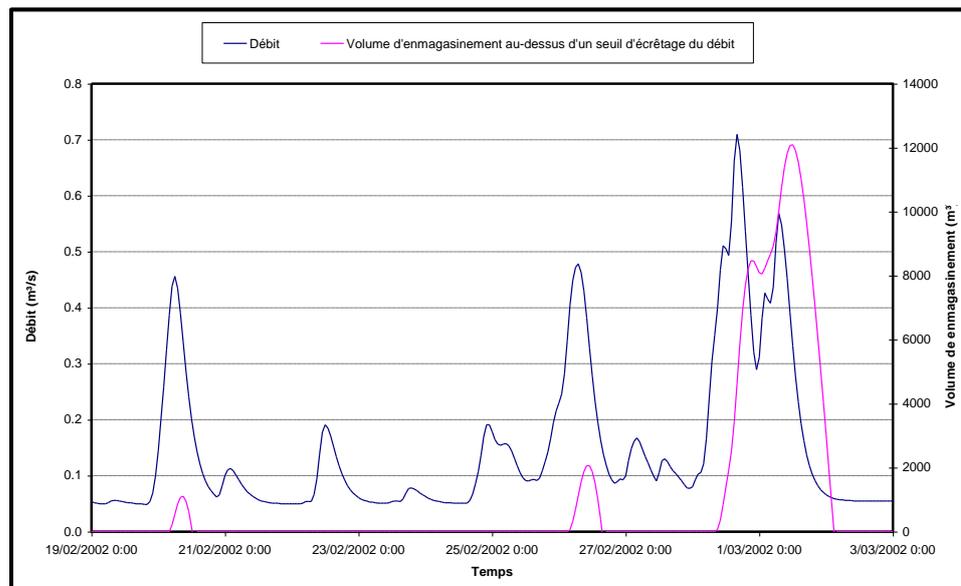


Figure 2-1 : exemple de calcul du volume d'enmagasinement nécessaire pour écrêter 50% du débit décennal (sous-bassin a superficie de 200 ha)

Seuil en % du débit décennal	Volume d'enmagasinement nécessaire (m ³)
60	19430
50	12092
40	5362

Tableau 2-1 : Volume d'enmagasinement

Chaque bassin de rétention devra être équipé d'un ouvrage d'étranglement permettant un débit de fuite maximum égal à 50% du débit décennal. Tous les volumes de ruissellement supplémentaires seront stockés de façon temporaire dans le bassin et seront relâchés avec un débit au maximum de 50% du débit décennal. La Figure 2-1 illustre le principe de réduction du débit de pointe, et paradoxalement l'allongement non négligeable de la durée de la crue.

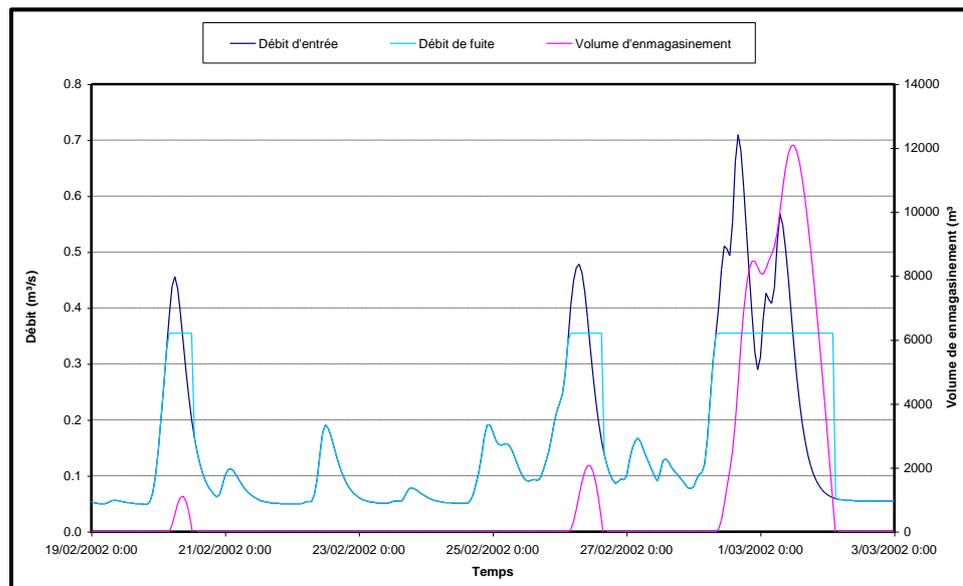


Figure 2-2 : débit de fuite du bassin de rétention

Tandis que la valeur de $60\text{m}^3/\text{ha}$ est utilisée pour déterminer le volume de stockage nécessaire, la valeur de 50% de 3.5 l/s/ha est utilisée pour déterminer le débit de fuite maximum. L'ouverture (diamètre) de la buse est choisie de manière à ce que le débit maximum acceptable soit atteint seulement lorsque le niveau du seuil de sécurité sera atteint. En prenant une différence de niveaux maximum de 2 m (seuil de sécurité de la digue) et en utilisant différentes équations d'orifices et ponceaux de 10m de long maximum, le calcul conduit à une réduction graduelle du diamètre intérieur jusqu'à la valeur de 225 mm pour une surface drainée de 100 ha.

2.2 CONSTRUCTION DES DIFFERENTS SCENARIOS ET DISCUSSION DES RESULTATS

2.2.1 Lys Rivière

Scénario ZEC

Ce scénario complexe est constitué de différentes variantes. Un chapelet de ZEC peut être positionné dans les différentes zones en optimisant la zone d'expansion de crues naturelle, permettant ainsi de stocker plus d'eau.

De l'amont vers l'aval, différentes zones sont introduites graduellement dans le modèle, permettant, étape par étape d'évaluer l'efficacité de l'extension du chapelet. Pour chacune de ces simulations, l'effet sur la réduction de la quantité d'eau du côté de l'aval est évalué.

Chaque variante consiste en l'introduction d'un clapet ou d'un système de clapets automatiques, réglés par le niveau d'eau dans un nœud aval. Dans la plupart des cas c'est un nœud critique, et les règles d'opération des clapets sont définies de façon qu'on ferme graduellement le clapet dès qu'une cote spécifique est atteinte. Ainsi cette technique permet de générer des inondations contrôlées dans la zone amont du clapet. Le niveau maximal d'emmagasinement est limité par la hauteur du clapet ou par un déversoir de sécurité, qui est choisi afin de ne pas inonder des zones à enjeux importants dans la partie amont.

Car il s'agit des inondations contrôlées dans le reste du texte on fait référence aux ZEC.

No°	Nœud	Scénario	Rivière	Capacité (m³)	Id
A14_06	H44	Amont de Basleau	Traxenne	78156	23
A14_07	H48F91	Amont de Gourguesson	Traxenne	77488	1
A14_08	H16	Aval de Verchin	Lys Amont	58812	19
A14_09	H21F17	Amont de Matringhem	Lys intermédiaire	277940	33
A14_10	H55F48	Nouveauville	Lys intermédiaire	90056	38
A14_13d	H56F52D	Amont de Coyecques	Lys intermédiaire	172326	39
	H58	Amont de Semblethun		91996	40
Total à Delettes				846774	
Total à Théroouanne				1144562	

On peut noter que toutes les zones sélectionnées sont situées dans la partie amont ou intermédiaire du bassin. En effet, c'est dans cette partie que l'apport hydrologique est le plus important. Ainsi, cela permet de réduire effectivement les pointes de l'amont vers l'aval et d'écarter toujours plus en aval les apports hydrologiques additionnels. Ainsi, on peut obtenir une situation avec des niveaux d'eau significativement plus bas bien que cela entraîne une durée des pointes plus longue.

Avec le chapelet proposé on peut obtenir un ralentissement significatif des pointes des crues. La valeur d'emmagasinement exprime cet effet. Elle se distingue de la capacité propre d'une ZEC qui est définie comme la volume entre le fond de la vallée et la hauteur maximale obtenue dans le bassin. L'emmagasinement est défini comme la différence positive entre les débits cumulés de la situation sans et avec régulation.



Exemple des règles :

```

Rule1
IF (HEAD(H21F17D) .LT.77.3)
THEN POSITION = 0
END
Rule2
IF (HEAD(H21F17D) .LT.77.4 .AND. HEAD(H21F17D) .GE.77.3)
THEN POSITION = .50
END
Rule3
IF (HEAD(H21F17D) .LT.77.5 .AND. HEAD(H21F17D) .GE.77.4)
THEN POSITION = 2
END
Rule4
IF (HEAD(H21F17D) .LT.77.55 .AND. HEAD(H21F17D) .GE.77.5)
THEN POSITION = 3
END
Rule5
IF (HEAD(H21F17D) .GE.77.55)
THEN POSITION = 3.7
END

```

Pour les trois ZEC sur les branches amont de la Traxenne et de la Lys Amont, on a introduit des clapets avec une largeur de 2 m. Pour les autres, la largeur des clapets est de 6m.

Chaque clapet a une longueur de 4m50 et une hauteur en position maximale de 3m70. La vitesse de mouvement est de 1 mm/s. Le pivot se trouve en position légèrement surélevée par rapport au lit mineur.

- Id 23 A15sc\A14_06 :
Vannage à H44
Régulation sur H44F70U à 99.8m
Pivot : 100.8 m

Avec un déversoir de sécurité, on obtient des niveaux de 104.063 m. La réduction des pointes dans la rue de Marais est de 8 à 9 cm.

La géomorphologie de la vallée permet d'emmagasiner jusqu'à 105 m. Cela permet d'obtenir, sans déversoir, des niveaux de 104.188 m et ainsi une réduction de 16 cm dans la rue de Marais.

Cependant, un emplacement plus aval permettrait des réductions encore plus significatives.

- Id 1 A15sc\A14_07 :
Vannage à H48F91
Régulation sur H48F91D à 85 m
Pivot : 83.3
Niveau maximal 87m76 (niveau sol 85.436)

Avec un déversoir de sécurité positionné à 87.3m, le niveau atteint sera de 87.65 m. Le niveau à la hauteur du pont de Lugy est réduit d'une quinzaine de centimètres.

- Id 16 A15sc\A14_08 :
Vannage à H16
Régulation sur H16D à 91.35
Pivot : 89.7
Niveau maximal : 91.153, niveau sol : 92.14m, déversoir de sécurité à 94.05m. Cela permettrait une réduction du point au pont de Lugy de 83.125 m à 82.853 m.

- Id 33 A15sc\A14_09 :
Vannage à H21F17
Régulation sur H21F17D à 76.7
Pivot : 77.55 m
Un bassin en cuvette de 78.117 à 77.586 m

Sans déversoir de sécurité le niveau d'eau atteint est de 80.2 m. Si on modélise un déversoir à 79.3 m, on obtient un remplissage à 79.949 m

Au niveau du Pont de Matringhem, on obtient une réduction de niveau de 76.984 à 76.518m.

Au niveau du Pont (du Parc d'Attraction) à Dennebroeucq, la réduction sera de 64.995 à 64.524m.

- Id 38 A15sc\A14_10 :
Vannage à H55F48
Régulation sur H55F49U à 48.8 m
Pivot : 50.5 m
Déversoir de sécurité à 53
Niveau de sol à 51.632
Niveau maximal à 53.552

Lors d'un remplissage rapide, la régulation s'effectue sur l'onde de crue plutôt que sur les hydrogrammes. Pour cette raison, un remplissage lent n'est pas possible, sauf avec une digue ou déversoir plus élevé.

Le bassin Id 39 situé juste en amont de Coyecques présente une grande capacité. En raison de la réduction des niveaux de pointes importantes déjà obtenue, cette zone ne doit pas être intégrée dans le chapelet des ZEC pour la protection de Coyecques. En revanche cette zone a été introduite pour la protection de Delettes.

- A15sc\A14_13d :
Id 39 Vannage à H56F53
Régulation sur H56F52D2 à 48.5 m
Pivot : 46.3 m
Id 40 Vannage à H58
Régulation sur H60 (aval du moulin de Delettes) à 43.75
Pivot : 43.8

En utilisant la régulation, on arrive à des niveaux beaucoup plus bas dans le centre de Delettes. Pour cette raison le bassin Id 41 juste en amont de Delettes n'est pas introduit comme ZEC mais reste une zone à préserver pour des inondations naturelles.

- Id 44 A15sc\A14_14 :
A cause du transfert des crues, la réduction significative des niveaux notée à Delettes avec le chapelet A14_13d, reste très limitée à Théroouanne. Pour cette raison le bassin Id 44 a été retenu pour la protection de Théroouanne et des centres d'habitation plus aval de Crecques et de Mametz.

Entre Semblethun et Théroouanne, autour de Delettes en particulier, on constate un apport hydrologique important qui mérite d'être écrêter. Le bassin de Théroouanne présente, grâce à sa forme en cuvette, une grande capacité. Ainsi, il semble plus adapté au niveau géomorphologique que les bassins plus aval à la hauteur de Clarcques, de Crecques et de Mametz (Crecques).

L'écrêtage des apports hydrologiques du bassin amont et intermédiaire est ainsi presque complet et compris dans ce chapelet de 8 ZEC. A partir de ce point, il n'y presque plus d'apport latéral, il ne reste que l'onde de crue très aplatie pour arriver dans la partie Lys aval. Il faut donc un volume d'enmagasinement très important pour encore réduire le niveau de la crue. Pour cette raison on n'a pas inclus des bassins complémentaires aval.

Scénario BDR

- 15scBDR\A14_06 :
Ecrêtage de 40% de la pointe des hydrogrammes , laissant 60% du débit maximal (crue décennale) s'enfuir. Le débit au-dessus de ce seuil est stocké temporairement.

Variante

- 15scBDR\A14_13d :
Ecrêtage de 40% de la pointe des hydrogrammes , laissant 60% du débit maximal (crue décennale) s'enfuir. Le débit au-dessus de ce seuil est stocké temporairement. Appliqué sur le modèle aux chapelets A15sc\A14_13d.

Scénario Aménagements diffus

- 15scBDR\A14_06_1 :
Réduction des débits de pointe de 15%
Appliqué sur le modèle 15scBDR\A14_06

Variantes

- A15sc\A14_13d1 :
Réduction des débits de pointe de 15%
Appliqué sur le modèle aux chapelets A15sc\A14_13d

- 15scBDR\A14_13d1 :
Réduction des débits de pointe de 15%
Appliqué sur le modèle aux chapelets A15sc\A14_13d

Le tableau ci-dessous présente une série des niveaux (H, en m IGN69) et des débits maximaux (Q, en m³/s) aux points sélectionnés le long de la rivière. Le tableau nous montre par exemple qu'à Delettes on peut atteindre des débits inférieurs ou de l'ordre de 20 m³/s, comme cela avait été défini dans les objectif globaux.

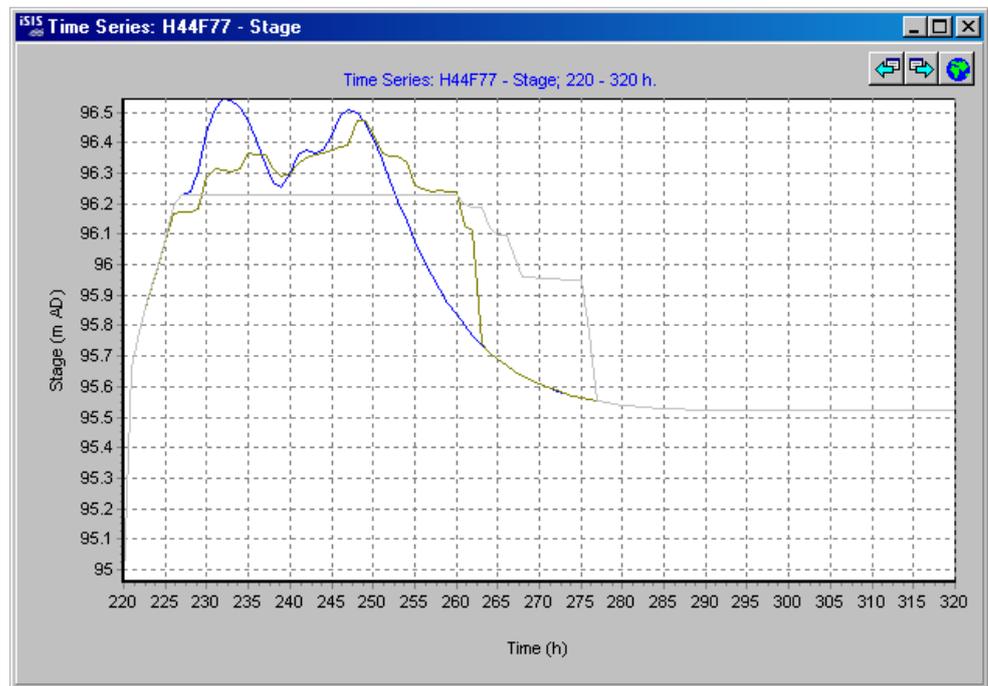
Les débits à Théroouanne, et les secteurs plus en aval sont beaucoup plus bas. Cela est lié au fait que l'écoulement ne passe pas seulement par la Lys mais également par les différentes rivières et cours d'eaux parallèles situés dans le fond de vallée.

Les différents schémas qui vont suivre traduisent graphiquement ces débits et nous permettent de visualiser le ou les impacts directs de l'aménagement sélectionné.

	Modèle/Scénario	Nœud			Fruges H44P77	Lugy H21F60	Mairinghem H21F18D	Dennebroeucq H54F33D	Coyecques H56F53	Delettes H60F63U	Théroutanne H70F66U	Crecques OA58U	Mametz H84F68U2									
		ZEC	BDR	AmD										Niveau (m, IGN69)	Débit (m³/s)	Niveau (m, IGN69)						
	A15\A14_06				96.544	8.298	83.125	23.952	76.986	25.815	64.995	24.774	48.795	32.305	42.912	32.259	36.932	11.777	30.274	22.839	25.579	19.56
1	A15\A14_06_1			X	96.468	7.063	82.988	20.472	76.838	22.133	64.79	22.192	48.112	23.581	42.813	25.975	36.868	11.012	29.762	16.132	24.95	14.389
2	15scBDR\A14_06		X		96.229	5.038	82.74	15.499	76.615	17.937	64.714	21.118	48.1	23.431	42.835	25.308	36.898	11.37	29.968	18.82	25.305	17.283
3	15scBDR\A14_06_1		X	X	96.107	4.282	82.607	13.174	76.458	15.275	64.53	18.539	47.989	20.883	42.772	23.025	36.859	10.938	29.748	15.958	24.934	14.19
4	A15sc\A14_06	X			96.471	7.146	83.05	21.976	76.925	24.107	64.928	23.975	48.45	31.352	42.905	31.712	36.913	11.547	30.218	22.161	25.536	19.304
5	A15sc\A14_07	X			96.471	7.146	82.959	19.831	76.84	22.065	64.848	23.003	48.21	25.895	42.863	29.168	36.901	11.41	30.006	19.329	25.33	17.526
6	A15sc\A14_08	X			96.471	7.146	82.852	17.606	76.723	19.952	64.796	22.304	48.147	23.581	42.846	28.13	36.895	11.341	29.963	18.75	25.276	17.066
7	A15sc\A14_09	X			96.471	7.146	82.852	17.585	76.504	16.517	64.524	18.46	47.993	21.081	42.786	24.257	36.885	11.216	29.779	16.359	25.055	15.283
8	A15sc\A14_10	X			96.471	7.146	82.852	17.585	76.504	16.251	64.519	18.463	47.79	16.629	42.702	21.623	36.874	11.087	29.722	15.581	24.905	13.813
9	A15sc\A14_13d	X			96.471	7.146	82.852	17.585	76.504	16.26	64.517	18.306	48.087	16.612	42.221	18.539	36.847	10.778	29.661	14.687	24.866	13.593
10	A15sc\A14_13d1	X		X	96.471	7.146	82.852	17.585	76.424	15.728	64.423	16.825	47.933	16.08	42.213	18.269	36.826	10.541	29.644	14.509	24.87	13.514
11	15scBDR\A14_13d	X	X		96.229	5.038	82.727	15.529	76.459	15.502	64.474	17.751	48.098	16.331	42.226	18.632	36.828	10.553	29.66	14.689	24.87	13.605
12	15scBDR\A14_13d1	X	X	X	96.107	4.282	82.608	13.176	76.315	14.776	64.34	15.352	47.919	15.777	42.221	18.444	36.808	10.346	29.641	14.51	24.842	13.52

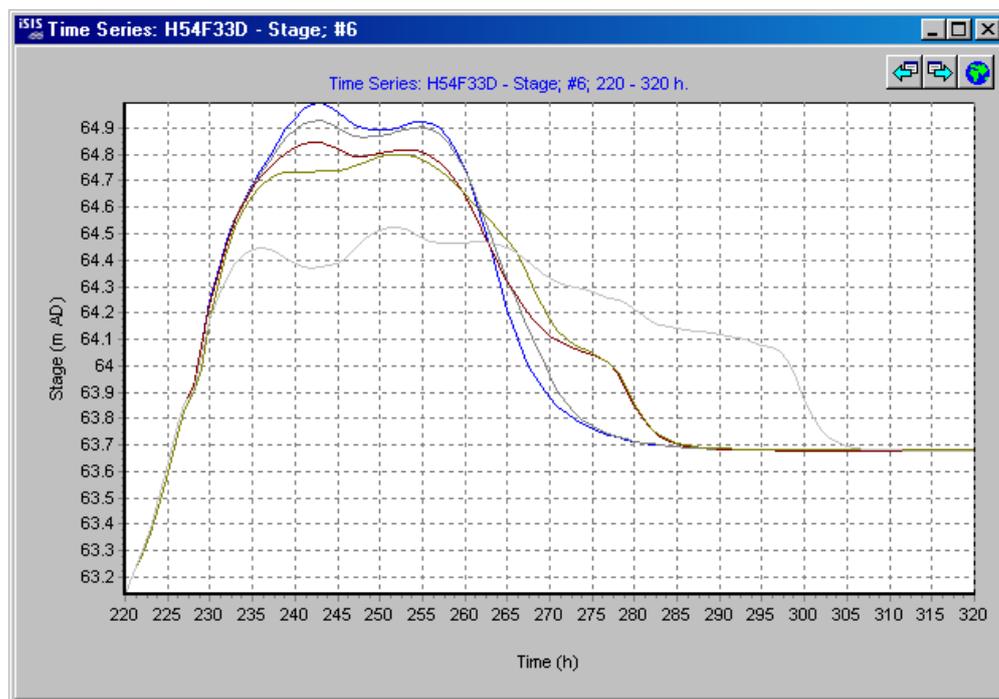
➤ H44F77 :

Réduction des pointes des débits dans la rue de Marais à Fruges avec un ZEC amont, et des bassins de rétention. La ZEC ne réussit pas à réduire significativement le deuxième pic. La réduction de la pointe se reflète dans l'augmentation de la durée de l'onde de la crue.



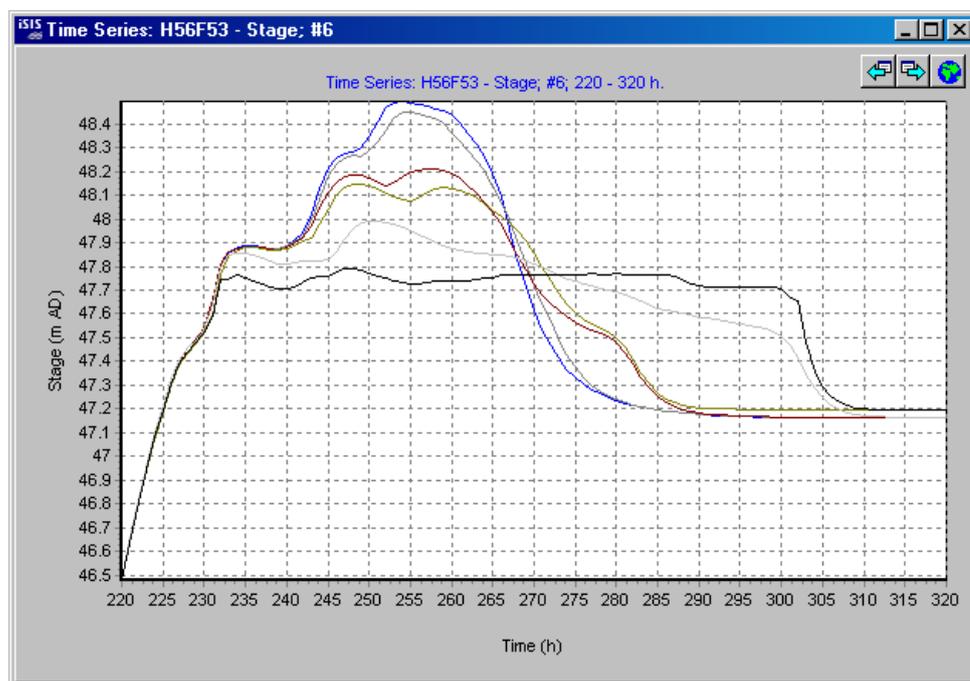
➤ H54F33D Pont de Matringhem :

Chaque ZEC amont contribue à la réduction de la pointe. La ZEC amont de Matringhem avec une ouverture réglée telle pour réduire les niveaux à Matringhem à une contribution importante.



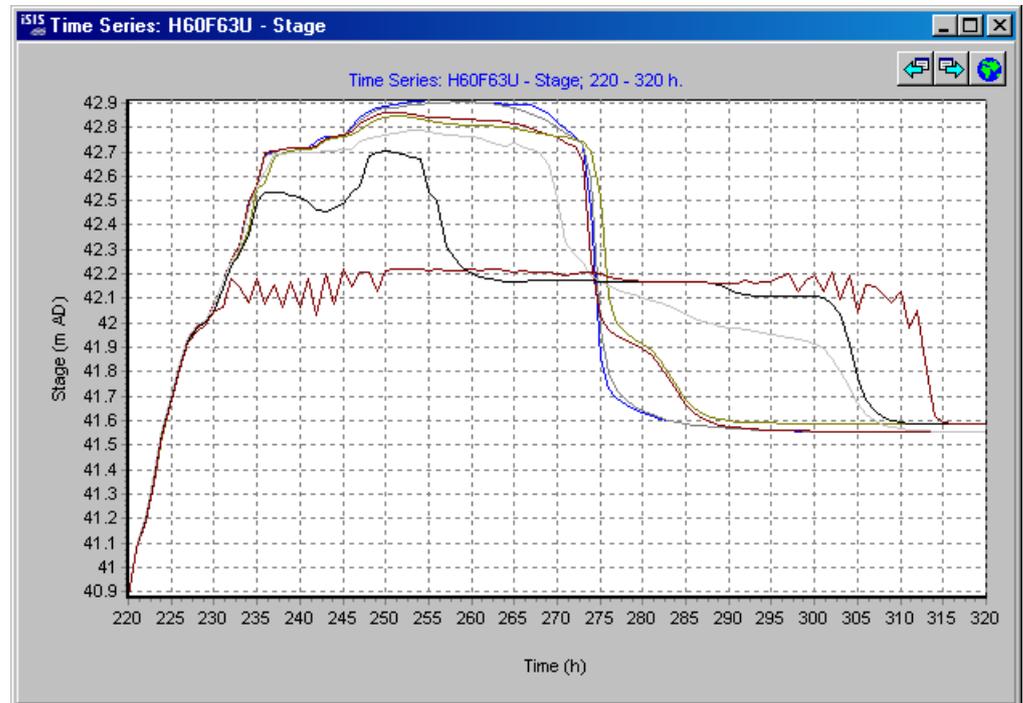
➤ H56F53 Pont de Coyecques :

On observe une réduction forte de la pointe à partir de l'intégration du bassin à Matringhem, la ZEC à Coyecques parvient à un aplatissement total de la crue.



➤ H60F63U, Pont à Delettes :

Les deux bassins amont de Delettes sont nécessaires pour pouvoir contrôler les niveaux d'eaux à Delettes.



2.2.2 La Liauwette

Dans le bassin de la Liauwette, il est possible de considérer deux zones pour envisager la construction d'une zone d'expansion des crues contrôlées. Ces deux zones sont situées entre La Jumelle et Warne. L'enjeu principal est la protection des habitations en aval de la Jumelle. Les deux zones sont situées en amont du fossé de la Cense, le seul SBV aval de taille très importante, mais se situant cependant à l'aval des SBV amont de Warne, qui représentent plus de la moitié de la superficie du bassin de la Liauwette.

Les scénarios proposés présentent des variantes d'une part avec une ou deux ZEC, et d'autre part avec ou sans combinaison d'un bassin de rétention sur la Fossé de la Cense.

	ZEC à Warne	BdR Fossé de la Cense	ZEC à Jumelle	H35	Q35
Sc10\12H45	-	-	-	21.812	2.495
Sc10\12H01	X			21.577	1.634
Sc10\12H01b	X			21.625	1.811
Sc10\12H01bdr	X	X		21.588	1.679
Sc10\12H02			X	21.590	1.610
Sc10\12H03	X		X	21.386	1.331

12H01 présente une régulation à l' hauteur de la section H28 à partir de 22.3 m. Z IGN69. Sa variante b à H28 à partir de 22.5 m. Les ZEC sont équipées d'un clapet avec une position maximale de 2m, et une largeur de 2m. Les niveaux ne dépassent pas 1 m sur le fond de la vallée.

Les volumes emmagasinés sont respectivement 38644.6 m³, 36975.6 m³ pour les variantes 1 et 2, et est de 70091.8 m³ pour le scénario 3.

On peut observer sur la figure ci-dessous que l' effet du BdR peut être complètement compris dans la régulation à la hauteur de la ZEC. La position de la ZEC n'a pas d' influence significative sur les niveaux.

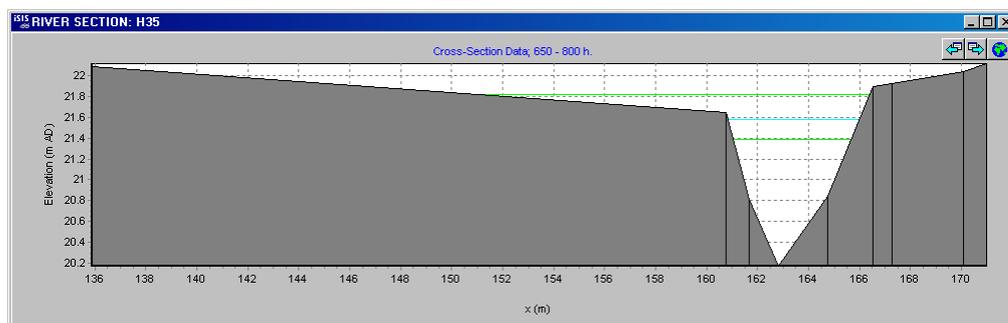
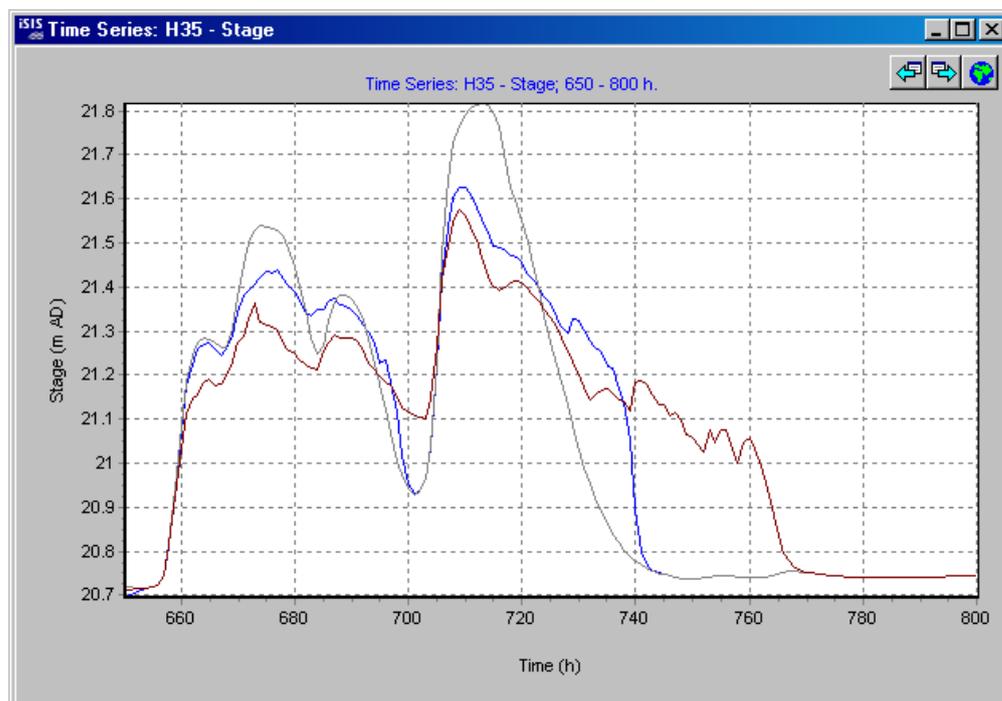
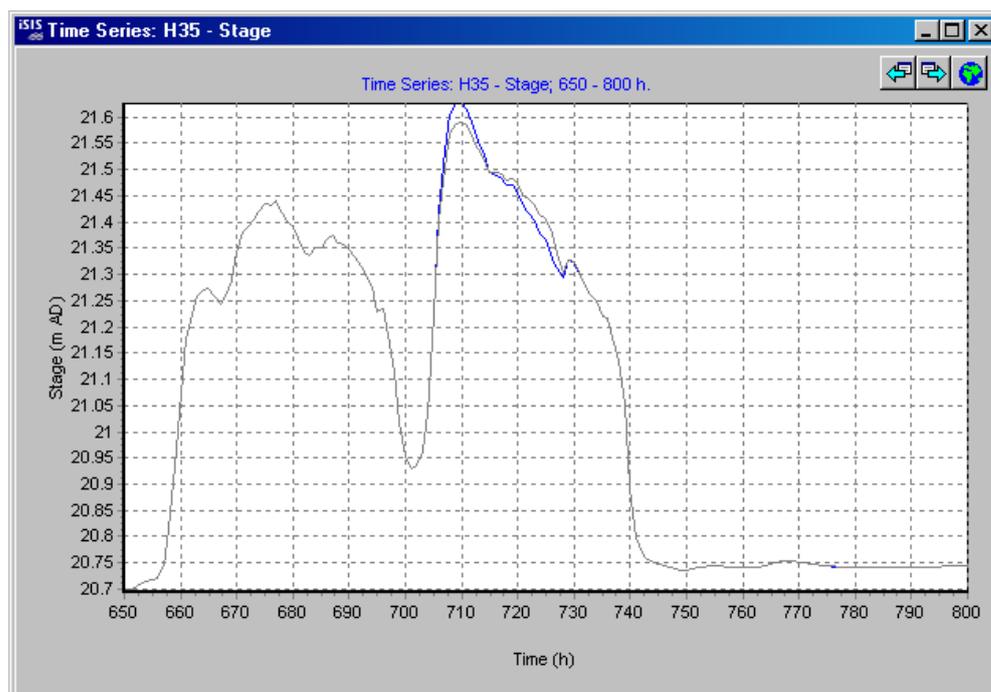


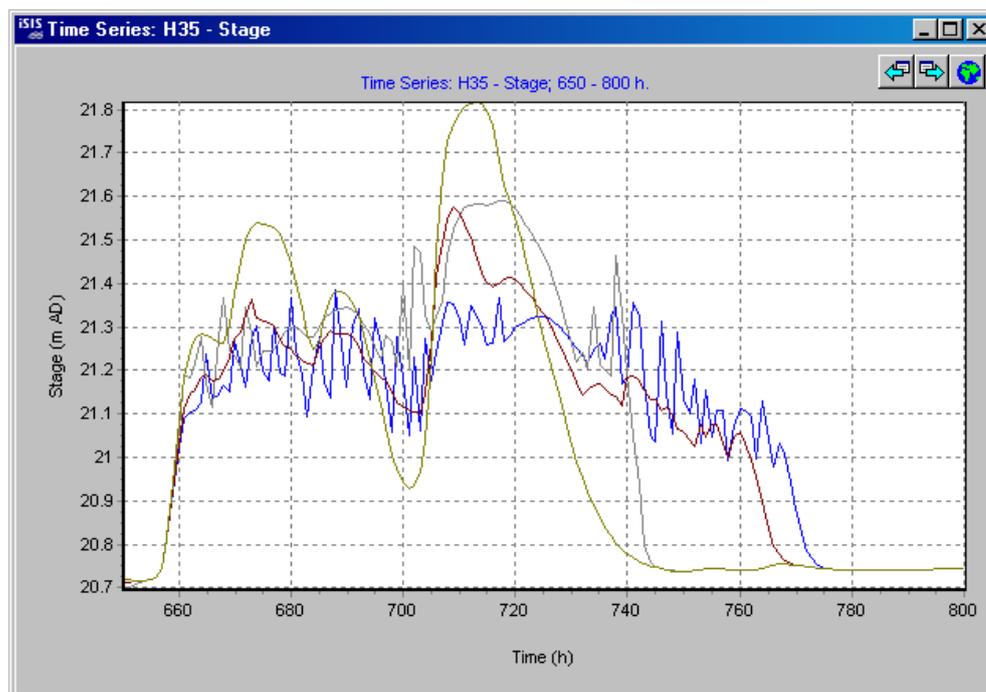
Figure: section H35 : niveaux maximaux obtenus sans aménagements, pour 12H01 et 12H03.



Comparaison entre 12H45, 12H01b et 12H01.



Effet du Bdr sur Fossé de la Cense (seuil de fuite 50% de la pointe) 12H01b et 12H01bdr.



Sans aménagement, bassin à Warne (rouge), bassin à Jumelle (gris), deux bassins (bleu).

2.3 DISCUSSION ET CONCLUSIONS PRELIMINAIRES

De manière générale, on peut marquer que :

- Un effet modéré mais sur l'ensemble des bassins amont et intermédiaire, est obtenue grâce aux **aménagements diffus**. Malgré une réduction globale, cette action seule ne suffit pas à réduire suffisamment les crues pour obtenir une situation acceptable au niveau des inondations. Dans la partie aval, où les apports hydrologiques du bassin amont et intermédiaire sont conséquents, l'effet est très important bien que difficile à quantifier sur le terrain. – donc pour la protection des zones habitables de Crecques et Mametz – Ce type d'aménagement doit être considéré comme un scénario valable.
- La construction des **bassins de rétention** a un effet très important dans la partie amont mais cet effet reste limité dans la partie intermédiaire. Dans la partie amont les BdRs doivent constituer une composante essentielle du plan pour la lutte contre les inondations.

Dans la vallée principale de la partie intermédiaire, l'effet est absorbé par le transfert de la crue. Cet effet est difficile à distinguer de celui qu'implique le chapelet des ZEC amont.

L'effet des aménagements diffus devient difficile à discerner dans la vallée principale. Néanmoins il ne faut pas oublier que dans la partie intermédiaire du bassin, les BdRs et les aménagements diffus jouent un rôle prépondérant dans la lutte contre l'érosion et les problèmes de ruissellement existant dans les bassins secondaires (p.e. Fond de Dohem). Dans la partie aval l'effet est considérable.

- L'effet des **ZEC** prend de plus en plus importance de l'amont vers l'aval, en intégrant progressivement chaque zone inondable dans un chapelet. Bien que l'effet reste limité dans la partie amont, chaque ZEC joue son rôle dans la constitution d'un chapelet efficace dans les parties intermédiaires et aval de la vallée principale. Cela justifie donc des aménagements complémentaires dans les parties amont pour arriver à une solution globale efficace.

Ainsi, à partir des résultats des simulations des scénarios et des résultats de la phase 2 (évaluation de la sensibilité à l'érosion et détermination des coefficients de ruissellement), nous pouvons déduire et conclure que :

- Pour la protection contre les inondations dans la vallée principale, une combinaison entre un chapelet de ZEC et des BdRs dans la partie amont, est nécessaire.
- Un choix équilibré des BdRs dans les vallées secondaires est impératif pour réduire l'effet de ruissellement.
- Les aménagements diffus ont un effet global sur le ruissellement (concentré) et sont par ailleurs nécessaires pour la lutte contre l'érosion. De plus, ils sont une valeur ajoutée dans les zones aval où l'apport hydrologique est négligeable.

3 SYNTHÈSE COMPARATIVE PRELIMINAIRES

Notation	Appréciation comparée à la situation actuelle
++	Amélioration considérable
+	Amélioration modérée mais notable
0	Effet limité
-	Effet négatif ou coût modéré mais notable
--	Effet négatif ou coût considérable
()	Tendance similaire mais, différences importantes dans le bassin

	Situation actuelle + aménagements en cours (p.e. remembrements recents et en cours)	Chapelet de ZEC A15sc\A14_13d	Solution BdR 15scBDR\A14_06	Aménagements diffus A15sc\A14_13dI	Chapelet de ZEC + Solution BdR 15scBDR\A14_13d	Chapelet de ZEC + Solution BdR Aménagements diffus 15scBDR\A14_13dI	Solution BdR + Aménagements diffus 15scBDR\A14_06_1
Coût de l'aménagement							
Coût de mise en place (travaux)		--	--	+	--	--	--
Coût de maintenance (exploitation et/ou entretien)		-	(0)	-	-	-	-
Coût total annuel sur temps de vie de la construction/aménagement		-	-	+	-	-	-
Efficacité de l'aménagement							
Efficacité hydrologique		(0/+)	++	++	++	++	++
Efficacité hydraulique		(+/++)	(0/+)	(0)	++	++	+
Difficulté de mise en oeuvre							
		+	-	(0)	-	-	-
Rapport Coût/Efficacité							
		6	5	9	7	8	7
Critères de «développement Durable »							
Reconquête des paysages		(0)	-	-	-	-	-
Valorisation socio-culturelle des espaces naturels		(0)	(0)	+	(0)	+	+
Valorisation économique du patrimoine hydraulique							
Amélioration des cadres de vie urbains		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Amélioration des cadres de vie ruraux		(0)	(0)	-	(0)	-	-
Préservation ou reconstitution d'écosystèmes et d'habitats naturels		-	--	++	--	(0)	(-)

4 SCENARIOS COMPLEMENTAIRES

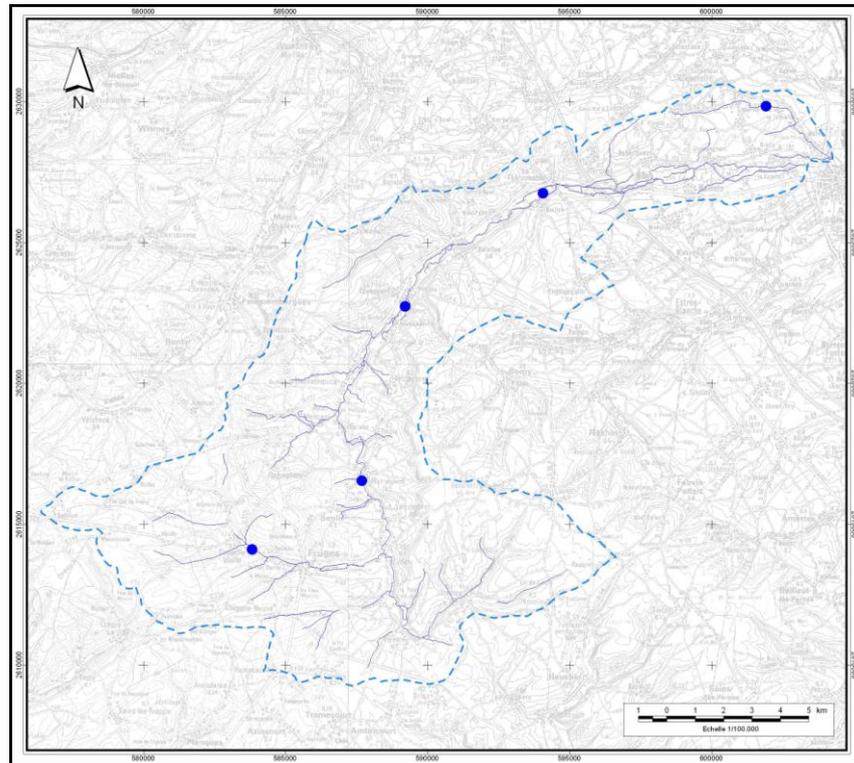
En fonction de l'analyse préliminaire des effets des scénarios de base, plusieurs scénarios complémentaires ont été définis pour permettre un choix équilibré entre différentes possibilités. Cet exercice a résulté finalement dans la définition de 4 scénarios distincts (y inclus les scénarios de base) et deux scénarios complémentaires, intégrant des aménagements diffus. La description des scénarios de base est reprise dans la description pour faciliter la comparaison. Les scénarios ont été numérotés de 0 à 3. Les variantes sont caractérisées par l'appendice "v".

4.1 DESCRIPTION

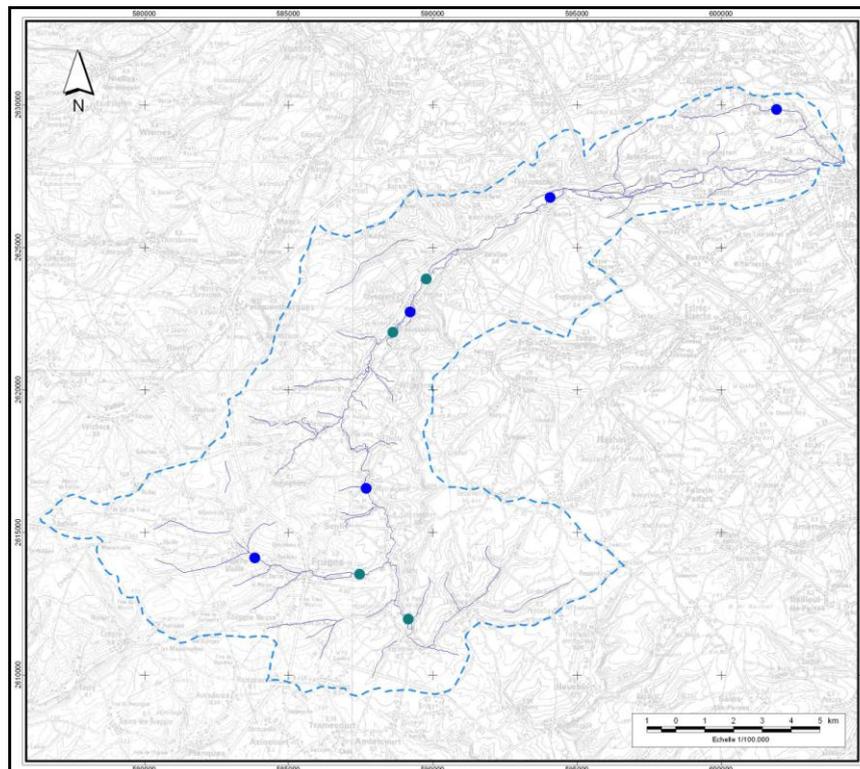
Le tableau suivant caractérise synthétiquement les différents scénarios. Des figures synoptiques montrent la distribution géographique des aménagements considérés dans les scénarios.

Libellé	Nom	Description synthétique
Sc0 – Scénario 0	Principales ZEC	5 ZEC amont des nœuds d'habitation – choix en fonction des volumes emmagasinable et la disponibilité des zones (cas de la ZEC dus Basleau)
Sc1 – Scénario 1	Grandes ZEC	9 ZEC amont des nœuds d'habitation (les 5 ZEC de scénario 1 avec 4 ZEC complémentaires) – scénario constitué progressivement d'amont en aval en fonction des effets obtenus, choix des zones en fonction des volumes emmagasinables
Sc2 – Scénario 2	Chapelet des ZEC	24 ZEC distribuée de façon uniforme le long des vallées principales
Sc3 – Scénario 3	Grandes ZEC avec des Bassins de Rétention	Les ZEC de scénario 1, avec 50 ZEC/bassins de rétention dans les vallées secondaires
Variantes avec des aménagements diffus		
Sc1v – Scénario 1v	Grandes ZEC	Le scénario 1 avec des aménagements diffus sur les versants en culture
Sc3v – Scénario 3v	Grandes ZEC avec des Bassins de Rétention	Le scénario 3 avec des aménagements diffus sur les versants en culture

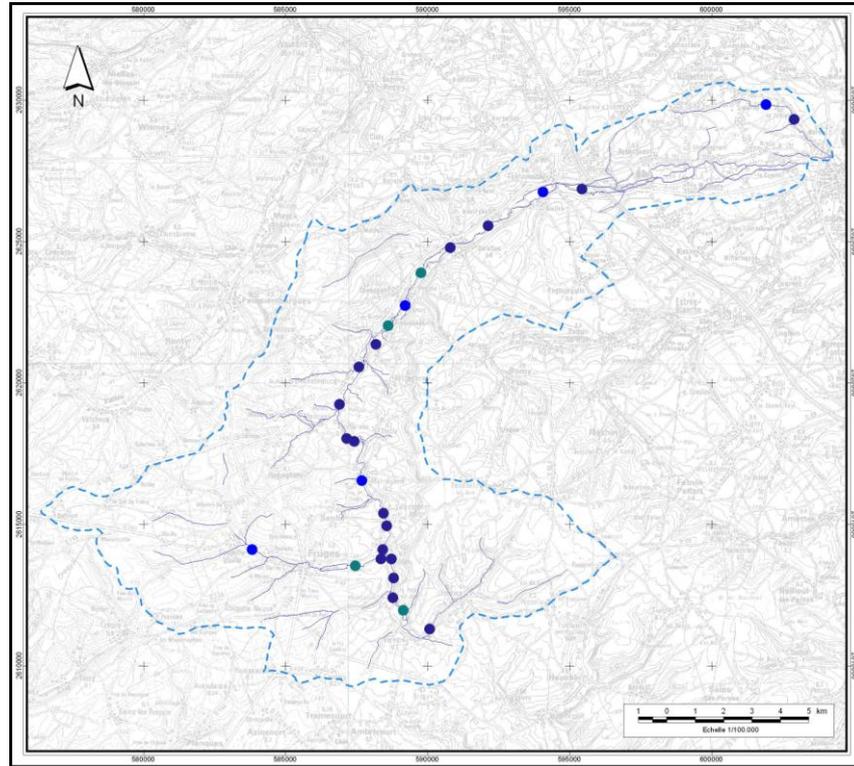
Scénario 0



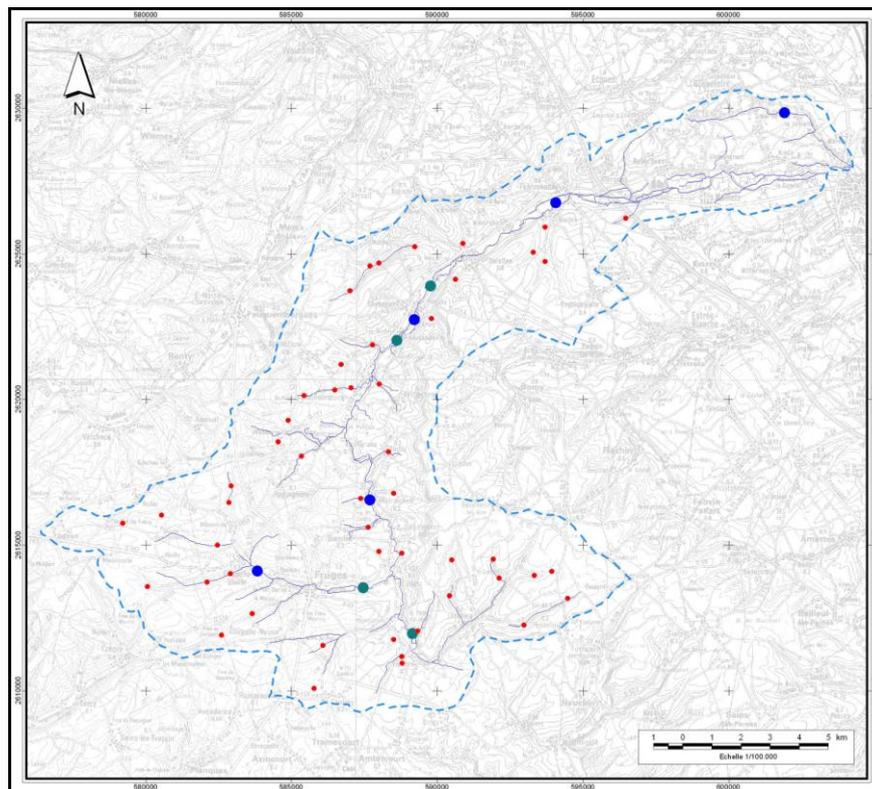
Scénario 1 :



Scénario 2 :



Scénario 3 :



4.2 LES DEFINITIONS ET PRINCIPES DES DIFFERENTS OUVRAGES

On reprend de façon synthétique la définition des ouvrages et aménagements envisagés de description plus détaillée ont donné dans les chapitres précédents (principe) et dans les fiches descriptives du rapport de la phase 5.

4.2.1 ZEC – les zones d’expansion des crues

Dans quelques zones d’expansion de crue naturelles, les inondations seront contrôlées par un ouvrage de régulation à l’exécutif. Ce qui permet d’écarter les débits vers l’aval, par l’emménagement temporaire d’une partie du volume de la crue. Le volume transitoire reste égal à la situation actuelle, mais les pointes des débits seront écartées tandis que la durée de la crue s’accroît. Le contrôle se fait par un ouvrage de régulation (clapet se lève, vanne qui se ferme) en fonction des niveaux enregistrés en temps réel dans une section aval. Le volume est retenu derrière une digue, de hauteur limitée. Selon les conditions locales des digues de sécurité ou d’autre aménagement (système de drainage ou pompes) seront nécessaires pour protéger des habitations ou enjeux, dans le secteur amont.

Les ZEC complémentaires (scénario 2) sont conçues comme digues équipées avec un ouvrage d’étranglement fixe et un déversoir de sécurité (pour éviter des inondations in favorables dans les parties amont, et de différence de pression des deux cotés des digues. Bien sûr dans tous les cas, les projets des digues doivent tenir en compte des contraintes géotechniques spécifiques pour résister ([pression hydrostatique](#), [fuite et courant d'infiltration sous l'ouvrage](#)).

4.2.2 Bassins de rétention

Les bassins dont on parle sont conçus de même façon que les ZEC: c’est à dire: écarter les pointes des débits sur les cours d’eaux, maintenant dans les vallées secondaires. Ici on prévoit également un ouvrage d’étranglement fixe avec un déversoir de sécurité. Pour gagner du volume emmagasinable, selon les conditions locales, il sera nécessaire de ou possible de creuser une partie de la zone inondable.

4.2.3 Aménagements diffus

La principe est de favoriser l’infiltration dans les versants, par l’aménagement hydraulique douce distribuée (bandes enherbées, haies, plis, ... , pratiques agricoles, ...). Les effets et les principes sont discuté en détaille dans fiches descriptives.

4.3 IMPLEMENTATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE

L'implémentation dans le modèle hydraulique est comparable avec celle discuté dans le chapitre précédent pour quelques scénarios notamment : 1, 3, 1v et 3v dans les chapitres précédents.

Le lien entre ces modèles et le numéro des scénarios discuté dans cette comparaison est la suivante :

<i>Scénario complémentaire</i>	<i>Scénario décrit dans chapitre 2.2</i>
1	A15sc\A14_13d
1v	A15sc\A14_13d1
3	15scBDR\A14_13d
3v	15scBDR\A14_13d1

Il y a une différence avec les modèles dans l'ajout du ZEC à Théroutanne comme discuté dans le scénario chapitre 2.2 A15sc\A14_14, et quelques modifications limitées (améliorations) pour raisons de précision.

4.3.1 Les ZEC

Les ZEC du scénario 0 consistent en une sélection des ZEC les plus importants de scénario 1, et les ZEC de scénario 1 sont tout compris dans le chapelet constituant scénario 2. Les ZEC de scénario 3 sont les mêmes de scénario 1. Le tableau suivant présente cette relation.

<i>Libellé</i>	<i>Lieu</i>	<i>Nœud</i>	<i>Scénario</i>			
			<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
16	Plaine de Verchin	H06D			X	
19	Amont des Avènes	H16		X	X	X
20	Amont du Point du Jour	H18D			X	
21	Plaine d'Herbecques	H21F1D			X	
22	Oeuillette	H21F4U			X	
30	Lugy	H21F6UO			X	
31	Hézecques	H21F9			X	
32	Moulin d'Hézecques	H21F12DO			X	
33	Matringhem	H21F17	X	X	X	X
61	Moulin de Bellefontaine	H51DO			X	
34	Bellefontaine	H51F29UD			X	
35	Les Préaux (amont de Dennebroecq)	H54F31O			X	
36	Riotte	SCIE_02O			X	
38	Nouveauville	H55F48		X	X	X
39	Coyecques	H56F52D2	X	X	X	X
40	Semblethun	H58		X	X	X
41	Delettes	H59F61D			X	

42	Westrehem	H63F65UO			X	
43	Moulin de Nielles	H65U			X	
44	Le Grand Marais (Thérouanne)	H70	X	X	X	X
45	Moulin de Clarcques	BC105RU+LC105UO			X	
23	Amont de Basleau	H44	X	X	X	X
1	Amont de Gourguesson	H48F91			X	
2	Amont du Moulin de Lugy	R92_94O			X	

Dans tous les cas de scénario 1 l'implémentation numérique consiste de l'intégration d'un clapet manœuvrable en fonction des niveaux d'eau calculés en aval (GATED WEIR). Dans certains cas aussi un déversoir de sécurité à été introduit (SPILL).

L'ouvrage d'étranglement des ZEC complémentaires du scénario 2 à été conçu comme ORIFICE, dans certains cas avec déversoirs de sécurité (SPILL).

Dans différents cas il existe plusieurs ouvertures d'écoulement. C'est le cas notamment à :

- Moulin de Lugy ;
- Le Grand Marais ;
- Moulin de Clarcques.

Dans le cas du Grand Marais deux ouvrages manœuvrables sont introduits sur la Lys et la Petite Lys.

Les caractéristiques des digues et ouvertures et dimensions des clapets sont données dans le tableau suivant.

<i>Libellé</i>	<i>Lieu</i>	<i>Nœud</i>	<i>Fond de la vallée (m, IGN69)</i>	<i>Ouverture (m²)</i>	<i>Largueur du clapet (m)</i>
16	Plaine de Verchin	H06D	101.678	1	
19	Amont des Avènes	H16	92.258		2
20	Amont du Point du Jour	H18D	89.647	1.2	
21	Plaine d'Herbecques	H21F1D	87.356	1.2	
22	Oeuillette	H21F4U	84.116	1.5	
30	Lugy	H21P6UO	82.832	2.2	
31	Hézecques	H21F9	81.392	2	
32	Moulin d'Hézecques	H21F12D0	80.664	1.5	
33	Matringhem	H21F17	78.117		6
		H21F21D	76.084	8.555	
61	Moulin de Bellefontaine	H51D0	69.765	3	
34	Bellefontaine	H54F29U	67.813	2	
35	Les Préaux (amont de Dennebroecq)	H54F310	63.869	3	
		H54F33D3	63.895	10.725	
		RIOT02		6	
36	Riotte	SCIE_020	58.671	2	

		H55F44D	56.049	3	
38	Nouveauville	H55F48	51.332		6
39	Coyecques	H56F52D2	48.937		6
40	Semblethun	H58	45.81		6
41	Delettes	H59F61D		3	
42	Westrehem	H63F65U0	40.504	3	
43	Moulin de Nielles	H65U	39.303	3	
44	Le Grand Marais (Thérouanne)	H70	37.475		6
	Le Grand Marais (Thérouanne)	H70H66J+U			
45	Moulin de Clarcques	BC105RU	32.166	1.5	
45	Moulin de Clarcques	LC105UO	32.444	2	
23	Amont de Basleau	H44			
1	Amont de Gourguesson	H48F91			
2	Amont du Moulin de Lugy	R92_94O			

4.3.2 Les bassins de rétention

Les hydrogrammes produits de façon expliquée en chapitre 2.1 avec un écrêtage de 40% de la pointe du débit ont été introduits. Ce chiffre correspond à une capacité spécifique de 25m³/ha qui doit être retenu temporairement dans les bassins de rétention. Ce qui correspond avec un volume total de 540.000 m³ pour le périmètre d'étude.

Dans cet objectif global on a cherché des bassins distribués plus au moins uniforme dans le bassin, chacun avec une capacité de écrêtage de 50% de la pointe. Des bassins compris dans la proposition préliminaire il faut retenir une cinquantaine de bassins pour satisfaire l'objectif volumétrique. Les bassins retenus de cette façon sont représentés sur la carte en Annexe 1, et listés dans le Tableau 4-1.

ID	Commune	Sous-Bassin Versant	Lieu-dit	Capacité présumée (m³)	objectif global	Condition/autres objectifs
4	AUDINCTHUN	Radinghem-Mencas	Les Bernepriefs	28391.25	objectif global	enjeux locaux
79	FRUGES	Fond De Marais	Fond du Marais	24600.00	objectif global	enjeux locaux marqués
26	FRUGES	Coupelle-Vieille	Le Bois Capelet	22740.00	objectif global	!!!
100	LISBOURG	Fond de Gribauval	Fond du Val du Lieu	22668.75	objectif global	!!!
93	SENLIS	Senlis	Le Mont Mal Garni	21720.00	objectif global	site très intéressant
10	LISBOURG	Fond de Gribauval	Fond de Gribauval	19545.00	objectif global	!!!
51	DENNEBROEUCCQ	Audincthun	Les Prés St.-Nicolas	19170.00	objectif global	
122	VERCHOCQ	Traxenne-Amont	Fond de la Croche	19057.50	objectif global	!!!
111	DENNEBROEUCCQ	Bois Quartier	Fossé Wandonne	15285.00	objectif global	
56	COYECQUES	Fond De Dohem	Vallée du Maisnil	14902.50	objectif global	!!!
27	COUELLE-VIEILLE	Traxenne-Amont	Fonds des Crachers	14328.75	objectif global	!!!
163	DOHEM	Fond De Dohem	Vallée du Maisnil	13443.75	objectif global	!!!
54	RECLINGHEM	Reclinghem	Riotte	13237.50	objectif global	
141	COYECQUES	Fond De Dohem	Le Camarion	13008.75	objectif global	!!!
96	LISBOURG	Le Forestal	Le Marin	12101.25	objectif global	
151	THEROUANNE	Grand Cavin	Les Fosses Machaut	11801.25	objectif global	
62	MAMETZ	Fond Des Vaux	Fond des Vaux	11475.00	objectif global	
133	MATRINGHEM	Matringhem-Vincly	Le Pré Maître Jean	10950.00	objectif global	enjeux locaux
87	VERCHIN	Fond Valaine	Fond Valaine	10473.75	objectif global	
17	VERCHIN	Fond de Canlers	Cavée Bridoux	10387.50	objectif global	enjeux locaux marqués
164	COYECQUES	Fond De Dohem	Mont de Marne	10181.25	objectif global	!!!
101	SENLIS	Le Petit Senlis	Le Petit Senlis	9663.75		enjeux locaux
130	LAIRES	Lys-Amont (Vallée de Laieres)	Les Biscavens	9400.00	objectif global	!!!
50	AUDINCTHUN	Audincthun	Fond de St.-Aubin	9075.00	objectif global	
116	THEROUANNE	Grand Cavin	Grandes Marnettes	8982.50	objectif global	
168	COYECQUES	Fond à Cailloux - St. Pierre	La Tourmée	8906.25	objectif global	enjeux locaux
152	THEROUANNE	Grand Cavin	Grand Cavin	8631.25	objectif global	
94	HEZECQUES	Hézeques Sud	Vallée du Hache	8445.00	objectif global	
120	COUELLE-VIEILLE	Traxenne-Amont	L'Avenelle	8396.25	objectif global	!!!
29	COUELLE-VIEILLE	Traxenne-Amont	Fond Tillier	8077.50	objectif global	enjeux locaux
77	FRUGES	Fond De Marais	Le Bois du Tertre	7916.25	objectif global	enjeux locaux marqués
83	CANLERS	Herbecques	Les 120	7353.75	objectif global	
134	AUDINCTHUN	Radinghem-Mencas	Fond Créville	7042.50	objectif global	enjeux locaux
171	LISBOURG	Lys-Amont (Vallée de Laieres)	Les Biscavens	6871.25	objectif global	!!!
131	VINCLY	Matringhem-Vincly	Val Renaud	6738.75	objectif global	
95	VERCHIN	Hézeques Sud	Le Petin	6615.00	objectif global	
15	LISBOURG	Le Forestal	La Corneillère	6611.25	objectif global	nn
64	LISBOURG	Lys-Amont (Vallée de Laieres)	Le Fond Friquette	6607.50	objectif global	!!!
89	VERCHIN	Fond de Canlers	Fond d'Etre	6183.75	objectif global	enjeux locaux marqués
124	COUELLE-VIEILLE	Coupelle-Vieille	Les Sohettes	6015.00	objectif global	!!!
161	DELETES	Fond De Dohem	Fief Masset	5987.50	objectif global	!!!
25	COUELLE-VIEILLE	Coupelle-Vieille	Le Calvaire	5842.50	objectif global	!!!
166	AUDINCTHUN	Audincthun	Les Prés Delville	5651.25	objectif global	
145	DELETES	Mont D'Erny	Les Poteries	5366.25	objectif global	
70	COUELLE-VIEILLE	Traxenne-Amont	Les Fosses Amandes	5340.00	objectif global	enjeux locaux
13	LISBOURG	Lys-Amont (Vallée de Laieres)	Le Buisson Crapaud	5193.75	objectif global	!!!
52	DENNEBROEUCCQ	Audincthun	Les Bourgognes	5156.25	objectif global	
135	AUDINCTHUN	Radinghem-Mencas	Fond Madame	5036.25	objectif global	enjeux locaux
128	LUGY	Lugy	Le Paradis	4331.25	objectif global	
80	FRUGES	Herbecques	Le dessous du Bois de C	4327.50	objectif global	enjeux locaux
24	FRUGES	Fond Greuet - Jeanne-Doux	Fond Jeanne Doux	4151.25		nn
28	COUELLE-VIEILLE	Traxenne-Amont	Fond Cavé	4061.25		nn
113	COYECQUES	Capelle Sur La Lys	N.D. des Affligés	3761.25		enjeux locaux
49	AUDINCTHUN	Radinghem-Mencas	Fond du Long Val	3701.25		enjeux locaux
132	MATRINGHEM	Matringhem-Vincly	La Grande Piece	3615.00		nn
75	FRUGES	Fond Greuet - Jeanne-Doux	Fond Greuet	3476.25		nn
125	LISBOURG	Verchin Sud	Les Quatre Voyettes	3427.50		nn
14	LISBOURG	Le Forestal	Le Forestal	3405.00		nn
119	AIRE-SUR-LA-LYS	Fossé de la Cense	Fossé de la Cense	3360.00		fonction de l'efficacité de la Grande ZEC sur la Liauwette
126	VERCHIN	Verchin Sud	La Grande Piece	3352.50		nn
82	CANLERS	Herbecques	Le Bosquet Mayot	3112.50	objectif global	
109	COYECQUES	Fond à Cailloux - St. Pierre	Fond St.-Pierre	3063.75		
88	VERCHIN	Verchin Sud	Fond Pichou	3037.50		nn
136	DENNEBROEUCCQ	Dennebroeuca	Les Préaux	2880.00	objectif global	
84	VERCHIN	Herbecques	Le Tirlet	2568.75	objectif global	
108	COYECQUES	Fond à Cailloux - St. Pierre	Fond à Cailloux	2058.75		enjeux locaux

Tableau 4-1 : bassins retenus à partir des objectifs globaux (50 bassins) et locaux, les bassins marqués avec !!! se situent dans les trois principaux sous-bassins versant amont (Traxenne Amont, Lys de Lisbourg – Vallée de Laieres et Fond de Dohem)

4.3.3 Les aménagements diffus

L'effet des aménagements diffus est estimé de l'ordre de 15% à 30%. Les variantes des scénarios à aménagements diffus sont constituées des modèles à hydrogrammes réduits à 85%.

4.4 CARTOGRAPHIE DES AMENAGEMENTS

Les différents aménagements (ZEC, Bassins de Rétention) qui composent les scénarios sont mise en forme et présentée dans la cartographie en Annexe 1 (à l'échelle 1/25.000). Pour chaque scénario une carte synoptique présente l'ensemble des aménagements inclus dans ce scénario (Annexe 2).

En ce qui concerne les aménagements diffus la proposition prend en compte les différents types d'aménagement possibles. La cartographie sur l'échelle du bassin, basée sur une cartographie des photos aériennes prend en compte l'organisation parcellaire. La réalisation d'un maximum de ces aménagements est souhaitable. Des variantes sont possibles, la réalisation se fera en concertation avec les agriculteurs.

Dans le rapport de phase 5, la cartographie des bassins versant pilotes (Fond de Dohem et Lys amont) sera détaillée à partir des reconnaissances réalisées sur le terrain.

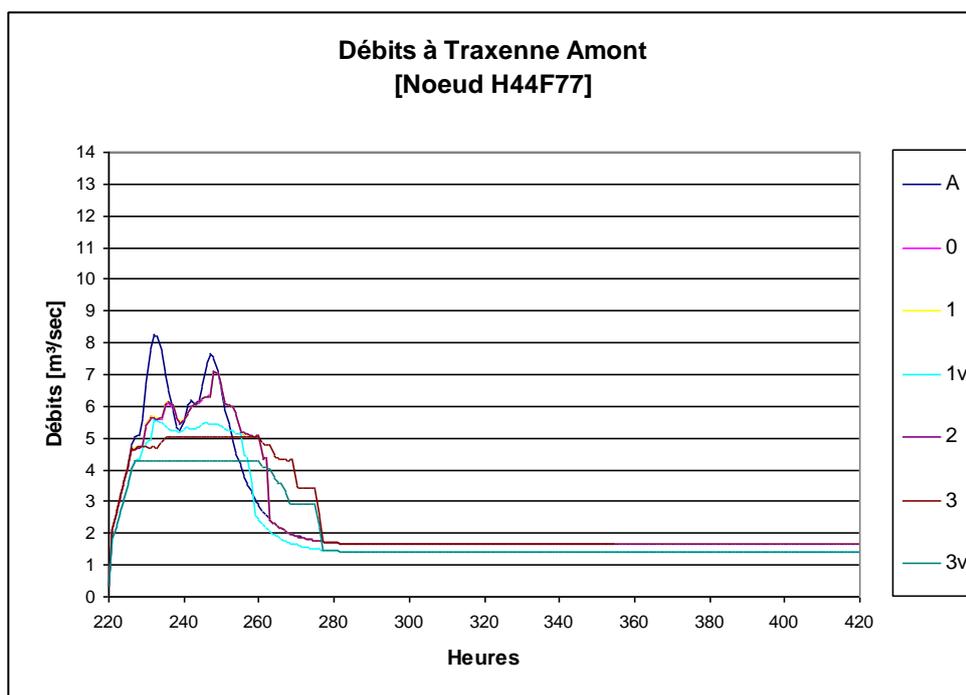
4.5 SIMULATIONS

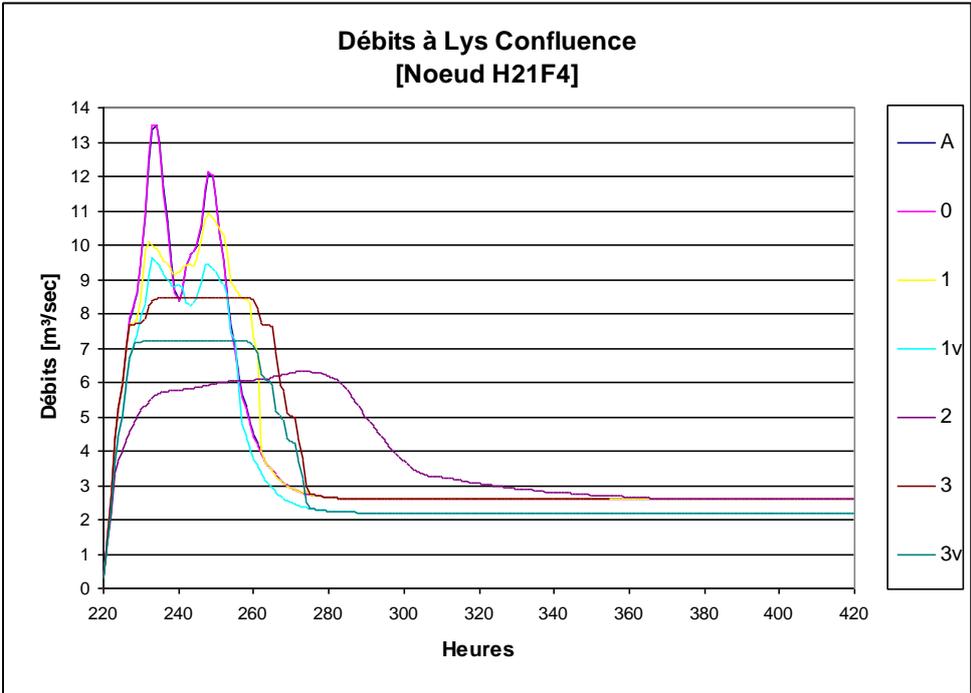
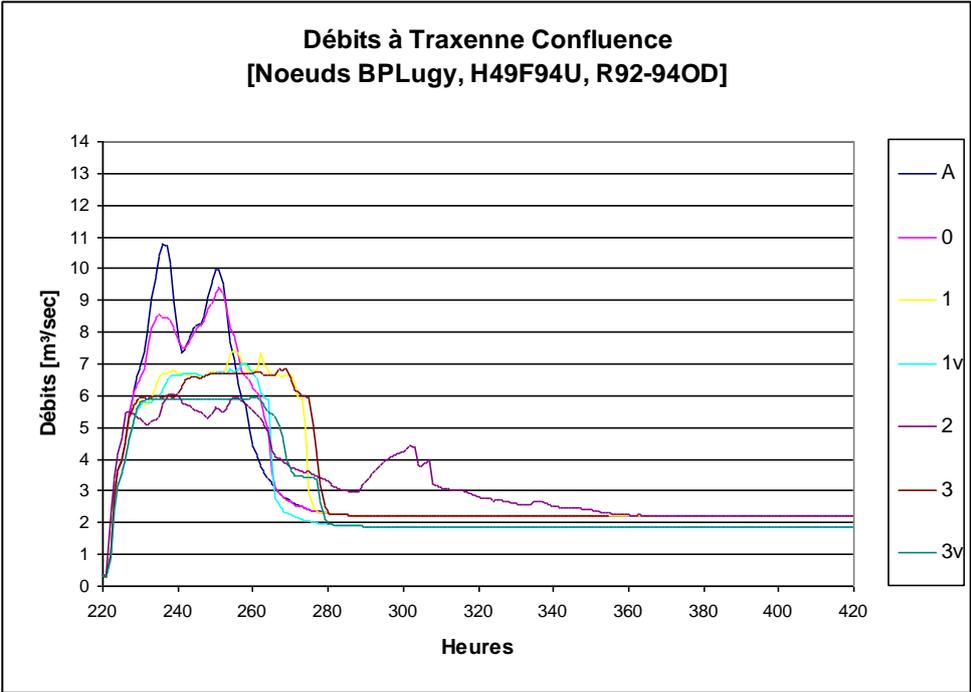
Les simulations des différents scénarios ont été effectuées à partir d'une crue avec un temps de retour de dix ans à Lugy, à Delettes cette crue résulte en débits avec un temps de retour de l'ordre de 100 ans. L'évaluation des effets se fait à partir des hydrogrammes, limnigrammes aux points clés et une cartographie des inondations.

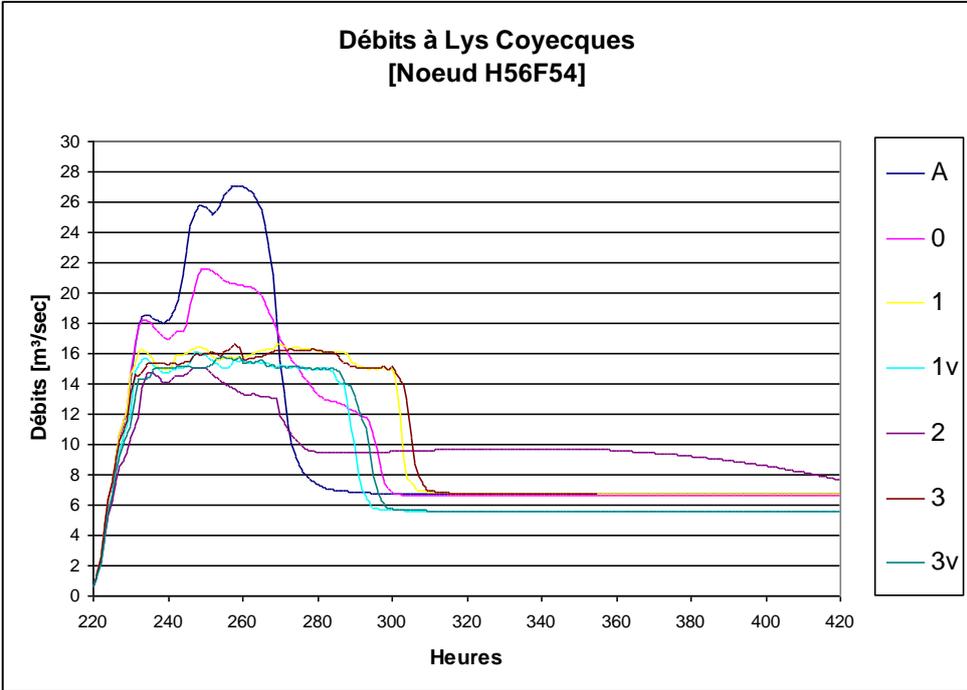
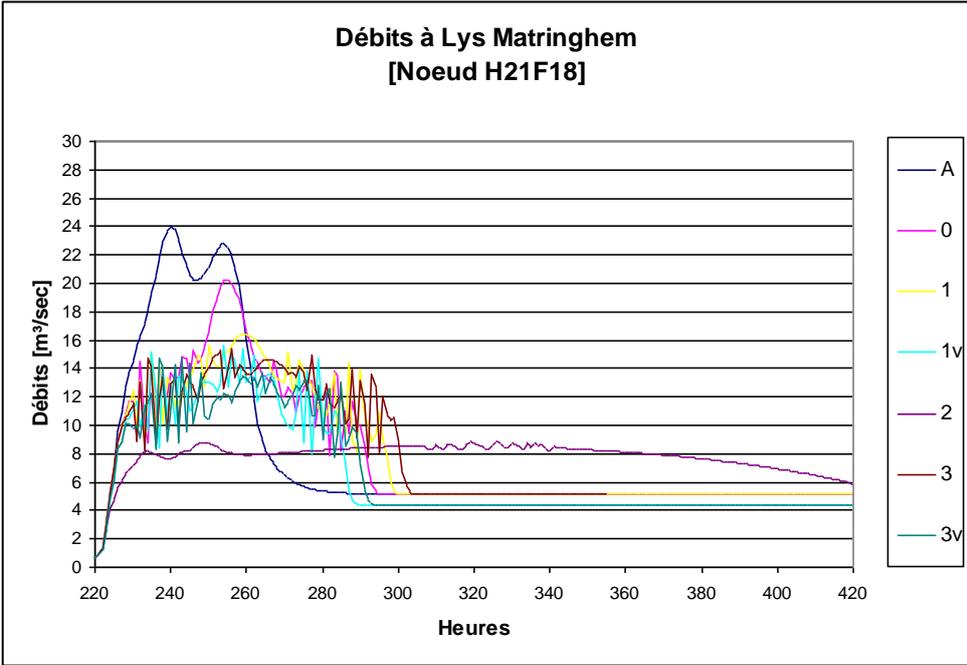
4.5.1 Points clés

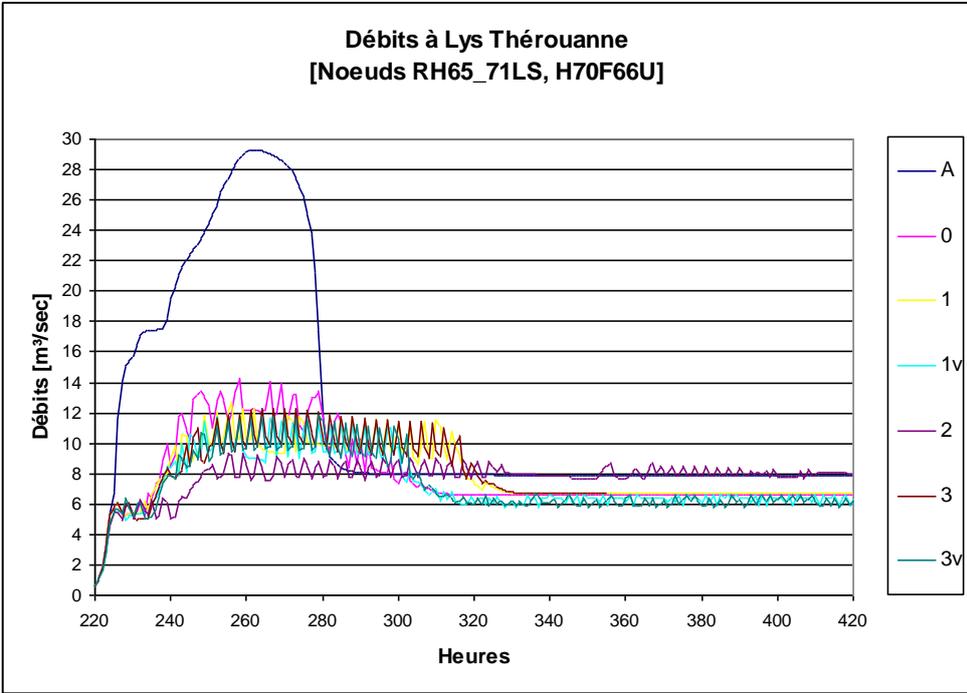
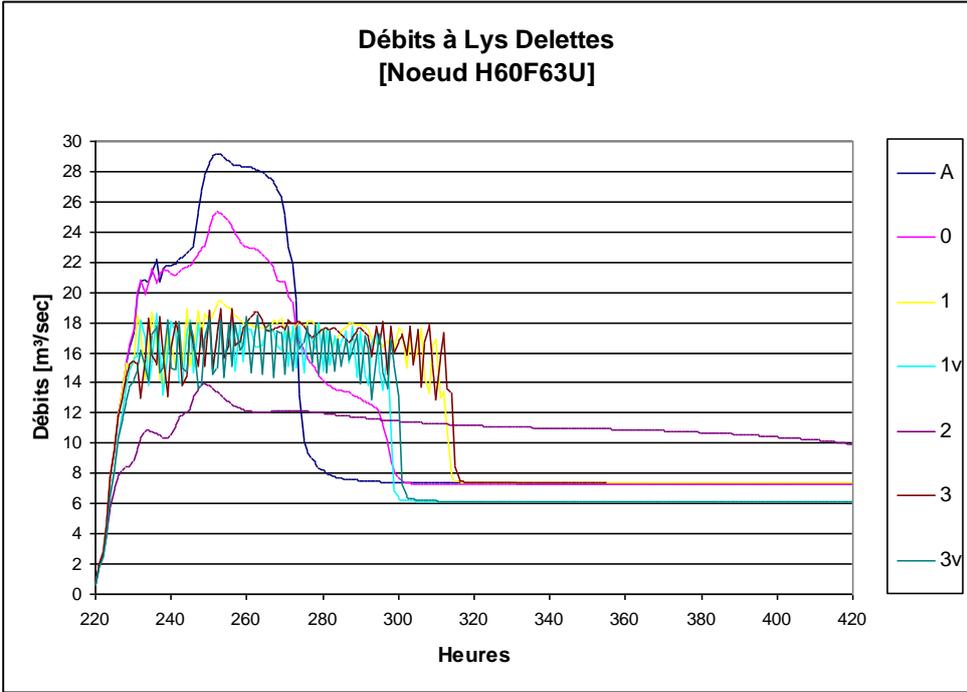
Pour la comparaison des effets des différents scénarios une sélection d'une dizaine points clés le long des rivières principales a été fait. Ces points, qui sont indiqués sur le plan en Annexe 1 sont situés à :

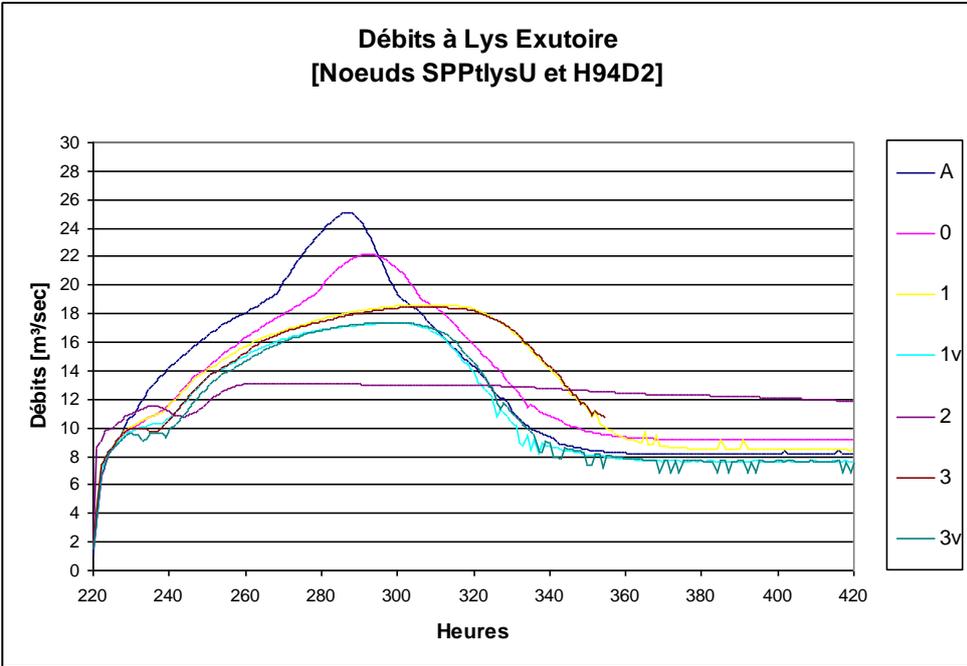
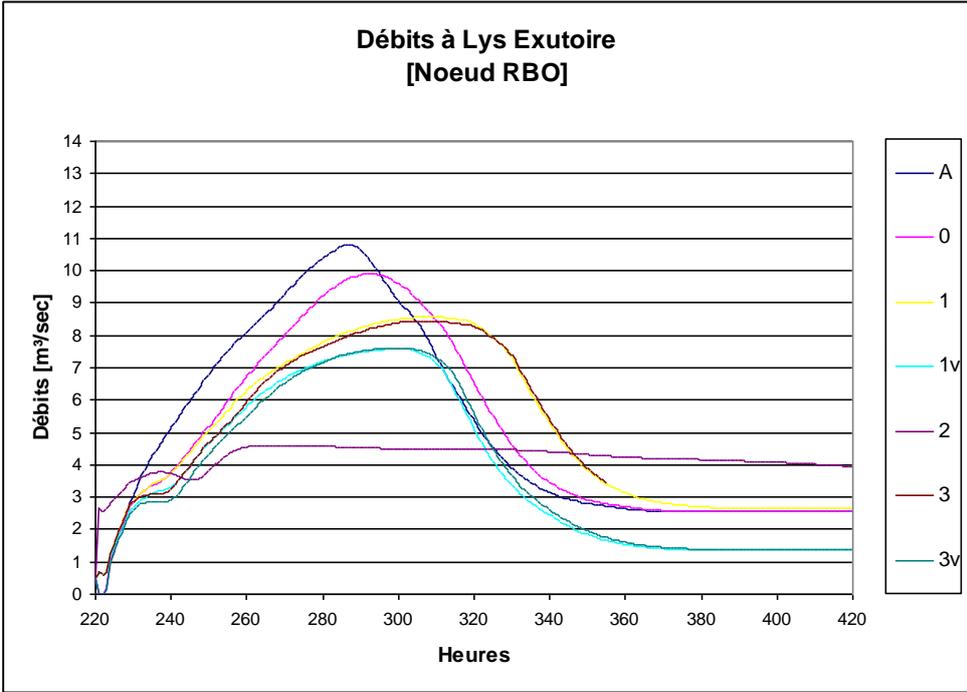
<i>Description</i>	<i>Lieu</i>	<i>Nœud</i>
Traxenne Amont	Rue de Marais	H44F77
Traxenne Confluence	Sommation autour le moulin de Lugy	BBLugy, H49F94U, R92_94OD
Lys Confluence	Oeuillette	H21F4
Lys Matringhem	Pont centre village	H21F18
Lys Coyecques	Pont centre village	H56F54
Lys Delettes	Pont centre village	H60F63U
Lys Théroouanne	Pont centre village	H70F66U, RH65_71LS
Lys Exutoire (Total exutoire)	Sommation des débits au Moulin le Comte, à la Petite Lys, au Bruveau	SPPtLysU, H94D2, RBO

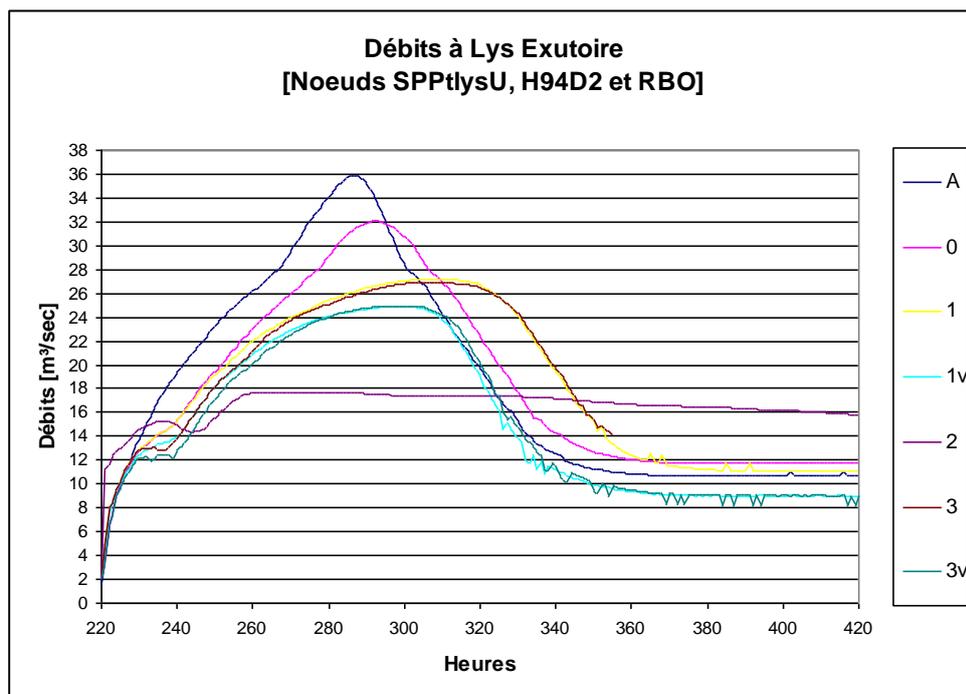






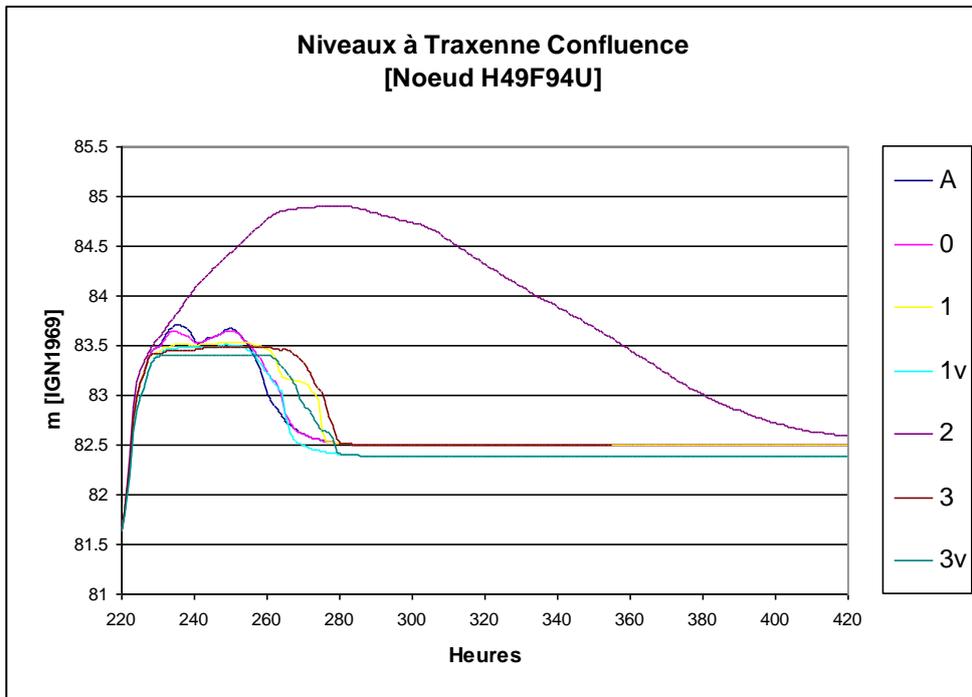
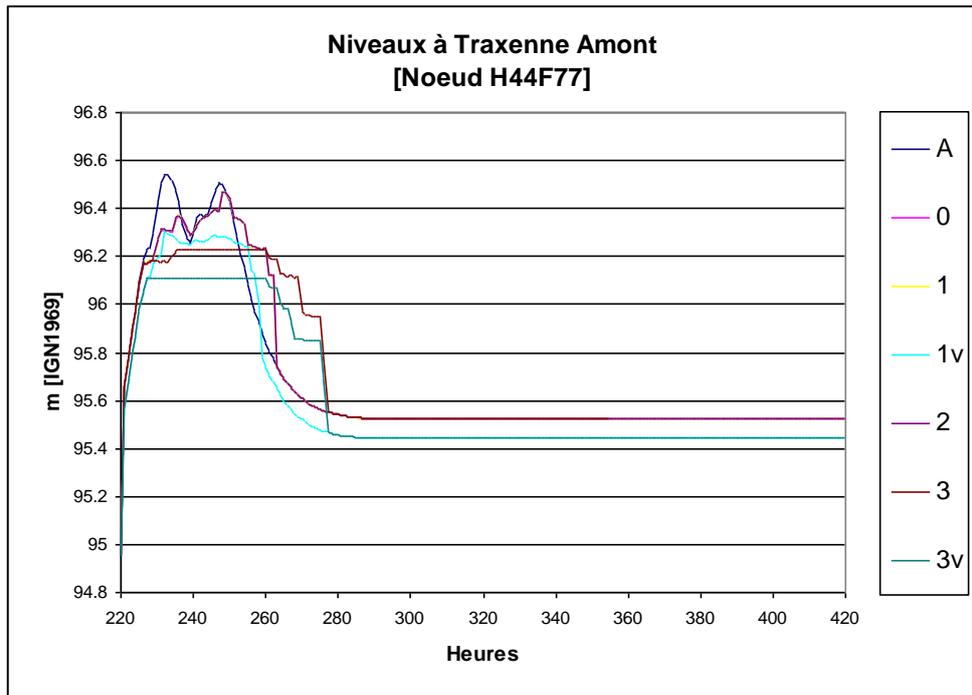


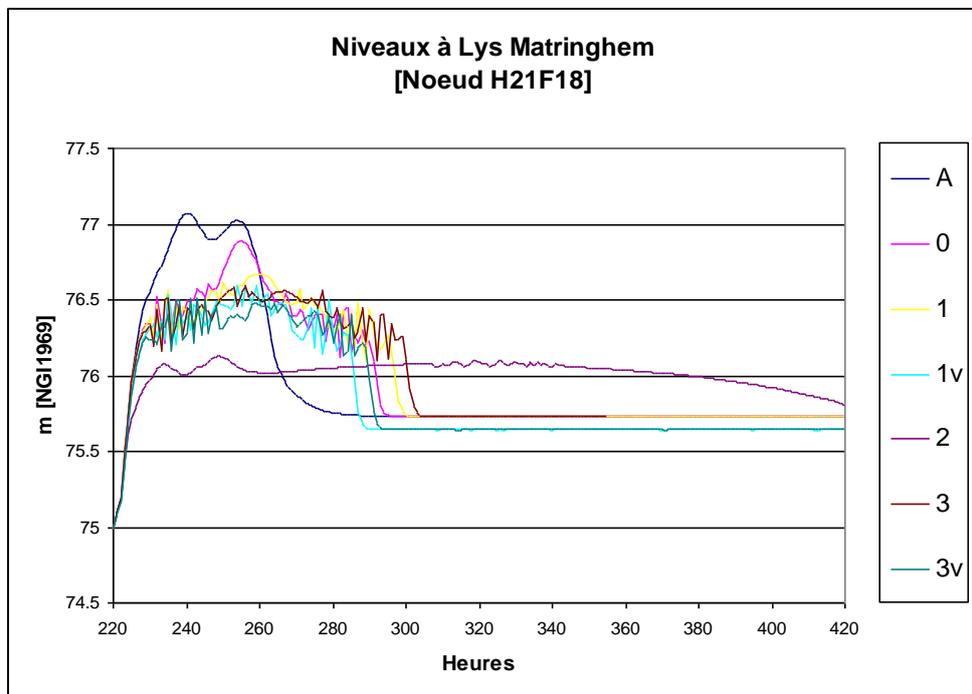
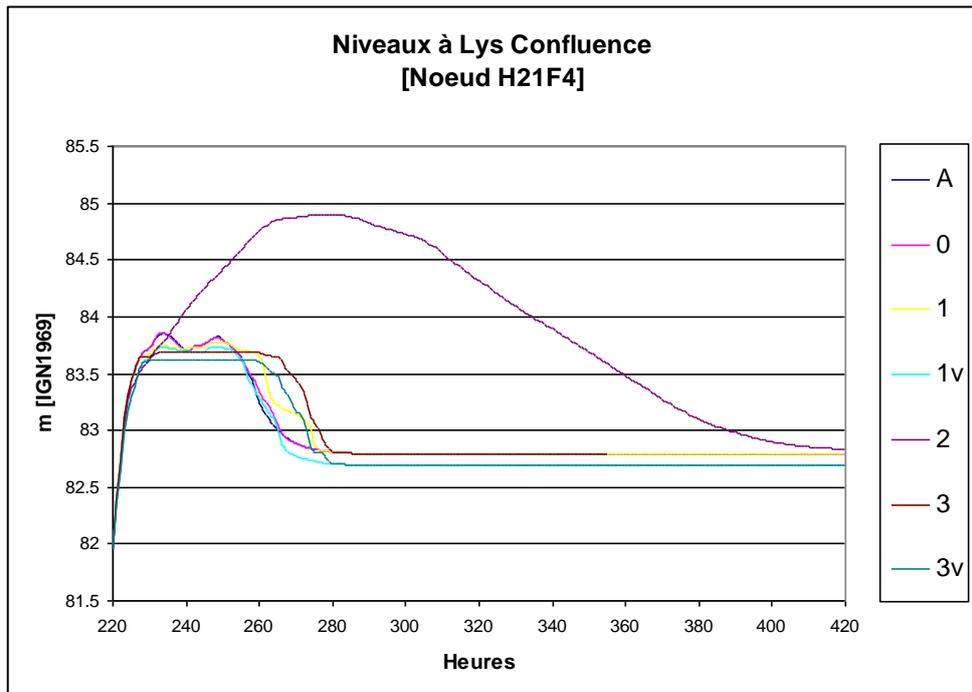


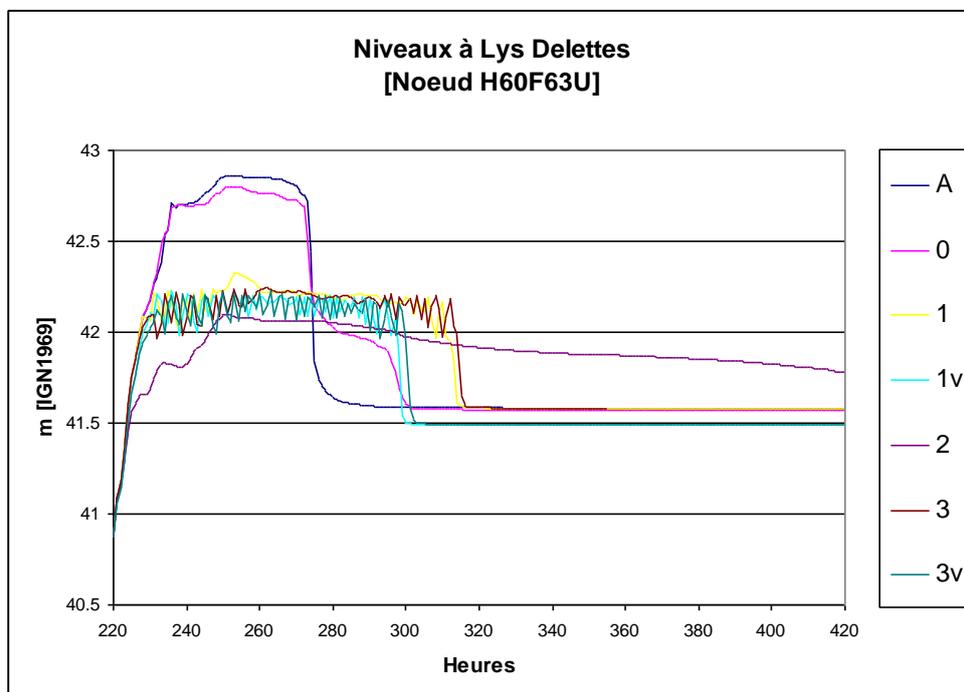
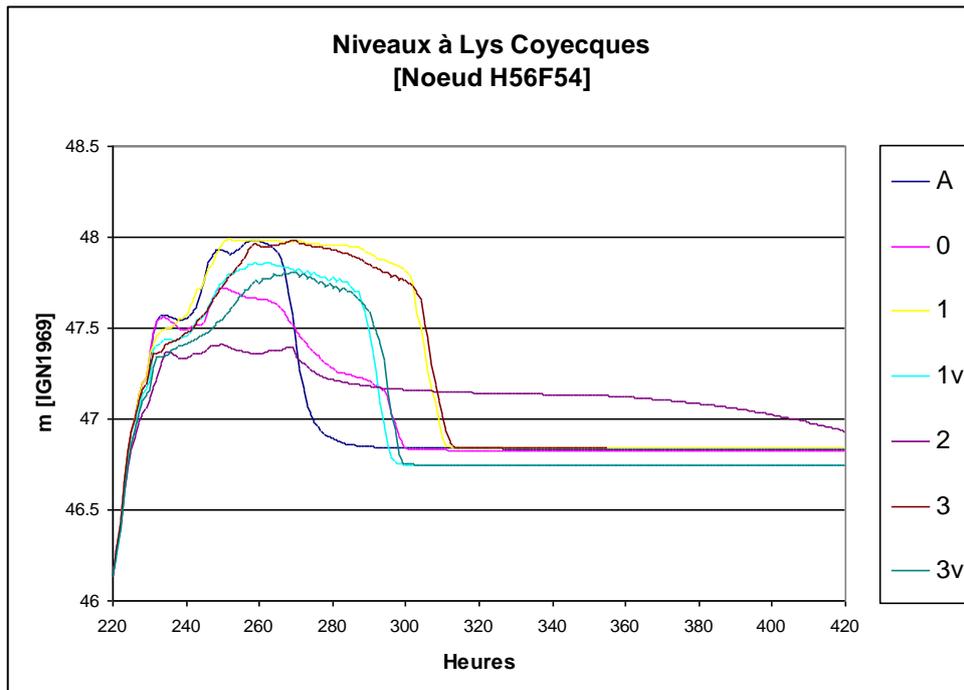


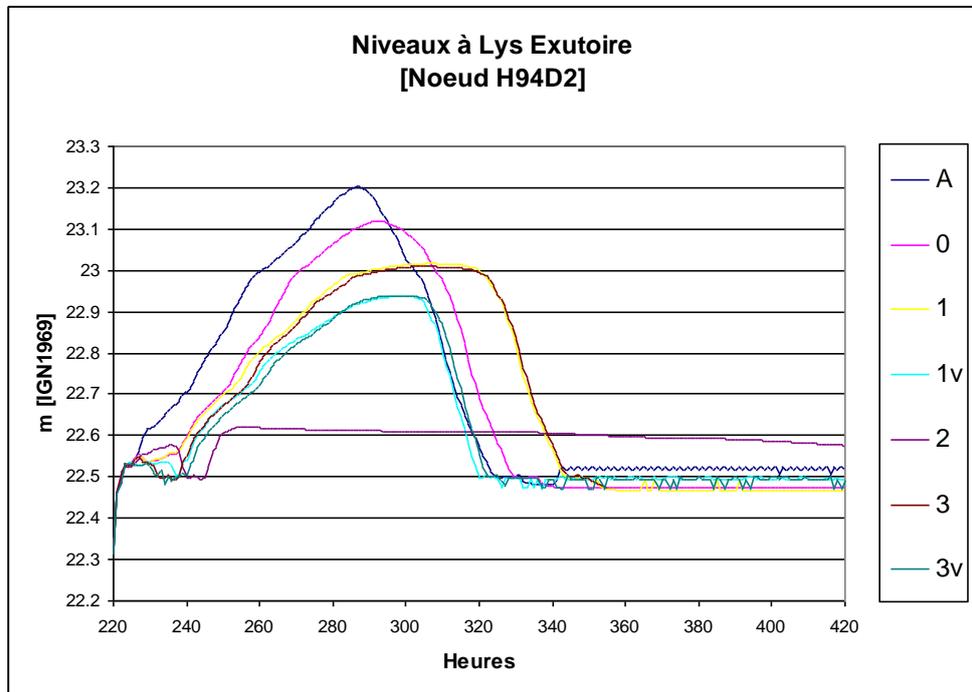
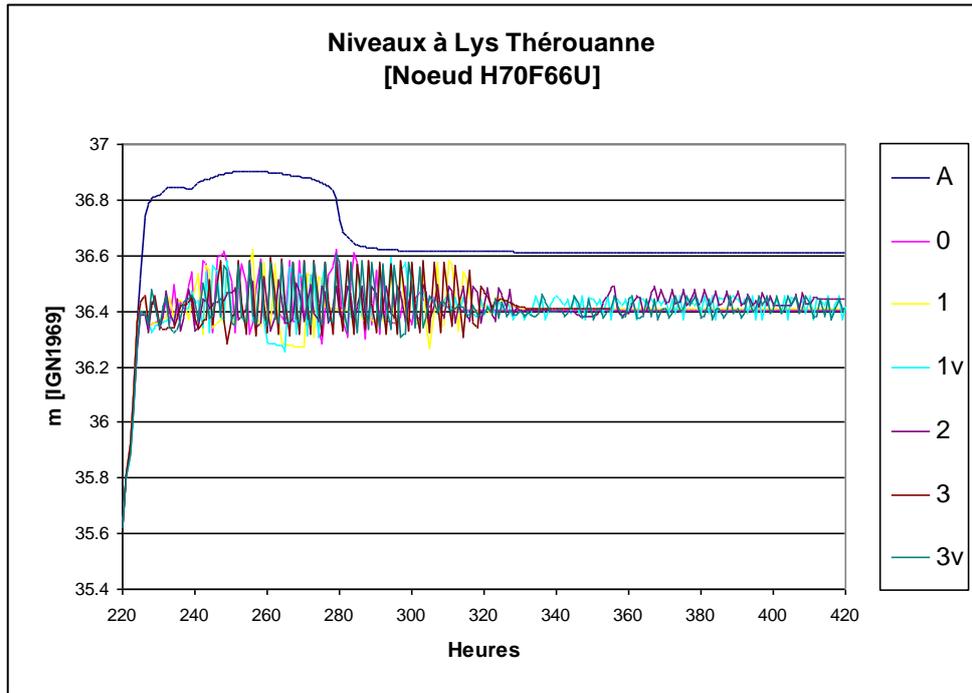
Débits maximales [m³/sec]							
<i>Nœuds</i>	<i>Scénarios</i>						
	A	0	1	1v	2	3	3v
Traxenne Amont	8.278	7.111	7.121	5.610	7.122	5.040	4.287
Traxenne Confluence	10.772	9.405	7.384	7.025	6.054	6.841	5.934
Lys Confluence	13.485	13.492	10.909	9.643	6.318	8.467	7.197
Lys Matringhem	24.025	20.224	16.383	15.669	8.852	15.395	14.739
Lys Coyecques	27.088	21.630	16.585	16.095	15.093	16.598	15.783
Lys Delettes	29.195	25.320	19.430	18.633	13.897	18.906	18.503
Lys Thérouanne	29.303	14.236	12.644	11.758	9.362	12.313	11.843
Lys Exutoire (vers Bruveau)	10.795	9.904	8.566	7.588	4.568	8.438	7.599
Lys Exutoire (le long de la Lys)	25.107	22.164	18.634	17.336	13.100	18.464	17.352
Lys Exutoire (Total exutoire)	35.902	32.068	27.200	24.924	17.668	26.902	24.951

Durée [h]							
<i>Nœuds</i>	<i>Scénarios</i>						
	A	0	1	1v	2	3	3v
Traxenne Amont	41	55	41	37	41	56	56
Traxenne Confluence	41	44	55	44	67	57	59
Lys Confluence	41	43	40	43	87	56	57
Lys Matringhem	57	75	79	67	-	84	74
Lys Coyecques	58	78	74	72	57	87	76
Lys Delettes	55	79	95	79	-	95	81
Lys Thérouanne	62	80	90	74	-	89	81
Lys Exutoire (vers Bruveau)	125	115	115	115	-	115	115
Lys Exutoire (le long de la Lys)	121	121	117	99	-	117	98
Lys Exutoire (Total exutoire)	123	108	130	101	-	124	102









Niveaux maximaux [m, IGN69]							
Nœud	Scénario						
	A	0	1	1v	2	3	3v
Traxenne Amont	96.543	96.470	96.470	96.305	96.470	96.229	96.108
Traxenne Confluence	83.717	83.649	83.540	83.509	84.910	83.485	83.408
Lys Confluence	83.856	83.855	83.780	83.734	84.903	83.694	83.619
Lys Matringhem	77.072	76.887	76.668	76.592	76.128	76.590	76.513
Lys Coyecques	48.873	48.568	48.431	48.334	48.188	48.422	48.303
Lys Delettes	42.863	42.802	42.328	42.227	42.098	42.242	42.224
Lys Thérouanne	36.904	36.619	36.620	36.592	36.522	36.590	36.605
Lys Exutoire (Total)	23.202	23.118	23.017	22.938	22.621	23.009	22.939

Les graphiques montrent une réduction des débits. Cette réduction n'est pas linéaire, et est fonction des aménagements rencontrés pendant le transfert des crues et les apports latéraux des débits venant des versants. Dans les points clé aval des ZEC on peut également observer une réduction des niveaux maximaux obtenus dans la rivière, ce qui résulte dans une réduction des surfaces inondées.

Dans chaque scénario on observe que les inondations persistent dans les vallées, mais sont redistribuées grâce aux aménagements, dans des zones où les inondations sont moins gênantes.

Scénario 0

Avec le scénario 0 on arrive à l'amélioration du régime hydraulique et des inondations localisées aval des ZEC. Globalement la réduction des débits reste modérée (de l'ordre de 10%).

Scénario 1 et 3

On peut constater qu'on peut obtenir une réduction des débits significative avec l'implantation d'au moins huit ZEC (scénario 1), une réduction d'une 25% percent des débits à l'exutoire de la Lys (de l'ordre de 7 à 8 m³/s). De même temps on peut beaucoup plus mieux maîtriser les inondations et protéger les zones bâties. On peut également observer qu'une implémentation complémentaire des bassins de rétention sur les vallées secondaires (scénario 3) ne résulte pas dans une réduction complémentaire significative justifiant la réalisation complète de ce scénario. Au contraire, avec une dizaine ZEC, équipé avec des ouvrages automatiques réglés en fonction des niveaux d'eaux obtenus en aval. On peut parler du contrôle et de la maîtrise des crues, ce qui n'est pas le cas avec les bassins de rétention. D'autre part certains bassins de rétention peuvent être très utiles dans le cadre de la protection des enjeux locaux dans les vallées secondaires, et doivent alors être envisagées.

Scénario 2

Avec la construction complémentaire d'une quinzaine ZEC complémentaires (scénario 2), on peut obtenir des débits très réduits et de niveaux très réduits dans les zones bâties. L'effet sur le régime hydraulique et des inondations devient par contre très artificiel. Les ouvrages qui ne seront pas automatisés seront utilisés très fréquemment, quand par contre dans le cas des ouvrages automatiques du scénario 0 et 1 les ouvrages seront seulement utilisés dans cas d'urgence. Pendant un régime hydrologique normal, le régime hydraulique et des inondations sera naturel.

Les variantes à aménagements diffus

Il est clair que les aménagements diffus ne contribuent pas seulement à un régime hydrologique amélioré, et mais sont des nécessités dans la gestion durable des terres en culture, et la lutte contre l'érosion. Bien sûr ces aménagements et pratiques sont d'une échelle différente.

Conclusion

- Scénario 0 : Principales ZEC - Réduction des débits et niveaux limités en aval des ZEC ;
- Scénario 1 : Grandes ZEC - Réduction équilibrée des débits et niveaux dans la vallée principale ;
- Scénario 2 : Chapelet - Réduction significative des débits et niveaux dans les vallées principales ;
- Scénario 3 : Réduction équilibrée des débits et niveaux dans les vallées principales et les débits dans les vallées secondaires.

4.5.2 Volumes emmagasinés

Le tableau suivant montre les réductions des débits obtenus à l'exutoire de la Lys (somme des débits au Moulin-le-Comte, et les débits passant par la Petite Lys et le Bruveau).

	Q_{\max}	ΔQ_{\max}	ΔV_{\max}
Situation Actuelle	35.9		
Scénario 0	32.1	11%	836864
Scénario 1	27.2	25%	1340902
Scénario 1v	24.9	31%	1728723
Scénario 2	17.7	51%	3011407
Scénario 3	26.9	25%	1503924
Scénario 3v	25	30%	1869094

Avec :

- Q_{\max} : débit maximum à l'exutoire de la Lys ;

- ΔQ_{\max} : réductions des débits (en %) obtenues grâce à la mise en œuvre des scénarios ;
- ΔV_{\max} : réduction en volume.

4.5.3 Cartographie des inondations

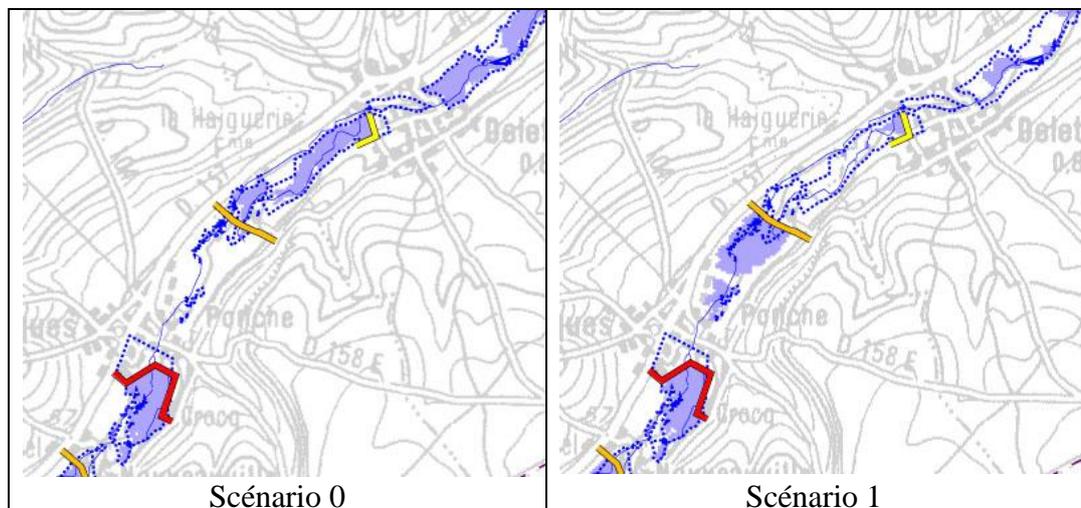
Pour chaque solution une certaine relation entre la rivière et les champs d'expansion des crues est préservée, la plupart des zones d'inondation naturelles sont préservées, mais ne pas toujours avec une relation équilibrée :

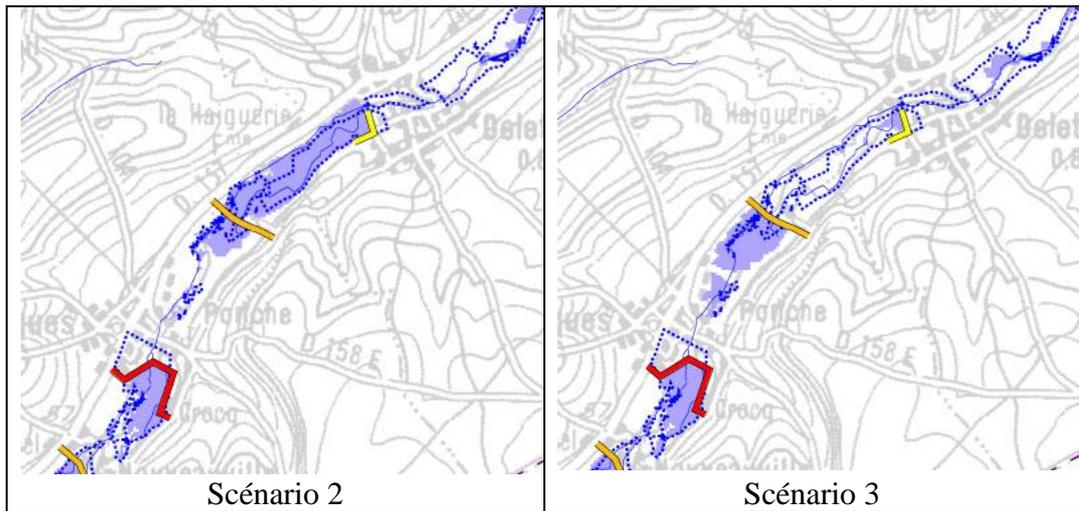
- Scénario 2 : croissance excessive des durées de crue – ce qui résulte dans une situation très artificielle et une croissance significative des inondations;
- Scénario 1 et 3 : distribution équilibrée des champs de crue et croissance équilibrée des temps de crue.

Des extraits de la cartographie des inondations montrent les effets pour différent scénarios, qui sont toujours comparés avec la situation actuelle (ligne pointillée bleue):

Exemple de Coyecques – Lys intermédiaire

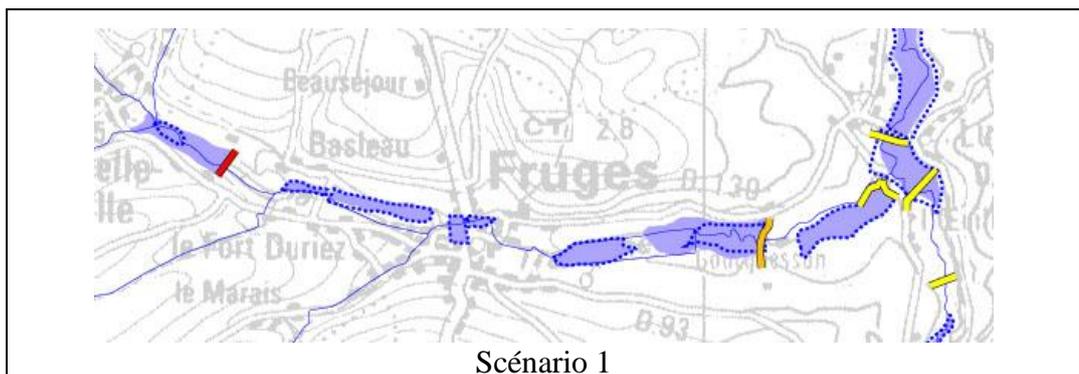
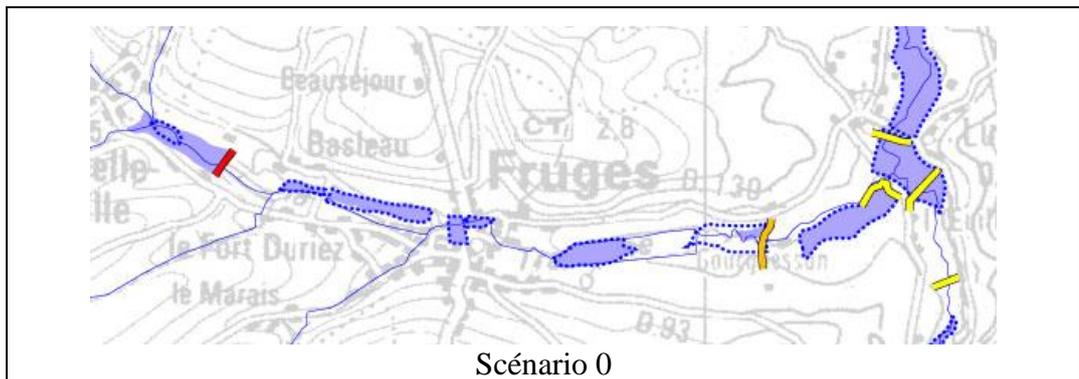
Le Scénario 0 (digue rouge) protège le village. Pour maîtriser les inondation à Delettes un ZEC complémentaire est nécessaire (digue orange). Dans le cas de scénario deux la partie inondée est plus important que dans les autres scénarios. Il n'y a pas des différences significative entre le scénario 1 et 3.

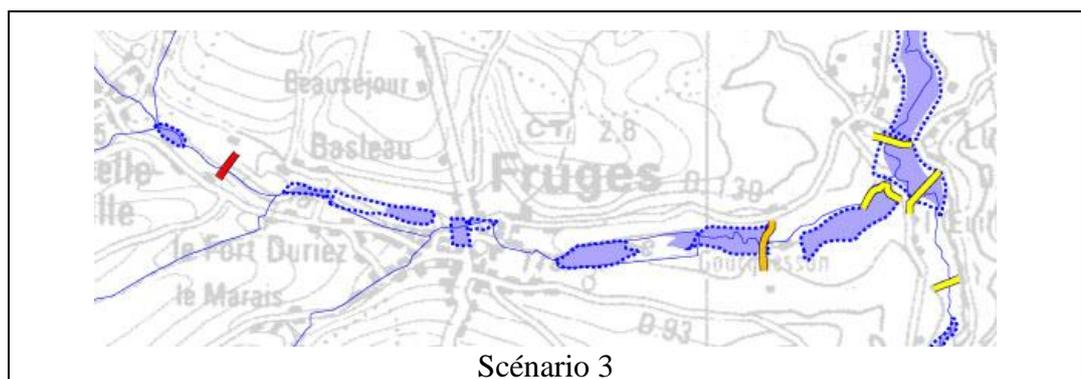
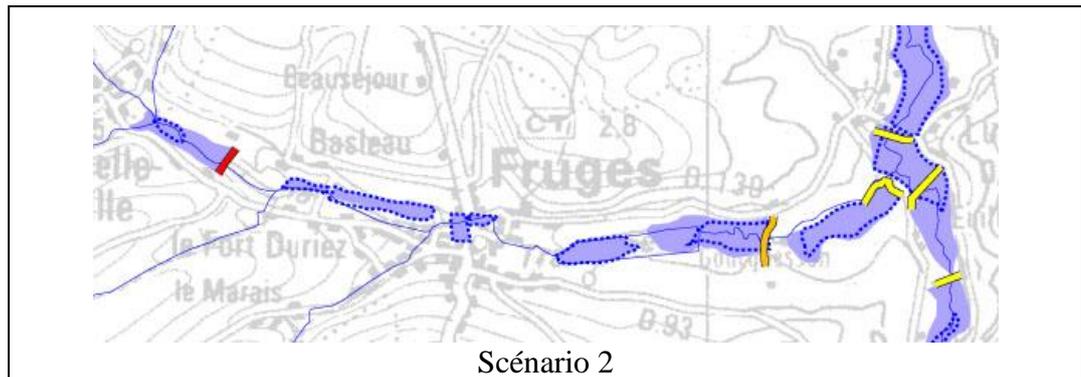




Exemple de Fruges – Traxenne – partie amont du bassin versant

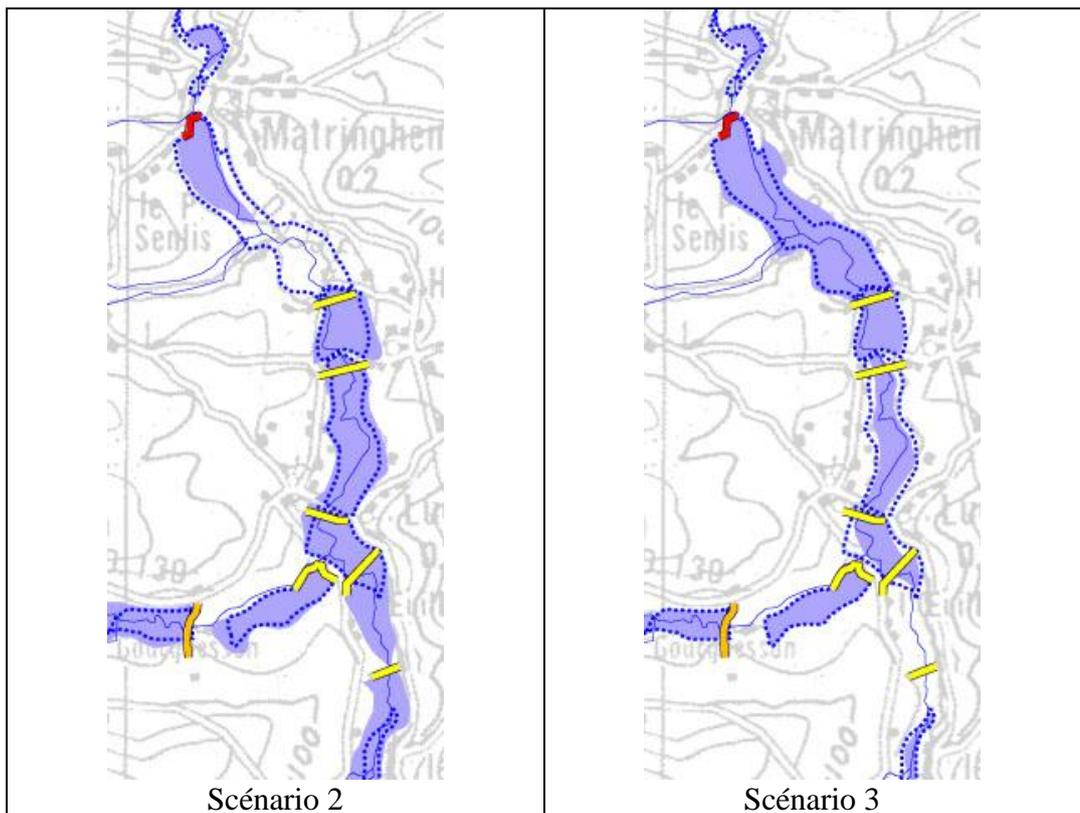
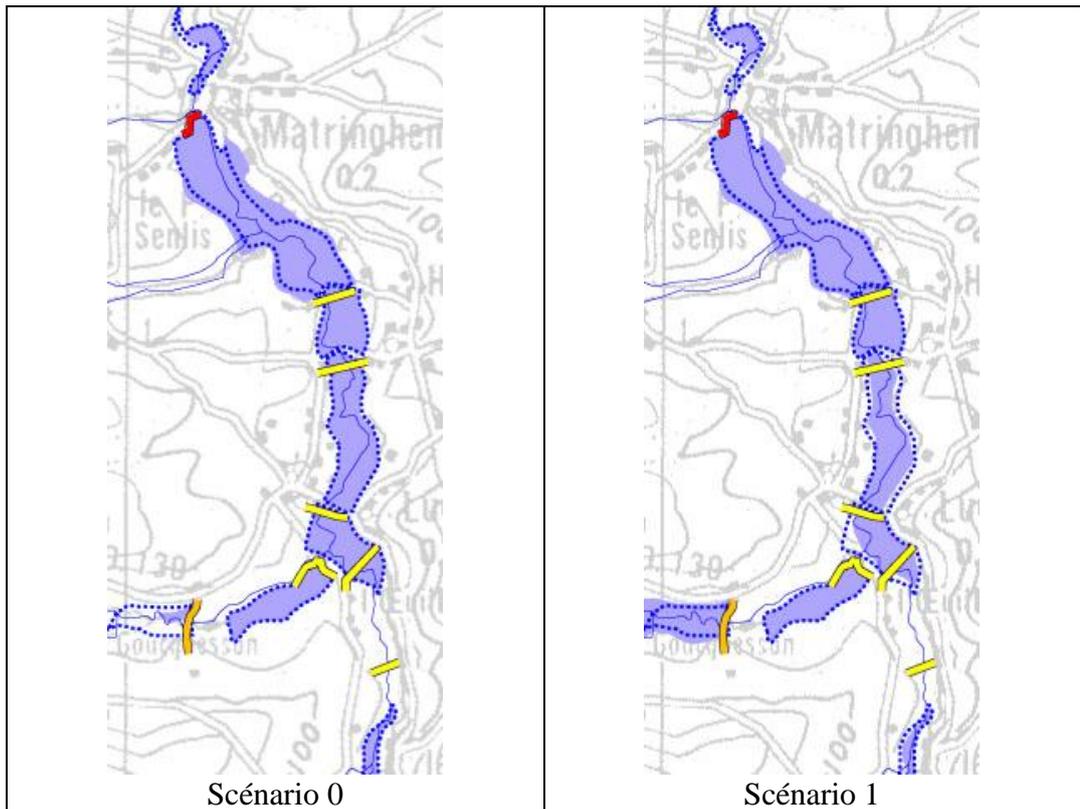
Le ZEC amont de Basleau comprise dans chaque scénario ne résulte pas dans une réduction significative des zones d'inondation – néanmoins – la réduction des niveaux à l' hauteur du Rue de Marais est important, et offre une protection contre des inondations pour un ordre de grandeur plus élevé. Avec le scénario un plus d'eaux est stocké dans la vallée de la Traxenne, mais les enjeux à protéger se trouvent plus en aval, dans la vallée de la Lys. Dans le cas de scénario deux la partie inondée est plus important que dans les autres scénarios. Le scénario trois a des effet très importants sur les inondation dans ce partie amont du bassin versant.





Exemple de Matringhem – Lys intermédiaire

La réduction de l'extension des champs de crues dans la vallée de la Lys aval de la confluence avec la Traxenne en scénario 1 comparée avec scénario 2 est remarquable. Par contre il n'y a pas une différence significative entre le scénario 1 et 3. Par contre le scénario a un impact considérable aux inondations, de façon que la principale ZEC de Matringhem est rendu redondante.



4.5.4 Protection des enjeux

A partir des résultats discutés dans les paragraphes précédents, on peut déduire les conclusions suivantes en ce qui concerne la protection des enjeux :

- **Scénario 0 (Principales ZEC) :**
La protection des centres d'habitation est limitée aux zones situées en aval des ZEC.
- **Scénario 1 (Grandes ZEC) :**
Assure la protection des enjeux les plus importantes situées dans les vallées principales.
- **Scénario 2 (Chapelet) :**
Les résultats sont comparables à ceux du Scénario 1, mais à cause de la fréquence et durée des inondations plus important, l'utilisation des zones d'inondation sera limitée
- **Scénario 3 :**
Assure la protection des enjeux situés dans les vallées secondaires.

4.5.5 Evaluation

A partir de ces observations on peut faire une première évaluation des effets des différents scénarios. On considère 5 critères d'évaluation :

- objectif global ;
- objectifs locaux ;
- effets environnementaux et paysagers ;
- régime hydraulique et des inondations ;
- coûts.

De façon synthétique on résume le sens des différents critères d'évaluation :

Objectif global

obtenir une réduction des débits à l'exutoire de la Lys à Aire, et ainsi contribuer significativement sur la gestion des crues à l'échelle du bassin de la Lys. On cherche une réduction de l'ordre de 7 à 8 m³/s, une réduction complémentaire est très positive.

Objectif local

améliorer le régime d'écoulements dans le bassin de la Lys rivière (amont de Aire sur la Lys) pour la protection des enjeux (locaux) dans le bassin versant (périmètre d'étude).

On fait la distinction entre les effets dans les vallées principale (Lys, Lys amont de la confluence avec la Traxenne, Traxenne), les vallées secondaires, les versants.

Une amélioration importante de la protection contre les inondations dans la vallée principale est positive. La situation contrôlable est considérée plus favorable.

Vallée secondaire : aménagements offrant une protection dans les vallées secondaires.

Versant : aménagements améliorant le régime hydrologique, et offrant une protection pour la lutte contre l'érosion.

Environnement/aspect paysager

les travaux et les ouvrages auront un effet sur l'environnement et le paysage. Dans le cas d'un nombre limité de ZEC les effets sont limités.

Régime hydraulique et des inondations

La préservation d'un régime naturelle est positive. La situation ou grandes parties de vallées (principales et secondaires) sont inondées très fréquemment, et de façon artificielle est négative.

Scénario 0 :

- Nombre d'infrastructures limité ;
- Effets environnementaux et socio-économiques limités ;
- Insuffisant pour satisfaire les objectifs globaux.

Scénario 1 :

- Nombre d'infrastructures limité ;
- Effets environnementaux et socio-économiques limités ;
- Permet de satisfaire, à des coûts raisonnables, les objectifs globaux et les objectifs locaux des vallées principales.

Scénario 2 :

- Travaux importants ;
- Effets socio-économiques et conséquences sur l'environnement importants ;
- Ne satisfait que les objectifs globaux.

Scénario 3 :

- Travaux importants ;
- Effets socio-économiques et conséquences sur l'environnement très importants ;
- Permettrait de satisfaire les objectifs globaux mais à des coûts exponentiels. Seule une sélection judicieuse d'ouvrages proposés par ce scénario permettrait de régler la plupart des problèmes.

C'est analyse nous permet, sans prendre en compte les coûts de chaque scénario, d'arriver à la matrice d'évaluation préliminaire suivante :

Scénario	Objectif Global	Objectif Local – vallées principales	Objectif Local – vallées secondaires	Objectif Local – versants	Environnement /aspects paysagers	Régime hydraulique /inondations	Coûts
0	(+)	(+)	()	()	(-)	(+)	à évaluer
1	+	++	()	()	-	+	à évaluer
1v	+	++	()	+	-/+	+	à évaluer
2	++	+	()	()	--	--	à évaluer
3	+	++	+	()	--	-	à évaluer
3v	+	++	+	+	--/+	-	à évaluer

4.6 ESTIMATION DES COÛTS

Dans cette partie, nous réaliserons une estimation des coûts pour les différents scénarios proposés. Cette estimation proposera une estimation globale du coût comprenant d'une part l'estimation du coût des travaux nécessaires à la mise en place du scénario et d'autre part les coûts liés à l'exploitation et à l'entretien des différents ouvrages mis en place.

De manière générale, le coût des travaux est variable en fonction du type d'aménagement, de sa localisation, de sa taille mais aussi de l'opérateur qui le met en place. Les ouvrages ou actions nécessitant des travaux de génie civil (terrassement, évacuation de terre, déversoir, enrochement bétonné) seront généralement évalué par rapport à la quantité de terre ou le volume de béton à manipuler. On peut dire que plus on terrasse des petits volumes, plus le coût sera élevé.

Des entreprises locales de terrassement sont de manière générale suffisantes pour réaliser ce type de travaux, ne nécessitant pas de faire appel à des entreprises spécialisées beaucoup plus onéreuses. Enfin, la réalisation par les intervenants privés (exploitants agricoles, propriétaires fonciers...) d'une partie des travaux permet de diminuer le coût de l'aménagement global de manière significative.

Par ailleurs, on souligne que la maîtrise ou non de tout ou partie du foncier par le maître d'ouvrage est à prendre en compte dans l'estimation du coût.

Concernant les ZEC et Bassins de Rétention, une estimation par ouvrage a été réalisée. Celle-ci tient compte des travaux de terrassement ainsi qu'à l'implantation de la vanne électronique au sein de cet ouvrage. A ce prix s'ajoute, la valeur du foncier sur lequel on implante l'ouvrage. L'emprise foncière de la zone inondable

n'est pas incluse dans cette estimation.

Pour ce qui est du coût d'exploitation et de l'entretien des ouvrages mis en place, il est généralement très faible. Il est également variable en fonction du type d'aménagement et de sa localisation.

L'entretien peut être assuré directement par le maître d'ouvrage ou peut être sous-traité à des entreprises.

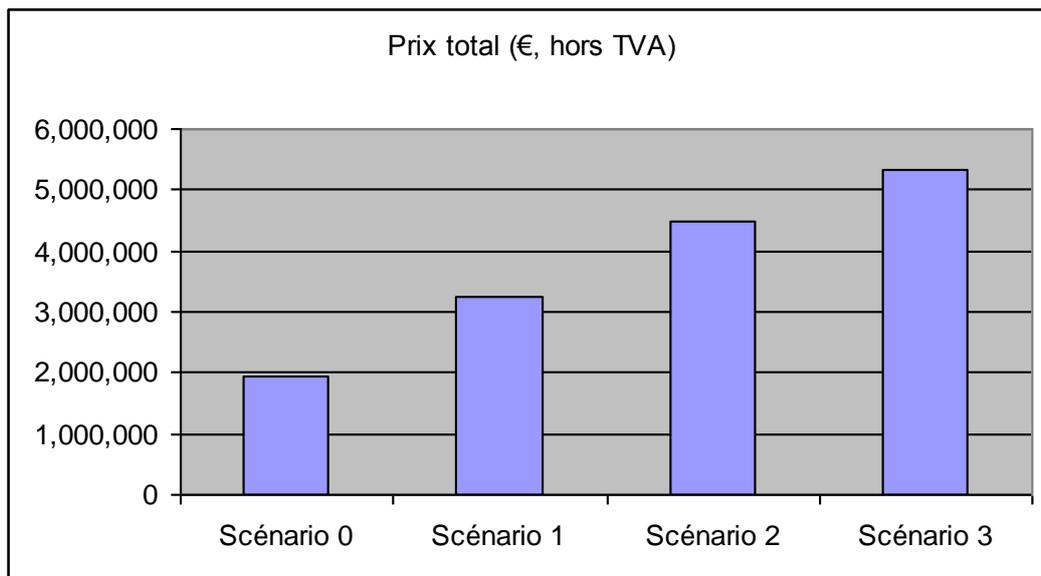
Nous donnerons, dans l'Annexe 3, une première appréciation quantitative sur l'ordre de grandeur de ces coûts, ce qui permettra de comparer les différents types d'aménagements.

Pour l'estimation des coûts on a considéré 7 postes. Pour chaque scénario on a préparé des estimations à la base des prix forfaitaires et unitaires applicables. Les quantités sont estimées à la base du SIG et conditions de projet.

Les détails sont données en Annexe 3.

Poste 1	Travaux de terrassement et remblai pour construction de digue ou toute autre partie d'ouvrage
Poste 2	Béton et travaille dure
Poste 3	Travaux de finition et plantation
Poste 4	Implantation et fourniture du clapet
Poste 5	Etude, autorisation et investigations
Poste 6	Achat du terrain (aspects fonciers)
Poste 7	Entretien (sur dix ans)

Scénario	Prix total (€, hors TVA)	Poste 1	Poste 2	Poste 3	Poste 4	Poste 5	Poste 6	Poste 7
0	2,078,905	65,225	90,015	124,290	1,375,000	108,172	150,750	165,453
1	3,474,318	96,885	162,026	172,423	2,375,000	184,400	202,950	280,633
2	4,696,975	234,815	468,076	385,423	2,545,000	264,279	436,050	363,331
3	5,564,521	352,600	776,626	502,240	2,625,000	360,408	522,000	425,647



Il apparaît que l'automatisation est un coût prépondérant général, en plus le coût s'élève en fonction du nombre des ouvrages.

Le coût complémentaire pour des aménagements diffus est données dans le tableau suivant.

Les Aménagements diffus et mesures hydrologiques

Nom - Lieu	Type	Unité	Quantité	Prix unitaire	Total
SB Pilot Fond de Dohem	Aménagement de haies talutées	ml	18,909	7.65	144,653.85
	Bandes enherbées	m ²	4,232	3.50	14,812.00
	Plis	m ³	921	7.35	6,769.35
	Fascine interparcellaire	ml	2,538	20.00	50,760.00
Total :					216,995.20
SB Pilot Lys Amont	Aménagement de haies talutées	ml	9,449	7.65	72,284.85
	Bandes enherbées	m ²	767	3.50	2,684.50
	Plis	m ³	339	7.35	2,491.65
	Fascine interparcellaire	ml	1,680	20.00	33,600.00
Total :					111,061.00
Lys Rivière et Liauwette y compris les deux SB Pilot	Aménagement de haies talutées	ml	100,417	7.65	768,190.05
	Bandes enherbées	m ²	257,182	3.50	900,137.00
	Plis	m ³	9,039	7.35	66,436.65
	Fascine interparcellaire	ml	18,392	20.00	367,840.00
Total :					2,102,603.70

Evaluation

Scénario	Objectif Global	Objectif Local – vallées principales	Objectif Local – vallées secondaires	Objectif Local – versants	Environnement /aspects paysagers	Régime hydraulique /inondations	Coûts
0	(+)	(+)	()	()	(-)	(+)	(-)
1	+	++	()	()	-	+	-
1v	+	++	()	+	-/+	+	/
2	++	+	()	()	--	--	--
3	+	++	+	()	--	-	---
3v	+	++	+	+	--/+	-	/

L'augmentation des coûts ne se traduit pas dans tous les cas dans une amélioration des conditions.

Bien sur le coût de scénario 0 est plus limité, mais aussi les effets positifs, qui ne sont pas suffisant. Le scénario 3 est le seul à garantir des effets positifs dans les vallées secondaires, mais ne contribue pas plus à l'objectif global que scénario 1. Le scénario 2 résulte dans un système très artificiel qui n'est pas acceptable de point de vue environnementale. Pour les vallées principales le scénario 1 semble le plus équilibré, pour un coût intermédiaire.

On peut conclure que le complément d'un grand nombre de bassins de rétention au scénario 1 ne contribue plus à l'objectif global. Cet investissement complémentaire n'est pas nécessaire. Il suffit de faire la sélection de ces bassins qui contribuent à l'amélioration du régime hydraulique dans les vallées secondaires pour la protection des enjeux locaux.

L'évaluation ne tient pas compte des variantes aux aménagements diffus, qui ne peuvent pas être envisagés sans la coopération des agriculteurs et les initiatives de la Chambre d'Agriculture.

Pour deux sous bassins versants pilotes une proposition détaillée a été élaboré dont l'estimation des coûts est aussi présenté en annexe. La réalisation des aménagements diffus et des changes dans les pratiques agricoles est indépendante des réalisations dans le cadre de la protection d'enjeux envisagé avec les scénarios de base, et est un trajet à développer indépendamment, en n'est pas déterminant dans le choix d'un tel ou tel scénario.

5 PROPOSITION

A partir des analyses on propose la mise en œuvre graduelle du Scénario 1 en combinaison avec la réalisation des bassins de rétention sélectionnés en fonction des objectifs locaux. Un tel parti devrait permettre :

- D'atteindre un équilibre optimal entre les objectifs globaux et la protection des enjeux locaux ;
- De limiter l'importance des travaux et leurs conséquences sur l'environnementales ;
- De préserver le régime naturel des crues (les ouvrages ne seront utilisés qu'autant que de besoin).

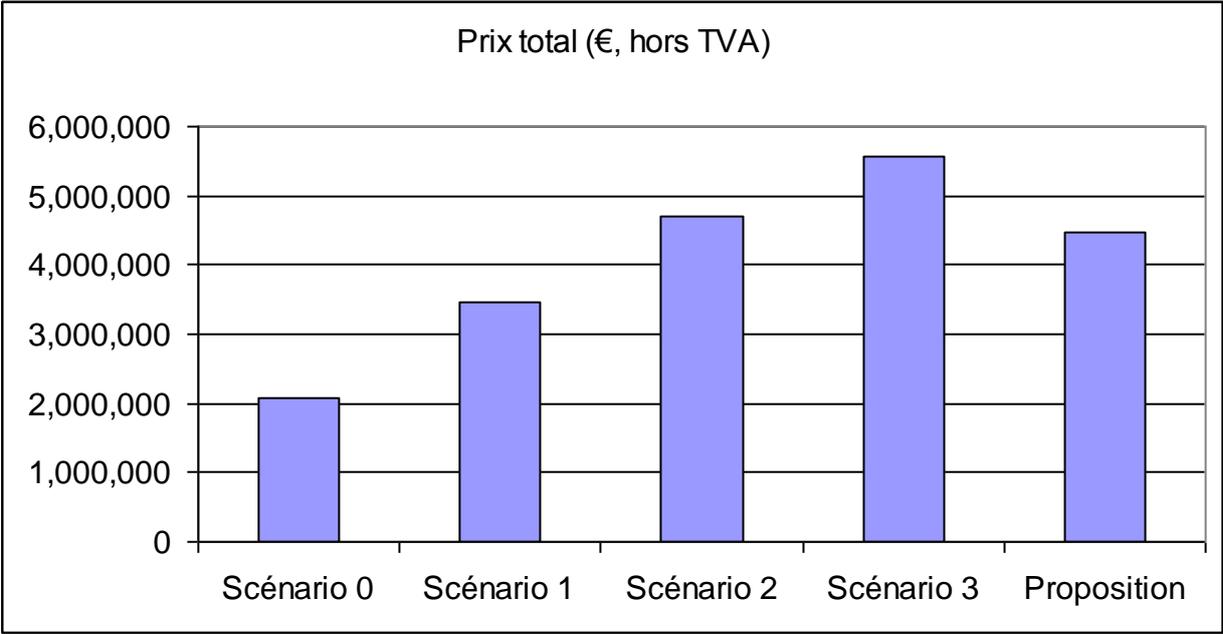
La réalisation de Scénario 1 peut se faire en deux étapes :

- la réalisation des 5 grandes ZEC de Scénario 0 (Warne – Liauwette, Basleau – Traxenne, Matringhem, Coyecques et Théroouanne – Lys), qui sont comprises dans le Scénario 1
- la réalisation des 4 ZEC complémentaires de Scénario 1 (Gourguesson – Traxenne, les Avènes, NouveaVILLE, Semblethun - Lys).

En même temps :

- Construction simultanée des Bassins de Rétention sélectionnés en fonction des priorités locales ; Le *Tableau 4-1* permet de faire la distinction entre les bassins de rétention choisis pour des objectifs globaux soit locaux. Les bassins « !!! » sont à considéré prioritaire vis à vis leur effet considérable sur les inondations dans les vallées principales dans la parti amont du bassin.
- Sensibilisation, dans le même temps, aux techniques d'hydraulique douce – et réalisation de tels aménagements dans deux bassins pilotes (Vallée de Laires et Fond de Dohem).

Le coût de ce scénario final est de l'ordre de 4.500.000, EURO (hors TVA).



ANNEXE 1
CARTE DES AMENAGEMENTS
A L'ECHELLE 1/25.000

(1 plan)

ANNEXE 2
CARTES SYNOPTIQUES DES SCENARIOS

(4 pages)

ANNEXE 3
CARTOGRAPHIE DES INONDATIONS

(1 plan)

ANNEXE 4
TABLEAUX D'ESTIMATION DES COUTS

(7 pages)

ANNEXE 5

MODELES HYDRODYNAMIQUES ET RESULTATS DES SIMULATIONS

(fichiers sur CD-rom)

Lys				
scénarios préliminaires				
éléments du scénario			répertoire	fichiers
situation actuelle			A15	A14_06
situation actuelle		+ aménagements diffus	A15	A14_06_1
1 ZEC sur Traxenne			A15sc	A14_06
2 ZEC sur Traxenne			A15sc	A14_07
2 ZEC sur Traxenne, 1 ZEC sur Lys			A15sc	A14_08
2 ZEC sur Traxenne, 2 ZEC sur Lys			A15sc	A14_09
2 ZEC sur Traxenne, 3 ZEC sur Lys			A15sc	A14_10
2 ZEC sur Traxenne, 5 ZEC sur Lys			A15sc	A14_13d
2 ZEC sur Traxenne, 5 ZEC sur Lys		+ aménagements diffus	A15sc	A14_13d1
situation actuelle	BDR sur vallée secondaires		15scBDR	A14_06
situation actuelle	BDR sur vallée secondaires	+ aménagements diffus	15scBDR	A14_06_1
2 ZEC sur Traxenne, 5 ZEC sur Lys	BDR sur vallée secondaires		15scBDR	A14_13d
2 ZEC sur Traxenne, 5 ZEC sur Lys	BDR sur vallée secondaires	+ aménagements diffus	15scBDR	A14_13d1
scénarios complémentaires				
scénario		fichiers		
situation actuelle			A14_06	
scénario 0			A14_14g3	
scénario 1			A14_14g31	
scénario 1v			A14_14g31v	
scénario 3			A14_14g33	
scénario 3v			A14_14g33v	
scénario 2			A14_g81	
Liauwette				
		éléments		
modèle		ZEC à Warne	BDR Fossé de la Cense	ZEC à Jumelle
12H45	situation actuelle			
12H01		x		
12H01b		x		
12H01bdr		x	x	
12H02				x
12H03		x		x

DOCUMENT CONTROL SHEET

**SYNDICAT MIXTE POUR LE SCHEMA
D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES
EAUX DE LA LYS
(SYMSAGEL)**

**PLAN DE GESTION GLOBALE ET EQUILIBREE DES
ECOULEMENTS ET DES CRUES
DES EAUX DE LA LYS RIVIERE**

**RAPPORT DE LA PHASE 4
RECHERCHE ET ETUDE D'AMENAGEMENTS
ET D'OUTILS DE GESTION**

**FBG2545
292**

3							
2							
1							
0	22-12-04		P. Haerens B. Manterola H. Doumenc	R. Adams	M. Huygens	C.P. De Meyer	Symsagel
Rev.	Date	Description	PRCo	PMgr	Control	DIR	CLIENT

PLAN DE GESTION GLOBALE ET EQUILIBREE DES ECOULEMENTS ET DES CRUES DES EAUX DE LA LYS RIVIERE

RAPPORT DE LA PHASE 4 : RECHERCHE ET ETUDE D'AMENAGEMENTS ET D'OUTILS DE GESTION

INDEX

1	ANALYSES ET PROPOSITIONS PRELIMINAIRES.....	1
1.1	DEFINITION DES ENJEUX	1
1.1.1	<i>Période de retour de protection</i>	<i>2</i>
1.1.2	<i>Zones à protéger.....</i>	<i>3</i>
1.1.3	<i>Débits restitués à l'exutoire de la zone d'étude</i>	<i>3</i>
1.2	INVENTAIRE DES SITES OU SECTEURS D'AMENAGEMENT POSSIBLES ET DES CONTRAINTES LIEES A CES SITES.....	4
1.2.1	<i>Démarche générale</i>	<i>4</i>
1.2.2	<i>Aménagements diffus – y inclus les aménagements agri-environnementaux ou pédo- agricoles</i>	<i>7</i>
1.2.3	<i>Bassins de rétention (BdR)</i>	<i>8</i>
1.2.4	<i>Zones d'expansion des crues (ZEC)</i>	<i>9</i>
1.3	PROPOSITIONS DE SOLUTIONS ET CONSTRUCTION DE SCENARIOS	10
1.3.1	<i>Propositions de solutions</i>	<i>10</i>
1.3.2	<i>Types de scénarios.....</i>	<i>11</i>
2	DIMENSIONNEMENTS ET SIMULATIONS DES SOLUTIONS ET SCENARIOS.....	13
2.1	SCENARIO ET VARIANTES AMENAGEMENTS DIFFUS	13
2.2	CONSTRUCTION DES DIFFERENTS SCENARIOS ET DISCUSSION DES RESULTATS	16
2.2.1	<i>Lys Rivière.....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>La Liauwette.....</i>	<i>26</i>
2.3	DISCUSSION ET CONCLUSIONS PRELIMINAIRES	29
3	SYNTHESE COMPARATIVE PRELIMINAIRES	31
4	SCENARIOS COMPLEMENTAIRES.....	33
4.1	DESCRIPTION	33
4.2	LES DEFINITIONS ET PRINCIPES DES DIFFERENTS OUVRAGES.....	36
4.2.1	<i>ZEC – les zones d'expansion des crues</i>	<i>36</i>
4.2.2	<i>Bassins de rétention.....</i>	<i>36</i>

4.2.3	<i>Aménagements diffus</i>	36
4.3	IMPLEMENTATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE	37
4.3.1	<i>Les ZEC</i>	37
4.3.2	<i>Les bassins de rétention</i>	39
4.3.3	<i>Les aménagements diffus</i>	41
4.4	CARTOGRAPHIE DES AMENAGEMENTS	41
4.5	SIMULATIONS.....	41
4.5.1	<i>Points clés</i>	41
4.5.2	<i>Volumes emmagasinés</i>	53
4.5.3	<i>Cartographie des inondations</i>	54
4.5.4	<i>Protection des enjeux</i>	58
4.5.5	<i>Evaluation</i>	58
4.6	ESTIMATION DES COUTS.....	60
5	PROPOSITION	64

ANNEXE 1 : CARTE DES AMENAGEMENTS

ANNEXE 2 : CARTES SYNOPTIQUES DES SCENARIOS

ANNEXE 3 : CARTOGRAPHIE DES INONDATIONS

ANNEXE 4 : ESTIMATION DES COÛTS

ANNEXE 5 : MODELES HYDRODYNAMIQUES ET RESULTATS DES SIMULATIONS