



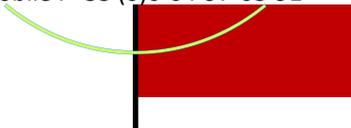
Design Hydraulique & Energie

14 rue d'Aix 13510 EGUILLES

Email : sonnetolivier@neuf.fr

Tel/Fax : +33 (0)4-88-05-39-92

Mobile : +33 (0)6-64-97-03-91



PHASE 1

Analyse de la documentation, du fonctionnement du bassin versant et des données SHYREG

Date	20 juin 2013
Réalisation	Olivier SONNET
Modification	V5



 <p>Design Hydraulique & Energie 14 rue d'Aix 13510 EGUILLES Email : sonnetoliver@neuf.fr Tel/Fax : +33 (0)4-88-05-39-92 Mobile : +33 (0)6-64-97-03-91</p>	Analyse hydrologique sur les TRI de Lille, Lens, Douai et Valenciennes dans le cadre de la Direction Cadre Inondation	Phase 1
	Rapport Phase 1 – Juin 2013	

Création - Modifications

Indice	Auteur(s)			Vérificateur(s)			Approbateur(s)		
	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date
V1	Olivier SONNET		29/06/2013						
V2	Olivier SONNET		06/08/2013						
V3	Olivier SONNET		27/08/2013						
V4	Olivier SONNET		02/09/2013						
V5	Olivier SONNET		09/09/2013						

Historique des modifications

Indice	Date	Paragraphes modifiés / Objet
V2	06/08/2013	Prise en compte des remarques de la DREAL NP
V3	27/08/2013	Prise en compte des remarques de l'IRSTEA
V4	02/09/2013	Prise en compte des remarques de l'IRSTEA
V5	09/09/2013	Dernières modifications + ajout de nouveaux éléments

Diffusion

Destinataire(s)	Nb
DREAL Nord Pas de Calais	1
IRSTEA	1



SOMMAIRE

1	<u>ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE DES DOCUMENTS EXISTANTS</u>	6
2	<u>ANALYSE DU FONCTIONNEMENT GENERAL DES BASSINS VERSANTS ET DES AXES HYDRAULIQUES CONCERNES</u>	23
2.1	ETAT DES LIEUX DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXISTANTES PAR SOUS-BASSIN VERSANT	23
2.2	IDENTIFIER LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE STRUCTURANT ET LES BASSINS VERSANTS A PRENDRE EN COMPTE SUR LE SECTEUR D'ETUDE	29
2.3	DETERMINER LES HYPOTHESES A RETENIR POUR TENIR COMPTE DU CARACTERE NAVIGABLE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE STRUCTURANT :	46
2.3.1	TRANSFERTS DE DEBITS INTERBASSINS :	46
2.3.2	MODALITES DE GESTION DES VOIES NAVIGABLES (EN PERIODE DE CRUE):	46
3	<u>PRISE EN MAIN ET ANALYSE DES DONNEES SHYREG</u>	48
3.1	DEFINITION DES POINTS D'INJECTION DES MODELES HYDRAULIQUES	48
3.1.1	TRI LENS ET LILLE : CANAL DE LENS, DEULE ET LYS	48
3.1.2	TRI DOUAI ET VALENCIENNES : SCARPE MOYENNE, AVAL ET ESCAUT	49
3.2	VERIFIER LA COMPLETUDE DES DONNEES SHYREG AU REGARD DE LA LISTE DES POINTS POUR LESQUELS L'ANALYSE HYDROLOGIQUE DOIT FOURNIR DES HYDROGRAMMES	51
3.3	POUR LES POINTS NON COUVERTS DEFINIR DES REGLES SIMPLES D'ANALOGIE ENTRE SITES PROCHES POUR EN DEDUIRE LES VALEURS DE DEBITS ET D'HYDROGRAMMES	53
4	<u>PREMIERE ANALYSE DE LA COHERENCE ENTRE LES DONNEES SHYREG ET LA DOCUMENTATION EXISTANTE</u>	54
4.1	RAPPELS GENERAUX SUR LES DEBITS SHYREG	54
4.1.1	LES GRANDES ETAPES POUR LA PRODUCTION DES DEBITS SHYREG	54
4.1.2	RAPPEL DES LIMITES D'UTILISATION DE LA METHODE ET PRECAUTION A PRENDRE AVEC LA DONNEE	55
4.2	COHERENCE SUR LES BASSINS VERSANT ETUDIES	57
4.2.1	COMPARAISON AU NIVEAU DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXPLOITABLES	57
4.2.2	COMPARAISON AU NIVEAU DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXPLOITABLES ET AVEC LES RESULTATS DES AUTRES ETUDES	60
5	<u>PROPOSITION ET VALIDATION DES ADAPTATIONS EVENTUELLES A APPORTER A LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE</u>	64



Table des illustrations

Figure 1 - Débits de crue observés et calculés (..... 15

Figure 2 : Cartographie des stations hydrométriques exploitables à l'échelle des 3 TRI 28

Figure 3 : Synoptique de la dérivation de la Scarpe 33

Figure 4 : Synoptique de la dérivation de la Deûle..... 34

Figure 5 : Synoptique du fonctionnement hydraulique sur la Scarpe aval..... 36

Figure 6 : architecture du réseau hydrographique sur la Scarpe aval 37

Figure 7 : Synoptique des voies navigables sur le TRI de l'Escaut 38

Figure 8 : Réseau hydrographique de la Sensée amont 39

Figure 9 : Confluence canal de Mons - Escaut..... 42

Figure 10 : Cartographie des bassins versant – TRI de la Deûle et de la Lys aval 43

Figure 11 : Cartographie des bassins versant – TRI Douai 44

Figure 12 : Cartographie des bassins versant – TRI Valenciennes 45

Figure 13 : Cartographie des nœuds de calcul sur les TRI de Lille et Lens..... 49

Figure 14 : Cartographie des nœuds de calcul sur les TRI de Douai et Valenciennes 50

Figure 15 : Cartographie de la couverture des points de calcul SHYREG Nord Pas de Calais..... 52

Figure 16 : Débits spécifiques 10 et 100 ans – TRI de la Scarpe..... 62

Figure 17 : Débits spécifiques 10 et 100 ans – TRI de l'Escaut..... 62

Figure 18 : Cartographie de l'occupation des sols 65

Figure 19 : Cartographie des risques de remontée de nappe (sensibilité) 66

Bibliographie

Elaboration du Plan de Prévention des risques naturels d'inondation (PPRI) de la vallée de la Marque – Actualisation de l'Atlas des Zones Inondables (AZI) – 1997 et 2013 / Artelia

Etude hydraulique et réalisation de l'Atlas des zones inondables de la vallée de la Scarpe aval – 2008 / Artelia

Données Banque Hydro pour les quantiles de crue utilisées (dans la phase 1, les ajustements non pas été repris).

PPRI de l'Ecaillon – 2012 / Prolog Ingénierie (en cours)

PPRI de la Selle - 2013 / Prolog Ingénierie (en cours)

PPRI de la Lys (seulement la note de présentation) – 2005 / Artelia

Données SHYREG et documents utilisateur / IRSTEA

VNF : protocole de gestion des crues, dossier « ouvrage » par écluse

Modélisation hydrodynamique de la Lys et de la Deûle dans le Nord de la France / Sous-rapport "2" – Scénario et analyses (Pereira, F; Vereecken, H.; Cornet, M.; Mostaert, F. – Mars 2010)



L'objet du présent dossier est la réalisation d'une analyse hydrologique préalable à l'élaboration des cartes de surfaces inondables sur les TRI de Lille, Lens, Douai et Valenciennes (événements fréquent, moyen et extrême). Cette analyse hydrologique a donc pour vocation de déterminer pour un certain nombre de points du réseau hydrographique, les quantiles de débits et les hydrogrammes associés pour les 3 scénarios de référence à prendre en compte sur les 4 secteurs suivants :

- le TRI de Lille (Deûle et Lys) – la Marque n'est pas à étudier mais un point du réseau devra être positionné à la confluence de la Marque et de la Deûle,
- le TRI de Lens (Lys, canal de Lens),
- le TRI de Douai (Scarpe),
- le TRI de Valenciennes (Escaut).

La méthodologie proposée pour atteindre cet objectif repose sur l'exploitation des données issues de la base SHYREG. Dans un premier temps, la validité des données issues de la base SHYREG est vérifiée. Pour cela, un travail de contrôle/validation est réalisé à partir de données issues de sites jaugés. En fonction du résultat de ces contrôles/validations, des correctifs sont appliqués aux données, en premier lieu aux stations jaugées, puis étendus aux sites non jaugés qui constituent la grande majorité des apports latéraux.

Le travail proposé s'appuiera sur les 4 phases suivantes :

Phase	Intitulé
Phase 1	Analyse de la documentation et du fonctionnement du bassin versant, ainsi que des données SHYREG.
Phase 2	Comparaison, sur une série de stations existantes, des quantiles de crue estimés par la méthode du Gradex esthétique avec ceux fournis par la base SHYREG
Phase 3	Application de correctifs sur les débits SHYREG, sur les stations-bassins de contrôle puis en sites non jaugés
Phase 4	Production d'hydrogrammes de référence pour une modélisation hydraulique en régime transitoire



1 ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE DES DOCUMENTS EXISTANTS

Est proposée tout d'abord, une synthèse rapide des principaux éléments intéressants le présent projet issus de la bibliographie. Seuls les études ou documents permettant de préciser le fonctionnement hydraulique des bassins versants étudiés et les débits retenus pour les modélisations hydrauliques existantes sont exploitées. Beaucoup d'éléments sont repris de manière intégrale, afin de conserver l'essentiel des hypothèses émises dans les précédentes études. [Les observations ou éclairages apportés par le prestataire sont indiqués en bleu.](#)

Nota : aucune étude hydraulique ou hydrologique n'a été mise à disposition sur le bassin de la Deûle.

Nom du document / Secteur d'étude	Année / Auteur	Commentaires
<p>AZI Scarpe aval (Phase 1 et Phase 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Scarpe de l'écluse de Fort-sur-Scarpe à la confluence avec l'Escaut. - L'Escaut de l'écluse de Pont-Malin à la confluence avec la Scarpe 	2008 / SOGREAH	<p><u>Typologie des crues :</u></p> <p>Sur les principaux sous-bassins versants, les crues sont plutôt lentes, les pentes faibles et la plaine de la Scarpe contribuant à ralentir les crues et à étaler dans le temps les volumes écoulés. Les crues les plus fortes sont généralement consécutives à des pluies hivernales longues, peu intenses et présentant des cumuls élevés. Ce type d'événements a tendance à saturer les sols des sous-bassins versants et donc à engendrer une réponse généralisée de ces sous-bassins.</p> <p>Outre les fortes pluies hivernales, plusieurs événements estivaux ont été enregistrés sur le bassin. Ils se sont produits généralement après des périodes pluvieuses engendrant une saturation progressive des sols lors des jours précédents l'orage.</p> <p><u>Apports amont pris en compte dans la modélisation hydraulique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Apports principaux correspondant à l'Escaut, la Scarpe et la Haines à Hensies pour le canal de Condé-Pommeroeul, - Apports secondaires des affluents de la Scarpe (Courant de Coutiches, de l'Hôpital, l'Elnon, Courant des Fontaines d'Hertain et de la Balle de la Tillière) et de l'Escaut (la Selle, l'Ecaillon, la Rhonelle, l'Hogneau). <p><u>Résumé des hypothèses pour la prise en compte des apports amont :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Apports principaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ Apport constant de 1 m³/s pour l'écluse de Fort de Scarpe (cette hypothèse semble toutefois avoir été modifiée dans un scénario spécifique envisageant le délestage des eaux du canal à grand gabarit vers la Scarpe aval en cas de crue sur les secteurs à fort enjeux du canal de la Deûle et si la situation de la Scarpe aval le permet ; cette hypothèse est à relier avec le protocole de gestion de crue instauré par

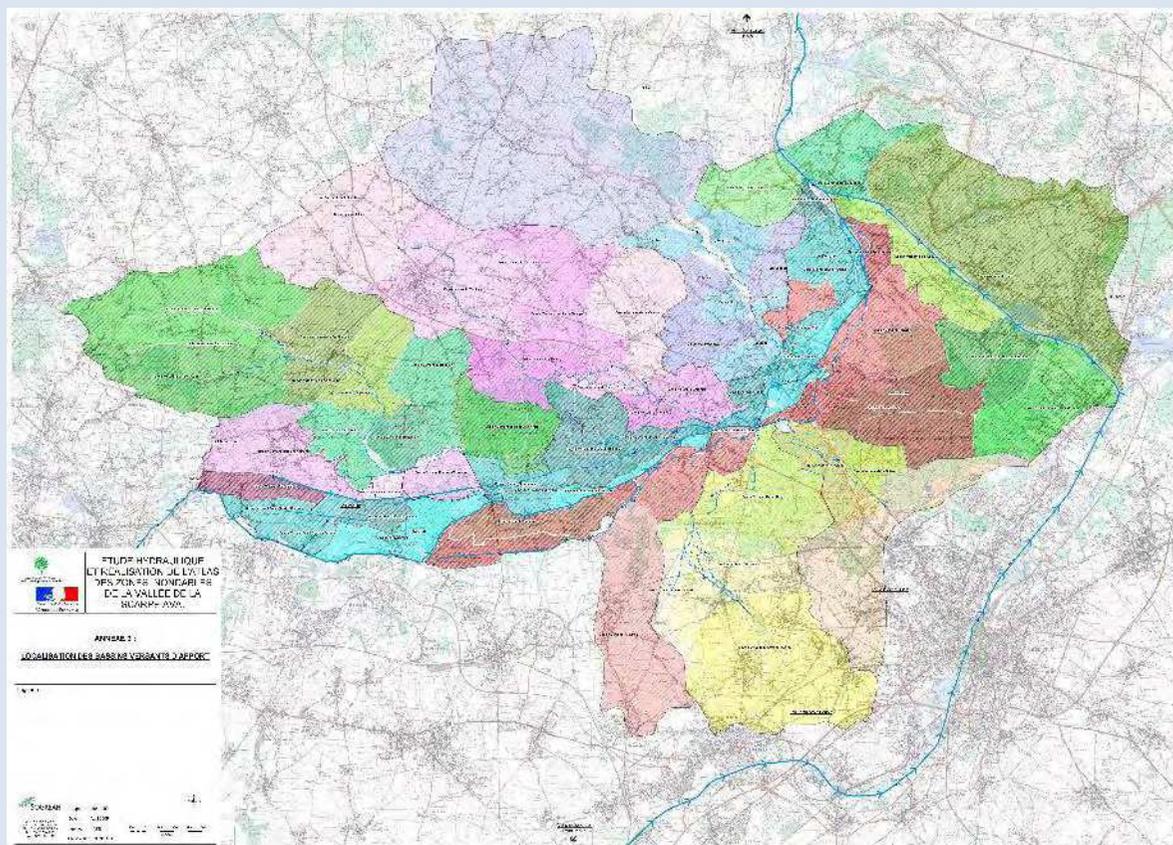


VNF – pas de précisions dans le document sur l'incidence de ce scénario sur le débit d'entrée à l'écluse de Fort de Scarpe),

- Apports à partir des données VNF à Iwuy et Goelzin pour l'Escaut à Pont Malin (bief de partage entre l'Escaut et la Sensée) et des débits définis dans l'étude hydrologique pour la Haine à Hensies
- Apports secondaires : Une étude hydrologique spécifique a été réalisée pour définir les hydrogrammes liés aux principaux points d'apport secondaires.

Quelques précisions sur la démarche adoptée dans l'étude hydrologique réalisée :

- 1) Un découpage du secteur d'étude en sous-bassins versant a été effectué, aboutissant à la **définition de plus de 70 points d'apport** :



2) Principales étapes de calcul :

- Calcul du débit décennal (à partir d'une loi régionale pour le bassin versant)
- Calcul du débit centennal (à partir de la méthode du gradex avec le choix d'une hypothèse de saturation de 10 ans + abattement du gradex des pluies en fonction de la surface de bassin versant)
- Définition des hydrogrammes de crue 100 ans à partir d'une formulation spécifique.

La méthodologie générale consiste à estimer le débit décennal de chaque bassin puis à extrapoler les débits centennaux selon la méthode du gradex. L'estimation du débit décennal s'effectue au moyen de plusieurs méthodes dont les résultats sont ensuite confrontés aux observations et critiqués : formule CRUPEDIX, méthode SCS simplifiée, méthode SOCOSE, méthode rationnelle, données de la Banque Hydro (ajustements statistiques de type Gumbel).

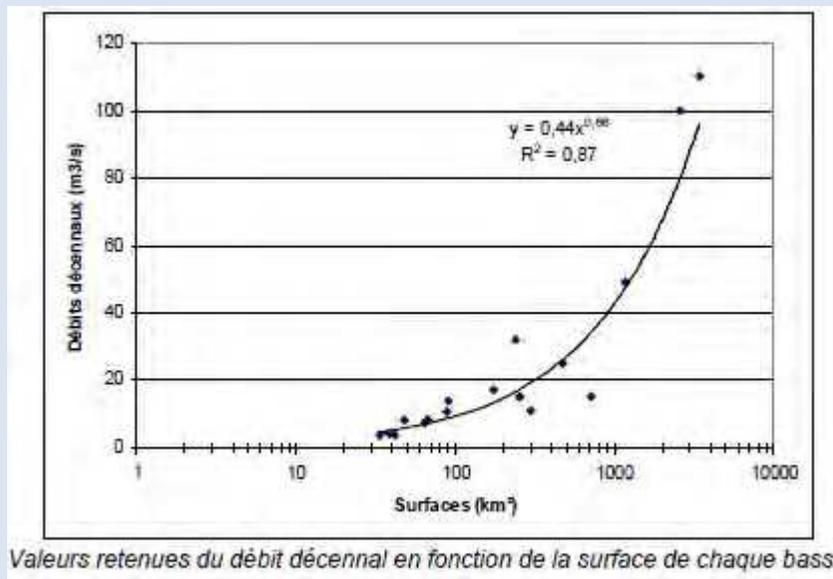
Est rappelé dans le document que, théoriquement :

- l'application de la méthode SCS simplifiée se limite aux bassins de moins de 15 km² ;
- la formulation de la méthode SOCOSE a été établie à partir de l'observation de 5000 crues sur 187 bassins versants ruraux de 2 à 200 km² ;
- la formulation de la méthode CRUPEDIX a été obtenue par une approche statistique multi variables réalisée sur 630 bassins versants dont les surfaces variaient entre 1,4 km² et 52 000 km².

Détermination des débits 10 ans :

Une loi régionale a été définie pour le bassin versant à partir des valeurs retenues : **Q 10 ans = 0.44 x S^{0.66}**. (avec Q 10 ans : débit de pointe d'occurrence 10 ans en m³/s et S : superficie en km²).





Détermination des débits 100 ans à partir de la méthode du gradex : [hypothèse forte sur le gradient des pluies et la période de saturation](#)

- pour toutes les stations sur lesquelles les temps de concentration sont inférieurs à 24h, nous considérons le gradex des pluies journalières.
- pour les stations de l'Escaut à Hordain, Condé et Maulde ainsi que pour la Scarpe canalisée, nous considérons le gradex des pluies de 2 j compte tenu des temps de concentration calculés.
- prise en compte de l'abattement fonction de la surface (coefficient pris égal à 0.8).
- choix d'une période de retour de saturation de 10 ans.

Nota : Les gradex pluviométriques utilisées pour l'étude sont issus de la DPPR (1995). Compte tenu de la superficie des bassins versants, le gradex des pluies sur 2 jours avait également été étudié. Celui-ci varie de 6,4 mm au poste de Givenchy à 11,1 mm à Carnières.

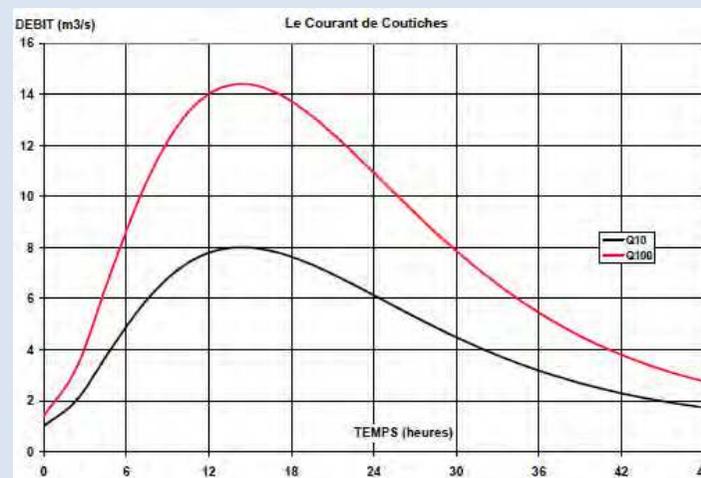
Détermination des hydrogrammes synthétiques de crue à partir de la formulation suivante avec :

$$Q(t,T) = \left(\frac{t}{t_m}\right)^d e^{-\frac{d-t}{t_m}} \times (Q(T) - Q_{base}) + Q_{base}$$



Paramètres fixés :

- $Q_I(T)$ le débit de pointe de période de retour T en m^3/s ,
- d le coefficient de forme de l'hydrogramme,
- Q base le débit de base au temps $t = 0$ de l'hydrogramme,
- t_m le temps de montée au pic (h).



Nota : Le paramètre d intègre un effet de laminage des pointes dans la définition des hydrogrammes synthétiques. En effet, à temps de montée égal, plus la valeur de d est faible, plus l'hydrogramme est étalé dans le temps.

Compte tenu de la nature des écoulements et des débits de crue estimés sur les bassins jaugés, la définition d'hydrogrammes de crue standard a été privilégiée comme entrée du modèle hydraulique plutôt que l'utilisation d'une transformation pluie-débit définie sur des sous bassins versants élémentaires qui risquerait de conduire à la modélisation d'hydrogrammes de crue en complet désaccord avec les faibles écoulements enregistrés.

La modélisation hydraulique et la définition des zones inondables semblent ensuite s'être appuyées sur plusieurs hypothèses d'association des hydrogrammes de crue en fonction du cours d'eau concerné.

En effet, sur le cours de la Scarpe, une crue centennale ne pourra pas être obtenue avec des hydrogrammes des affluents également centennaux. Les hydrogrammes introduits sont tels (en pointe et en temps d'apparition) qu'en aval de la confluence, le débit de pointe soit centennal et que la forme de l'hydrogramme se rapproche de la forme standard, c'est-à-dire que le volume soit cohérent avec le volume attendu.



⇒ La méthode d'association des hydrogrammes de crue n'est pas détaillée dans les rapports de phase 1 et 2 (hypothèse pour ne pas créer de dérive statistique).

Une démarche de calcul en deux étapes :

- Etape 1: Calage des paramètres de l'approche sur les bassins jaugés et disposant d'enregistrements hydrométriques fiables.

Quels sont les bassins versant conservés pour la procédure de calage ?

- La Scarpe à Brebières
- La Traitoire à Wandignies-Hamage
- Le courant Fontaines d'Hertain à Hasnon
- Le courant de Coutiches à Flines-lez
- La Balle de la Tillière à St-Amand-les-Eaux
- La Scarpe (canalisée) à Mortagne-du-Nord
- Le courant de l'Hospital à Bousignies
- L'Elnon à Lecelles
- L'Hogneau à Thivencelle
- La Selle à Denain
- L'Ecaillon à Thiant
- La Rhonelle à Aulnoy

D'une manière générale, la définition des valeurs du paramètre d est effectuée sur peu de crues. L'utilisation de l'ensemble des crues disponibles sur chaque bassin et en particulier des crues les plus fortes qui y sont enregistrées permet cependant d'estimer la forme synthétique des crues. **Les résultats restent incertains du fait du manque de représentativité des épisodes disponibles. En effet, seules quatre stations disposent d'hydrogrammes de crue supérieure ou égale à la crue décennale.**

Sur les stations de la Scarpe à Brebières et à Mortagne, les hydrogrammes observés sont différents dans la mesure où certaines crues sont nettement influencées par les ouvrages présents sur le bassin. Malgré cela, la forme proposée à Mortagne pour la crue de juillet 2005 qui est la plus forte enregistrée et pour laquelle des données sont disponibles, est tout à fait réaliste.

Sur les bassins du Courant de Coutiches, du Courant de l'Hôpital, de l'Ecaillon et de la Rhonelle, il semble préférable de retenir une valeur du temps de montée égale au temps de concentration calculé avec la formule de Passini.

Enfin, le bassin de la Traitoire est particulier (seules 2 crues sont disponibles et la station a été arrêtée). La crue de décembre 2002 a été ajoutée, mais les périodes de retour sont trop faibles pour que les hydrogrammes soient représentatifs.



- Etape 2 : Extrapolation sur les bassins versants non-jaugés à partir des similitudes avec les bassins jaugés (principales caractéristiques physiques et situation géographique des bassins).
Compte tenu des observations faites sur les données hydrométriques et physiques et en vue de couvrir un grand nombre de possibilités de génération de crues à l'échelle du bassin de la Scarpe, les hypothèses suivantes ont été retenues :
 - o le paramètre de forme d est fixé à 2,
 - o le temps de concentration est calculé avec la formule de Passini pour les affluents du Nord et avec celle de Giandotti pour les autres,
 - o le coefficient d'écoulement est fixé à 10% dans la plaine de la Scarpe,
 - o le ratio QIX/QJ est fixé à :
 - ✓ 1,1 pour les sous bassins dont la pente est inférieure à 0,2 %,
 - ✓ 1,3 pour les sous bassins dont la pente est supérieure ou égale à 0,2 %,
 - ✓ le cas de la Balle de la Tillière est traité à part. Un ratio à 1,5 a été appliqué sur ce bassin mais ne peut être considéré comme représentatif des sous bassins de la Scarpe compte tenu du fort pourcentage de terrains occupés par la forêt comparativement aux autres sous bassins.

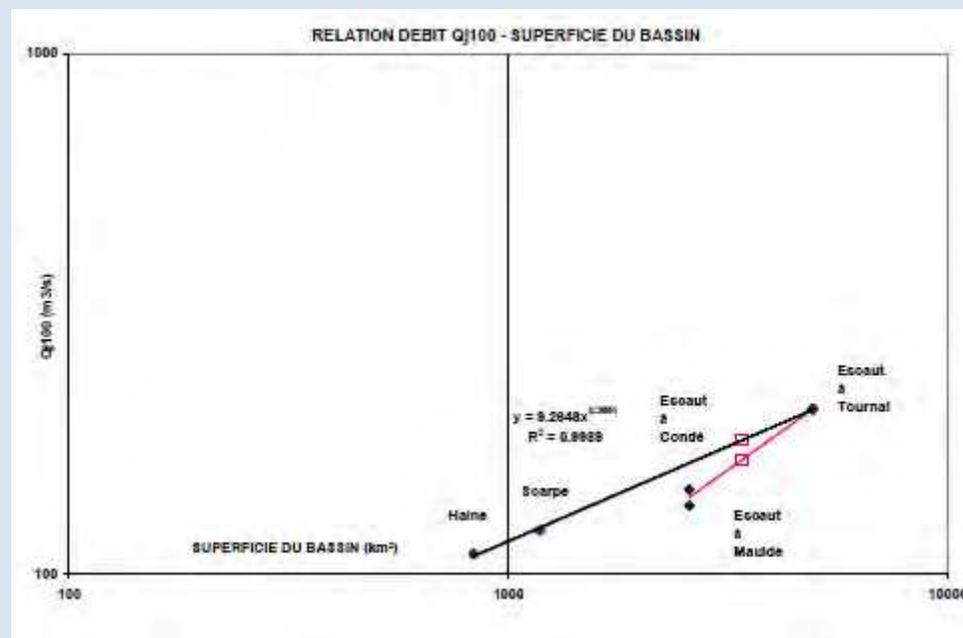
Sur la Scarpe, entre Brebières et le point d'entrée du modèle hydraulique, le bassin a été traité sur la base des résultats obtenus à partir des données issues de la Banque Hydro compte tenu de la nature très influencée des écoulements :

- $d = 4$,
- temps de montée égal à 0,5 jour,
- coefficient d'écoulement de 5 %,
- ratio QIX/QJ fixé à 1,1.
- ⇒ Les hydrogrammes de crue entrés dans le modèle hydraulique ne sont pas disponibles dans les rapports de phase 1 et 2 (possibilités de les reconstituer à partir des paramètres du rapport).
- ⇒ Les paramètres physiques des sous-bassins versant d'entrée (surface du BV, Plus Long Chemin Hydraulique, Altitude max, Altitude de l'exutoire, Pente moyenne, Méthode utilisée pour le calcul du temps de concentration, débit décennal) sont accessibles dans un tableau en page 17 du rapport de phase 2.

Les chroniques débitmétriques à disposition sur le secteur aval de l'Escaut ont été exploitées pour déterminer à partir d'ajustement statistique les débits centennaux, et in fine définir une loi $Q_{100 \text{ ans}} = a.S^b$.

Une station hydrométrique sur la Haine à Hensies (données belges probablement) semble avoir été utilisée (1998 à 2007) pour définir le débit journalier centennal. Ces chroniques ont probablement été exploitées pour fixer l'hydrogramme d'apport propre au canal de Pommeroeul-Condé en amont de la confluence avec l'Hogneau.





Le graphique montre une relation en $S^{0,37}$ si on ne considère pas les résultats obtenus pour l'Escaut à Condé (données réputées douteuses : Calcul du débit centennal à partir d'un échantillon de 19 années sur l'Escaut à Condé (1961 à 1979) données peu fiables et approche permettant difficilement d'envisager la détermination du Q100 ans).

En considérant les deux relations établies sur le graphique, on obtient les valeurs suivantes :

- 1) $Q_j^{100 \text{ ans}}$ (Condé) = 135 m³/s à 145 m³/s.
- 2) $Q_j^{100 \text{ ans}}$ (Maulde) = 165 m³/s à 180 m³/s soit une valeur moyenne de 173 m³/s et une incertitude relative de 5% ce qui reste acceptable.

Les hydrogrammes de crue synthétiques ont été fixés avec les paramètres suivants :

- L'Escaut en amont de la Scarpe :
Les hydrogrammes synthétiques sont déterminés à partir des données de débit journalier à Condé. Compte tenu de la surface du bassin (2 580 km²), le pas de temps journalier ne pose a priori pas de problème particulier. Les hydrogrammes synthétiques de crue sont définis de la façon suivante :
 - o d = 2 à 4,
 - o temps de montée égal à 2 jours



		<p>Par ailleurs sur ce bassin, les résultats de Phase 1 mettent en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ un coefficient d'écoulement de l'ordre de 15 %, ○ un ratio QIX/QJ de 1,1. <p>- <u>L'Escaut en aval de la Scarpe :</u> La comparaison des crues observées simultanément à Maulde sur l'Escaut et à Mortagne sur la Scarpe met en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ la concomitance des crues (crues enregistrées aux mêmes dates), ○ la concomitance des pics (pointes de crue enregistrées presque simultanément), ○ la concomitance des débuts de montée aux pics, ○ les contributions de l'Escaut sont plus importantes que celles de la Scarpe en aval de la confluence. Ce résultat est assez intuitif compte tenu des surfaces respectives drainées par les deux bassins versants. Sur l'Escaut, la forme des crues en aval de la confluence est très voisine de celle des crues en amont. <p>Les données instantanées de la station de Maulde sur l'Escaut mettent en évidence que les débits sont très influencés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ montées très rapides avec t_m (1 j) nettement inférieur à t_c (2 j), ○ décrues très lentes, ○ variations du débit fonction de la gestion des ouvrages. <p>D'une façon générale, pour les deux stations de l'Escaut, la valeur de 4 pour le paramètre d semble mieux adaptée. Il faut cependant être prudent dans la mesure où les hydrogrammes analysés ne sont pas représentatifs de phénomènes rares.</p>
<p>Note de présentation Plan de prévention des risques naturels inondation (PPRI) vallée de la Lys Aval</p>		<p>⇒ Les hydrogrammes de crue utilisés pour la définition des aléas centennaux ne sont pas présentés dans le présent document. Il semble que ces valeurs soient issues de l'Atlas Régional des zones inondables du Bassin Versant de la Lys (1998).</p> <p>Les événements historiques de 1993 et 1999, qui dépassaient parfois l'événement modélisé, ont été recensés (missions Eurosense) => mise à jour des aléas modélisés à partir de photos aériennes.</p> <p>Les crues sur la Lys surviennent généralement après un épisode pluvieux de 6 jours, avec une forte intensité durant 2 à 3 jours. Cependant, les crues les plus dévastatrices sont principalement dues à la durée de la pluie et non à son intensité. Le maximum de la crue intervient en moyenne 2 jours après le maximum de l'épisode pluvieux. Les deux crues de référence analysées sont celles de 1974 et 1993. La crue de 1980 a aussi été étudiée, mais n'a pas provoqué d'importantes inondations. Celle de 1999 n'a pu être intégrée puisqu'elle est survenue après réalisation de l'étude hydraulique. Les crues de 1974 et 1993 sont des crues d'hivers, qui ont été provoquées par des épisodes pluvieux de longues durées (14 jours en</p>



1974 et près d'un mois en 1993). Cependant les intensités pluvieuses ne sont pas exceptionnelles, seule la pluie de 1974 approche la pluie décennale.

Les stations hydrométriques gérées par la DIREN Nord-Pas-de-Calais sur le bassin de la Lys sont, d'amont en aval, Lugy, Delettes, Robecq et Armentières. Mais les données de ces stations sont mises en doute et de nombreuses anomalies mises en évidence.

NB : la méthode de la double masse consiste à mettre en regard la progression simultanée de deux échantillons de données en principe corrélés l'un à l'autre ; les volumes écoulés d'une extrémité à l'autre du bassin entrent bien dans cette catégorie.

Les débits calculés l'ont été à l'aide d'un modèle de transfert pluie-débit (code de calcul PLUTON). Ce type de code utilise des données fixes réputées infaillibles (pluies réelles, paramètres physiques du bassin versant), des paramètres à ajuster (débit de base, coefficient d'écoulement) et des relations de transfert des quantités d'eau.

Les caractéristiques des crues historiques sur le bassin de la Lys, pour ces stations, sont les suivantes :

Épisode et durée	Station	Débit (m³/s)	
		Observé (max. jour)	Calculé (pointe)
Novembre 1974 15 jours de pluie	Lugy	6	6,61
	Delettes	14,2	14,77
	Robecq	4,4	7,76
	Armentières	[1]	83,08
Février 1980 9 jours de pluie	Lugy	4	4,27
	Delettes	4	10,22
	Robecq	3,2	4,67
	Armentières	61	55,42
Décembre 1993 >15 jours de pluie	Lugy	6,5	8,67
	Delettes	20,7	22,27
	Robecq	8	8,28
	Armentières	95 [2]	104,2

Figure 1 - Débits de crue observés et calculés

Nota : [1] pas de données [2] station plafonnée 50% du temps.

L'épisode de décembre 1993 a été le plus important en termes de débit sur toute la vallée de la Lys.

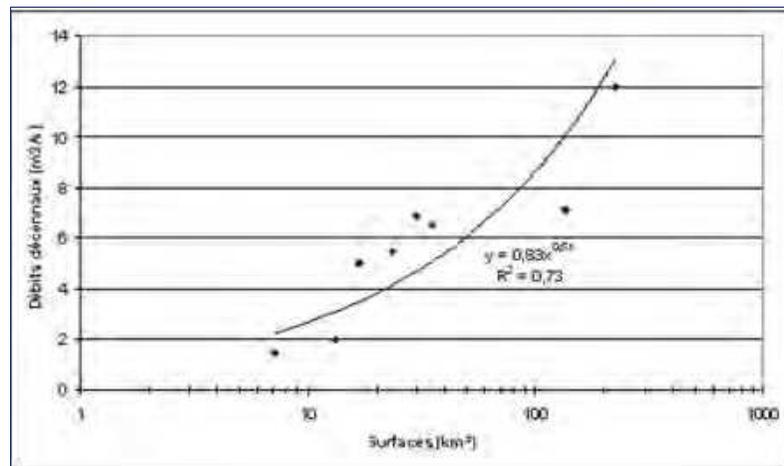
Sources documentaires :



		<ul style="list-style-type: none"> - Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, DIREN, SOGREAH - Atlas Régional des zones inondables du Bassin Versant de la Lys : hydrologie et hydraulique, constat et compréhension - transfert des crues par modélisation hydraulique de la Lys et de ses affluents, Novembre 1998. - Direction Départementale de l'Équipement du Pas-de-Calais, SOGREAH. Études complémentaires: atlas des zones inondables du bassin versant de la Lys, de la Lawe et de la Clarence, secteur Laquette - Arsenal, Novembre 2003.
AZI de la Marque	SCE/IWACO/Deft Hydraulics - 1998	<p>Les hydrogrammes de crue 10 et 100 ans sont générés à partir d'une approche de type QdF (Débit –Durée-Fréquence : cette approche permet notamment de travailler avec des débits et des volumes de crue de même fréquence). Le modèle de Vandenesse a été retenu ; ce choix a notamment été motivé par le fait que les crues sur la vallée de la Marque sont relativement longues, et la volonté donc de travailler avec un volume de crue de même période de retour. La crue centennale semble avoir été évaluée à partir d'une approche de type gradex esthétique (donc méthode intégrant la pluie).</p> <p>Seuls les résultats à Pont à Marq sont directement accessibles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Q 10 ans = 4.3 m³/s, - Q 100 ans = 13.4 m³/s.
AZI de la Marque (powerpoint COTECH n°1) + Rapport de Phase 3	<p>Artelia – 21 février 2011</p> <p>Artelia – 06 février 2013</p>	<p><u>Grands principes de l'analyse hydrologique :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Marque amont : <ul style="list-style-type: none"> - Analyse statistique des données des stations hydrométriques, - Formules d'hydrologie classiques. 2) Marque aval : <ul style="list-style-type: none"> - Analyse statistique des données des stations hydrométriques, - Formules d'hydrologie classiques. 3) Affluents principaux amont : <ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation des données débitmétriques, - Formules d'hydrologie classiques, - Analyse de transformation Pluie-Débit (forme). 4) Affluents principaux aval : <ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation des données débitmétriques, - Formules d'hydrologie classiques, - Analyse de transformation Pluie-Débit (forme). 5) Affluents secondaires : <ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation des données débitmétriques, - Formules d'hydrologie classiques. <p><u>Détermination des débits décennaux :</u></p>



- Analyse des stations (gumbel – 2 échantillonnages),
- Temps de concentration et coefficients d'écoulement à retenir,
- Formules d'hydrologie classiques en tout point.



Détermination des débits centennaux :

- Méthode du gradex (incrément de pluie équivalent à l'incrément de débit),
- Hypothèse légitime sur la Marque (saturation des sols).

Hydrogrammes synthétiques :

- Formulation globale
- $$Q(t,T) = \left(\frac{t}{t_m}\right)^d e^{-\frac{d \cdot t}{t_m}} \times (Q(T) - Q_{base}) + Q_{base}$$
- Paramètre d permettant de varier la forme de l'hydrogramme,
 - Calage sur les crues observées,
 - Attribution des types d'hydrogrammes suivant les résultats des phases précédentes.

Nota : il semble toutefois qu'une modélisation pluie-débit simplifiée a été mise en place sur les affluents afin de préciser la forme des hydrogrammes de crue à retenir en termes d'apports secondaires.



Bassin	Surface (km ²)	QI10	QI20	QI50	QI100
Marque à Pont à Marq	30.0	6.9	8.6	10.8	12.4
Marque à Bouvines	135.0	7.1	10.3	14.3	17.4
Marque à Port Dragon	220.0	10.9	15.6	21.6	25.3
Marque total	250.0	11.5	16.7	23.4	28.4

Débits de chaque bassin versant pour différentes périodes de retour (débits en m³/s)

Nota : les résultats ci-dessus représentent les résultats des calculs hydrologiques sans prise en compte des zones de stockage.

Intéressant de noter que les crues subies sur ce bassin se produisent principalement en hiver (2/3 environ), et sont caractérisées par des durées de submersion longues.

« Le bassin de la Marque présente une structure de son réseau hydrographique organisé autour d'un chenal principal et de plusieurs affluents secondaires. Il présente une augmentation progressive des débits de l'amont vers l'aval. En outre, les crues les plus fortes sont généralement consécutives à des pluies hivernales. Ce type d'événements est extensif et concerne l'ensemble du bassin. Par conséquent, tous les affluents secondaires sont en crue à la même période que la Marque. »

En outre on notera la présence de zones de stockage des eaux :

- Zone de marais s'étendant d'Ennevelin/Fretin à Bouvines soit au niveau amont du périmètre d'étude. Ces marais d'accompagnement de la Marque jouent un rôle essentiel de régulation lors des crues. La Marque présente en effet un secteur de très faible pente constituant une zone naturelle d'écrêtement des crues d'Ennevelin jusqu'à Bouvines,
- Zone de prairies humides plus en aval s'étendant de Tressin à Forest-sur-Marque/Hem,
- Zone de marais d'Ennevelin/Fretin à Bouvines,
- Zone de prairie humide de Tressin à Forest-sur-Marque/Hem.

En conclusion, on retiendra que :

- Les débits sur le secteur aval à Marquette-Lez-Lille sont estimés à (à partir d'une modélisation hydraulique intégrant les zones de stockage) :
 - o Q10 = 10.5 m³/s (estimation d'un écrêtement de 1 m³/s)
 - o Q100 = 13.5 m³/s (estimation d'un écrêtement de 14.9 m³/s).

Des travaux sont en cours pour définir le débit 1000 ans à partir du même principe de calcul.



<p>PPR de la Selle – Phase 3</p>	<p>Prolog Ingénierie - Avril 2013</p>	<p>Une approche probabiliste avait été retenue dans un premier temps pour la détermination des débits de référence, dans le but de cartographier les zones inondables. Toutefois, il a été constaté que le débit mesuré en crue n'intégrait par l'ensemble des écoulements (contournement de la station à partir de 20 m³/s). Une approche par modélisation hydrologique spatialisée a finalement été retenue (définition d'une pluie de projet centennale à partir de la forme de la pluie de juillet 1980 / fonction de production : SCS), pour la définition des hydrogrammes de crue :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le débit de pointe reconstitué pour la crue historique de juillet 1980 a été évalué à 45 m³/s (contre 17.8 m³/s annoncé dans la Banque Hydro) à partir d'une modélisation hydraulique, à la station de Douchy-les-Mines. - Le débit de pointe de l'aléa de référence (occurrence centennale) est de l'ordre de 60 m³/s à la station hydrométrique. 																				
<p>PPRI de l'Ecaillon – Phase 3 provisoire</p>	<p>Prolog Ingénierie - Avril 2013</p>	<p>L'hypothèse d'une sous-estimation des débits mesurés avant 1984 (ou d'un remaniement du lit) sous-entend que tous les épisodes de crue antérieurs à cette date (novembre 1963, décembre 1965-66, janvier 1968, juin 1969 et juillet 1980) présentent un débit incohérent avec les conditions d'écoulement et la capacité hydraulique actuelle de l'Ecaillon.</p> <p>Il semblerait par ailleurs que la courbe de tarage ait été corrigée en 1995 pour coller de manière plus précise aux jaugeages effectués en périodes de hautes eaux (avec notamment des débits mesurés supérieurs à 10 m³/s), données dont elle ne disposait pas avant 1995. Une approche par modélisation hydrologique spatialisée a donc été préférée (choix nécessitant la définition d'une pluie de projet toujours difficile à objectiver). Les résultats hydrologiques ne semblent pas présentés dans les documents actuellement disponibles.</p> <p>Les précédentes études proposaient des approches différentes qui sont rappelées ci-dessous :</p> <table border="1" data-bbox="996 895 1957 1302"> <thead> <tr> <th></th> <th>Q10 (m³/s)</th> <th>Q50 (m³/s)</th> <th>Q100 (m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Méthode inondabilité du CEMAGREF (SAFEGE – AZI 2000)</td> <td>23.1</td> <td>/</td> <td>33.3</td> </tr> <tr> <td>SOGREAH 2008 (Etude hydraulique – AZI de la Vallée de la Scarpe aval)</td> <td>17</td> <td>26.8</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>Ajustement sur une loi de Gumbel 1962 – 2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>/:</td> </tr> <tr> <td>Ajustement sur une loi de Gumbel 1985-2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)</td> <td>13.1</td> <td>19</td> <td>21.6</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Nota : dans le cadre de l'étude SOGREAH, les approches suivantes avaient été mises en œuvre :</i></p>		Q10 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Méthode inondabilité du CEMAGREF (SAFEGE – AZI 2000)	23.1	/	33.3	SOGREAH 2008 (Etude hydraulique – AZI de la Vallée de la Scarpe aval)	17	26.8	31	Ajustement sur une loi de Gumbel 1962 – 2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)	12	18	/:	Ajustement sur une loi de Gumbel 1985-2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)	13.1	19	21.6
	Q10 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)																			
Méthode inondabilité du CEMAGREF (SAFEGE – AZI 2000)	23.1	/	33.3																			
SOGREAH 2008 (Etude hydraulique – AZI de la Vallée de la Scarpe aval)	17	26.8	31																			
Ajustement sur une loi de Gumbel 1962 – 2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)	12	18	/:																			
Ajustement sur une loi de Gumbel 1985-2012 (Station hydrométrique de Thiant-sur-Ecaillon)	13.1	19	21.6																			



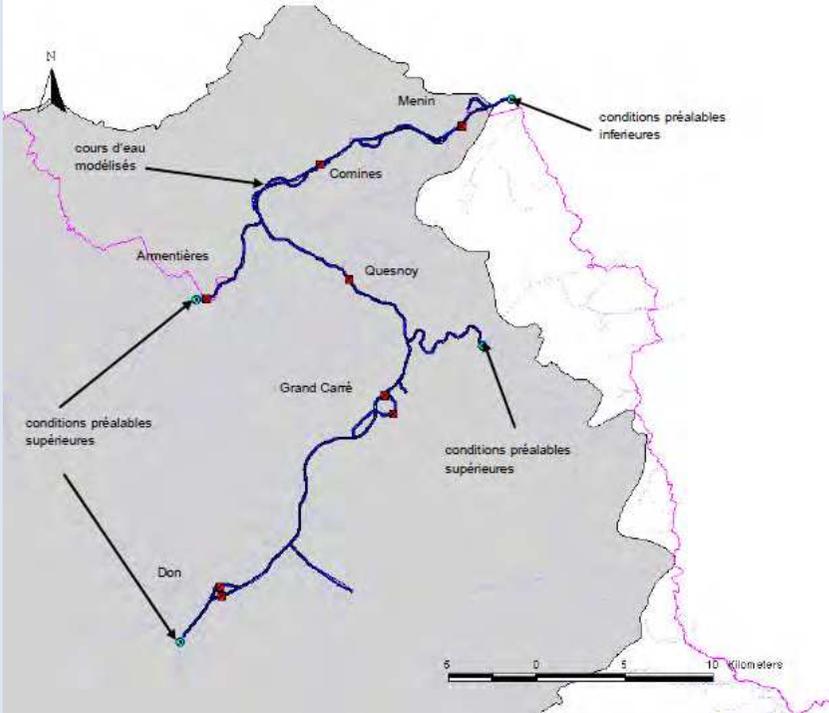
		<ul style="list-style-type: none"> - Le débit décennal a été évalué dans l'étude SOGREAH à partir d'une moyenne entre plusieurs méthodes (Crupédix, Socose, SCS et Rationnelle) avec de nombreuses incertitudes. - Pour les débits de période de retour supérieures à 10 ans, une extrapolation de type gradex à partir des valeurs de gradex 1 j et 2 j a été réalisée.
<p>Modélisation hydrodynamique de la Lys et de la Deûle dans le Nord de la France</p> <p>Sous-rapport "2" – Scénario et analyses</p>	<p>Waterbouwkundig Laboratorium</p> <p>Flanders Hydraulics Research</p>	 <p>Des informations sont notamment disponibles sur les scénarios hydrologiques de crue (10 et 100 ans) retenus à l'écluse de Menin. <i>Le bassin versant de la Lys à Armentieres est annoncé avec une superficie de 1717 km².</i></p> <p>Pour les analyses de scénario, on applique des crues indicatives d'une période de retour de 10 et 100 ans à la partie amont du modèle. Comme un volet statistique n'était pas inclus dans cette étude, des données provenant d'études antérieures ont été utilisées. Ainsi a été reprise, une estimation des débits maxima de la Lys à Menin pour un T = 100 ans à 221 m³/s et à 192 m³/s pour période de retour de 10 ans. Le tableau suivant reprend ces débits de la Lys à Menin pour différentes périodes de retour.</p>



Tableau 5: Débits pour différents périodes de retour, Lys à Menin, basés sur une distribution exponentielle au-dessus du seuil d'inondation de 154,52m³/s (Vereecken, 2004). Les données exploitées couvrent une vingtaine d'années de 01/10/1998 au 13/2/2007.

Tableau 5: Débits pour différents périodes de retour, Lys à Menin, basés sur une distribution exponentielle au-dessus du seuil d'inondation de 154,52m³/s (Vereecken, 2004).

T (ans)	Q (m ³ /s)
1	163
2	172
5	183
10	192
25	203
50	212
100	221
500	241

Les débits maxima de la Lys à Armentières fournis par VNF pour le T 10 et le T 100 sont de 85 m³/s et 100 m³/s. Les hydrogrammes de crue diffèrent cependant selon la source, et pour cette raison la forme d'une crue historique (décembre 2005) adaptée (« resized ») a été retenue pour représenter les hydrogrammes de crue.

⇒ Les débits statistiques calculés pour 10 et 50 ans pourront être réutilisés à titre informatif (pas d'informations à ce stade sur la qualité et la taille de la chronique de débits utilisée).



Synthèse par bassin versant étudié des éléments exploités :

Trois études avec des résultats exploitables pour la présente analyse :

- AZI de la Scarpe aval : TRI de Douai et de Valenciennes,
- AZI de la Marque : un sous bassin versant sur le TRI de la Deûle,
- PPRI de la Selle : un sous bassin versant sur le TRI de Valenciennes,
- PPRI de l'Ecaillon : un sous bassin versant sur le TRI de Valenciennes.

Les méthodes mises en œuvre sur les bassins versant de la Scarpe aval, l'Escaut et la Marque sont identiques (opérateur : Artelia). Il ressort de leurs analyses que la faiblesse des données hydrométriques fiables, a contraint l'opérateur a appliqué une démarche en deux temps :

- **Définition des débits décennaux** à partir du croisement de plusieurs méthodes (dont par exemple la méthode rationnelle). Il ressort par exemple de l'analyse de l'AZI de la Scarpe aval, que les résultats issus de la méthode rationnelle ont souvent été retenus. A partir de ses résultats, une loi régionale (régression en fonction puissance) a été définie afin de pouvoir proposer un calcul du débit décennal en tout point du bassin versant.
- **Définition des débits centennaux** à partir de la **méthode du gradex** (avec prise en compte d'un abattement spatiale de la pluie). La période de saturation a été fixée à 10 ans sur le bassin de la Marque. Il faut reconnaître que peu d'éléments sont à disposition (des mesures en l'occurrence) pour encourager au choix d'une méthode de calcul et de ses paramètres.

Pour le PPRI de la Selle, une approche spécifique a été retenue (modèle spatialisé pluie-débit). A noter qu'un essai a été réalisé (approche non-retenue pour le calcul du scénario centennal de référence) sur le bassin de la Selle avec la **méthode du gradex esthétique** avec le choix d'une période de saturation de 10 ans.



2 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT GENERAL DES BASSINS VERSANTS ET DES AXES HYDRAULIQUES CONCERNES

2.1 ETAT DES LIEUX DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXISTANTES PAR SOUS-BASSIN VERSANT

Un état des lieux assez précis avait été réalisé sur les stations présentes sur le bassin de la Scarpe et de l'Escaut. Ce dernier a donc été remis au goût du jour avec les éléments actuels.

Quelques remarques préliminaires :

- La station d'Auby (mise en place pour mieux cibler les débits entrant sur le canal de la Deûle) ne semble produire aucune donnée (après vérification auprès des services en charge de l'hydrométrie cette station n'est pas fonctionnelle).
- Sur plusieurs stations hydrométriques, les procédures CRUCAL ne sont pas à jour et n'intègrent donc pas tous les événements.
- La localisation de la station de Condé-sur-Escaut est imparfaite (cette station a été abandonnée en 1980). Hypothèse a été faite, que cette station était positionnée en amont de la confluence avec le canal de Mons au vu de la superficie de bassin versant déclaré.
- De manière générale, la qualité des mesures (ou la représentativité de la valeur mesurée : en effet la présence de nombreux ouvrages hydrauliques sur le bassin de la Scarpe aval rend difficile la mesure du débit de crue réel) et la durée des chroniques ne permettent pas de disposer d'une donnée de base satisfaisante pour des calculs statistiques. Ce problème de fond était déjà évoquée dans l'étude AZI de la Scarpe aval : « *L'ensemble des stations arrêtées présentait généralement des problèmes en termes de qualité des données. Nous nous appuyerons donc plus particulièrement sur les stations encore en service. Sur l'ensemble des stations en service, les courbes de tarage sont généralement difficiles à définir avec précision (canaux utilisés pour la navigation, possibilité d'avoir des circulations d'eau dans les deux sens en fonction du positionnement des ouvrages...). Enfin, le passage d'un bateau peut induire des fluctuations de cotes ne correspondant pas à une variation du débit.* »

⇒ Les tableaux suivants synthétisent cet état des lieux par TRI, en précisant notamment les stations hydrométriques exploitables pour des comparaisons avec les débits SHYREG.



TRI	Code station	Nom station	BV		Période	Régime influencé	Qualité des mesures			Commentaires	Exploitabilité pour l'étude
			S (km²)	Commentaires			BE	ME	HE		
TRI de la Deûle	E2071105	La Scarpe à Brebières	473	Incertain	[2004 - 2012]		Bonne	Bonne	Bonne	Station à ultrason Cette dernière a remplacé la station E2071110 (donc données complémentaires de 1972 à 1981)	Oui
	E3016500	La Deûle à Auby	200	Incertain	[2005 - 2012]	Fortement à l'étiage	Bonne	Bonne	Bonne	Station à ultrason Aucune donnée dans la Banque Hydro	Non
	E3102110	La Deûle à Don	Non précisé		[2005 - 2012]	Fortement à l'étiage	Bonne	Bonne	Bonne	Station à ultrason Très peu de données intégrées dans Crucal	Oui
	E3412100	La Deûle à Wambrechies	Non précisé		[2005 - 2012]	Fortement à l'étiage	Bonne	Bonne	Bonne		Oui
	E3102110	La Marque à Pont à Marcq	30		[1984 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Bonne	Bonne		Oui
	E3346010	La Marque à Bouvines	135			Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse		Non
	E3671250	La Lys à Armentières	Non précisé		[1970 - 1994]					Aucune donnée brute dans la Banque Hydro Données statistiques accessibles	Non
	E3660120	La Lys (canalisée) à Armentières	1 691	Incertain	[2004 - 2001]					Aucune donnée brute dans la Banque Hydro	Oui
	E3811210	La Lys à Wervicq-Sud	2 900	Connu ??	[1961 - 1980]	Pas ou faiblement	Douteuse	Bonne	Douteuse		Non



TRI	Code station	Nom station	BV		Période	Régime influencé	Qualité des mesures			Commentaires	Exploitabilité pour l'étude
			S (km ²)	Commentaires			BE	ME	HE		
TRI de Douai et Valenciennes (Scarpe aval et Escaut)	E1566010	La Sensée à Etaing	299	Connu	[1991 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse		Non
	E1726020	La Selle à Denain	252	Connu	[1981 - 2012]		Douteuse	Bonne	Douteuse	Station peu précise mais permet de connaître l'apport de la Selle dans l'Escaut Dans le cadre du PPRI de la Selle, il a été mis en évidence que cette station ne mesure pas l'intégralité des écoulements en crue.	Non
	E1727510	L'Écaillon à Thiant	173	Connu	[1962 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Les données semblent correctes depuis 1985. La courbe de tarage a toutefois été modifiée en 1995 suite à un problème de restitution d'une crue significative. Il est donc préférable de considérer que les données sont fiables à partir de 1995.	Non
	E1766010	La Rhonelle à Aulnoy-lez-Valenciennes	84.4	Connu	[1963 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Bonne	Bonne		Non.
	E1827020	L'Hogneau à Thivencelle	240	Connu	[1972 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Bonne	Bonne		Non
	E2400411	L'Escaut à Maulde	3 400	Incertain	[2004 - 2012]	Fortement en étiage	Bonne	Bonne	Bonne		Oui
	E1830410	L'Escaut à Condé-sur-l'Escaut	2 580	Connu ??	[1961 - 1980]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	QJ seulement	Non
	E2371105	La Scarpe (canalisée) à Mortagne-du-Nord	1 230	Connu ??	[2004 - 2012]	Fortement en étiage	Bonne	Bonne	Bonne	Station ultra-son récente et de bonne qualité Influences : de l'Escaut en aval, des remous liés à la circulation fluviale (circulation des eaux dans les 2 sens)	Oui



E2365010	La Traitoire à Wandignies-Hamage	42	Connu	[1982 - 2003]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Fermée car les données sont de mauvaise qualité. Dérivation de la Traitoire dans la Scarpe en crue à la station de l'Anguille.	Non
E2376010	Le courant de l'Hospital à Bousignies	64.5	Connu	[1982 - 2010]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Evacuation des eaux vers le Décours. Seuil déversoir pour évacuer une partie des eaux en crue.	Non
E2367410	Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches	48.4		[1982 - 2012]	Pas ou faiblement	Douteuse	Bonne	Douteuse	Station à seuil. Courbe de tarage de bonne qualité. Dérivation des eaux en crue (seuil des Frenelles).	Non
E2366610	Le courant Fontaines d'Hertain à Hasnon			[1983 - 1986]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Fermée car données de mauvaise qualité. Dérivation du Courant dans la Traitoire en crue en amont de la station de l'Anguille. Collecte des eaux du Décours dans la Traitoire.	Non
E2368310	La Balle de la Tillière à Saint-Amand-les-Eaux	33.7	Connu	[1982 - 2010]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Plaquage du fond. Courbe de tarage moyenne notamment en moyennes eaux.	Non
E2377210	L'Elnon à Lecelles	67.4	Connu	[1982 - 2010]	Pas ou faiblement	Douteuse	Douteuse	Douteuse	Zone de débordement possible en amont. Risque de mise en charge du pont en crue (impact sur la qualité de l'hydrométrie).	Non

Nota :

- La faiblesse des chroniques hydrométriques exploitables, nous contraigne à retenir le maximum de stations même si bien souvent la durée des chroniques ne permet pas d'envisager une exploitation statistique satisfaisante.
- Les surfaces de bassin versant présentées dans le précédent tableau sont issues des informations présentées sur la banque hydro.



A été constaté que, les surfaces des bassins versant différaient selon les sources de données (étude, banque hydro). Afin de clarifier les surfaces qui seront considérées par la suite, un état des lieux est proposé au niveau des principales stations hydrométriques (exploitables dans le cadre de la phase 2) :

Code station	Nom station	S (km ²)	S retenu (km ²)
E2071105	La Scarpe à Brebières	473 (banque hydro)	473
E3102110	La Deûle à Don	Non précisé (banque hydro), 449 (cf. Etude VNF)	911.3
E3412100	La Deûle à Wambrechies	Non précisé	1419.2
E3660120	La Lys (canalisée) à Armentières	1 691 (banque hydro), 1717 (cf. Etude VNF)	1779.8
E2371105	La Scarpe (canalisée) à Mortagne-du-Nord	1 230 (banque hydro)	663.1
E2400411	L'Escaut à Maulde	3 400 (banque hydro)	4217.8



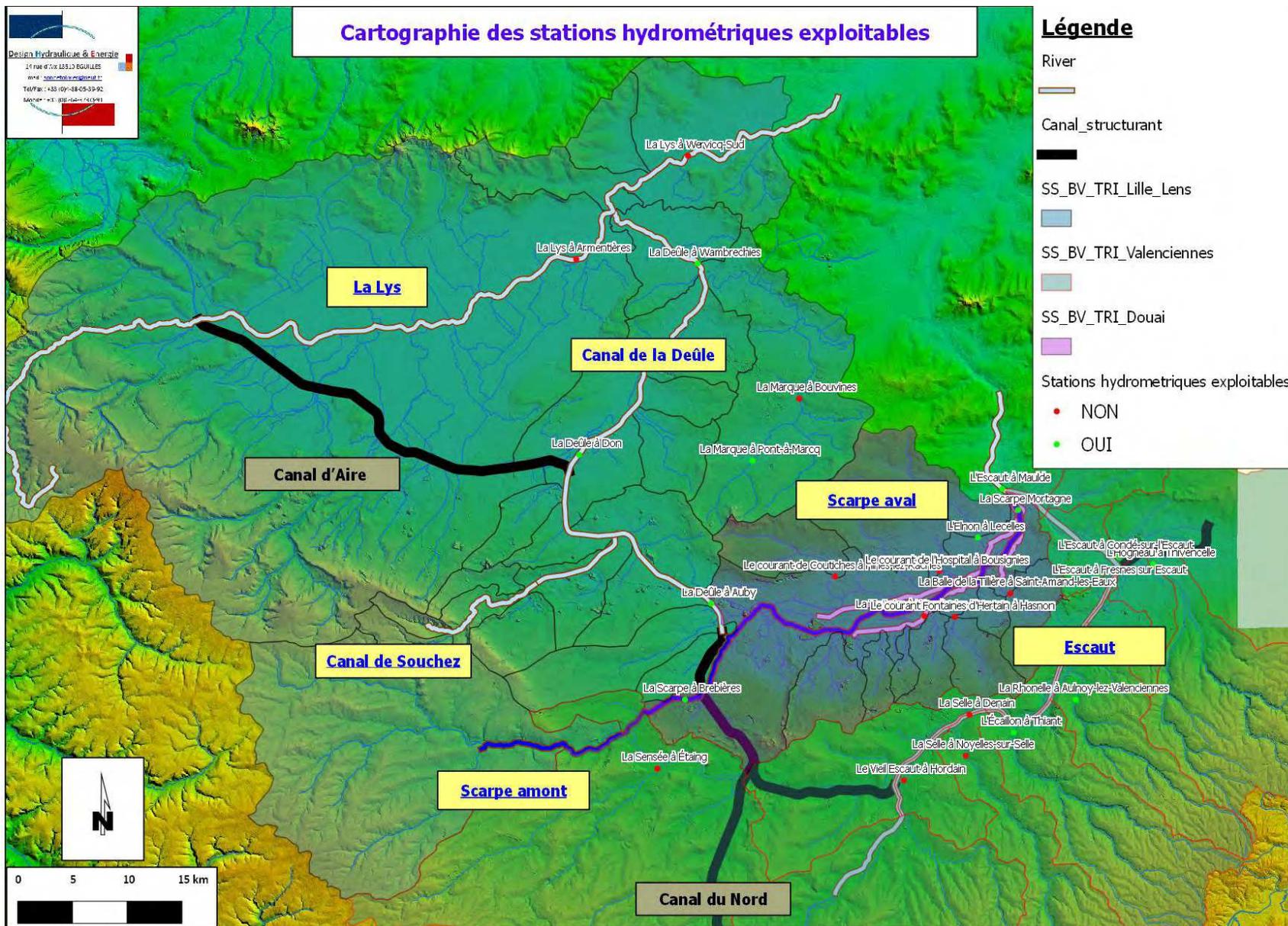


Figure 2 : Cartographie des stations hydrométriques exploitables à l'échelle des 3 TRI



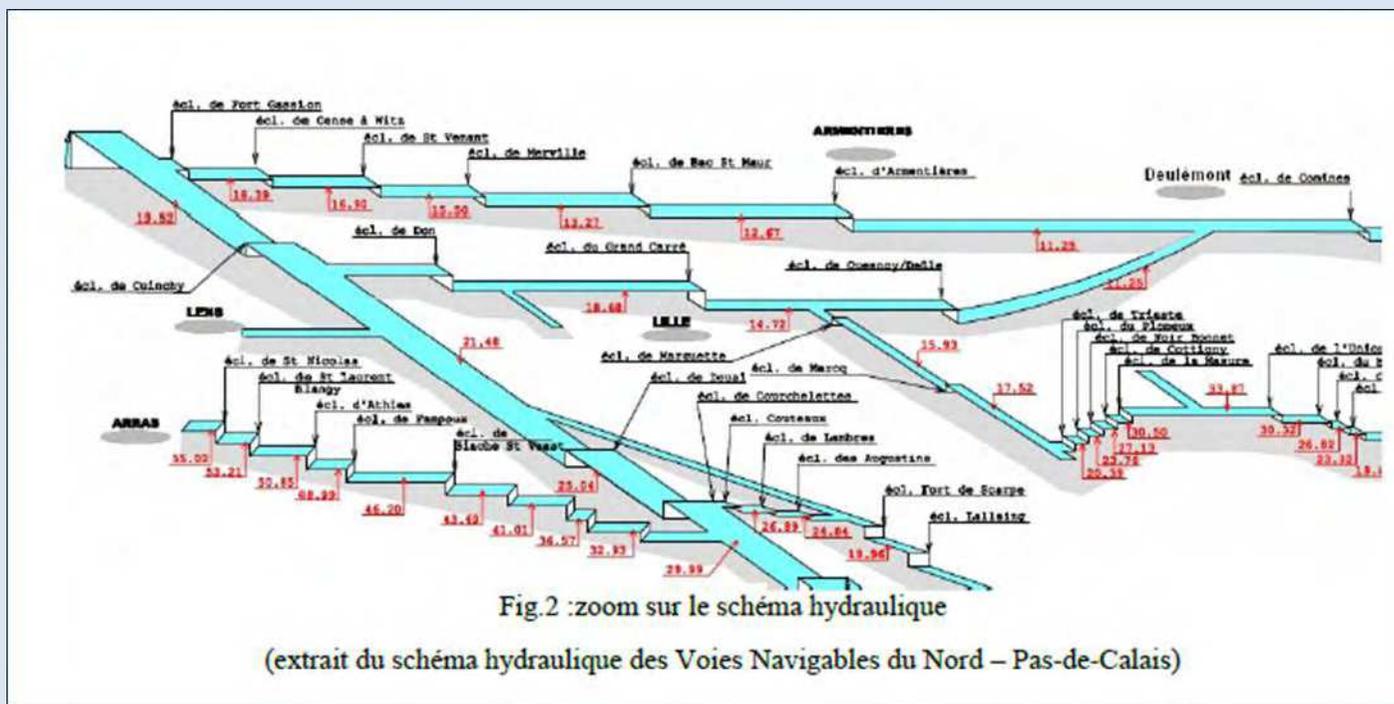
2.2 IDENTIFIER LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE STRUCTURANT ET LES BASSINS VERSANTS A PRENDRE EN COMPTE SUR LE SECTEUR D'ETUDE

Nom du périmètre étudié ou bassin versant	Réseau hydrographique structurant
<p>TRI de Lens et de Lille (Deûle et Lys) – la Marque n'est pas étudiée mais un point du réseau sera positionné à la confluence de la Marque et de la Deûle pour traiter la partie aval.</p>	<p><u>Secteur n°1 : depuis le canal de dérivation de la Scarpe jusqu'à la confluence avec le canal de Lens</u></p> <p>En rive gauche, on retrouve quelques affluents dont le principal est le canal de Lens (ou le canal de Souchez) :</p> <ul style="list-style-type: none">- Escrebieux,- Canal de déversement,- Canal de Lens. <p>Nota : le canal de Lens est essentiellement alimenté par des petits versants latéraux sans véritable affluent avec des secteurs très urbanisés. « En aval immédiat de Lens, le canal présente la particularité d'être aujourd'hui en surélévation par rapport aux terrains voisins ; c'est en fait la conséquence d'affaissements miniers. Il a dû être rehaussé pour éviter qu'il inonde la zone d'affaissement. Des pompes y rejettent les eaux qui menaceraient d'inonder ces mêmes zones. »</p>



Interaction Navigables :	Voies	
Dérivation de la Scarpe (apports à considérer).		<p>En rive droite, on note la présence essentiellement de petits affluents :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filet, - Fossé du Bois Saint Eloi, - Grand Courant.
Le tronçon dit « canal de la Haute Deûle », ou « Haute Deûle » assure la liaison entre la Scarpe (Douai) et le canal d'Aire (à Bauvin) :		<p>Secteur n°2 : depuis la confluence avec le canal de Lens jusqu'à la confluence avec la Marque</p> <p>En rive gauche :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecteur des Houillères, - Flot de Wingles amont, - La rigole du Nord semble collecter une grande partie des écoulements latéraux en rive gauche en aval de l'Ecluse de Don, - Petits apports latéraux (Becque du Corbeau et Courant de Rostope).
<ul style="list-style-type: none"> - Transfert de la Scarpe vers la Deûle (via la jonction à Douai) - Transfert de la Deûle vers la Lys (via le canal d'Aire). 		<p>En rive droite :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apports latéraux + Naviette, - Entre l'Ecluse de la Barre et Marque, quelques apports latéraux, - Apport important lié à la Marque (Ecluse de la Marquette).





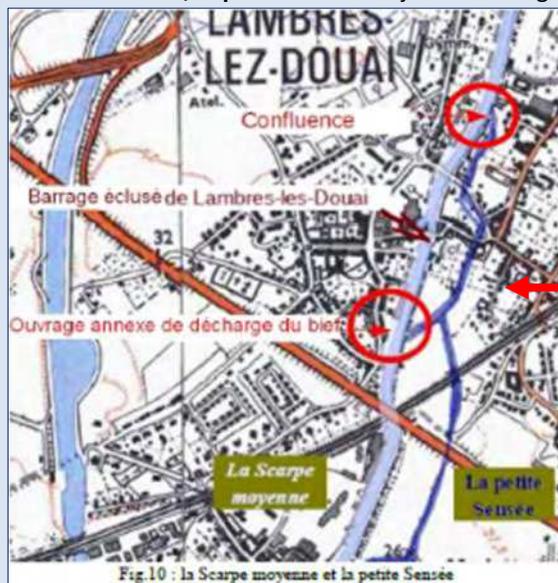
Les principaux apports :

Les aménagements successifs depuis le 13^{ème} siècle, principalement la liaison entre les vallées de la Deûle et de la Scarpe conditionnent les écoulements actuels. Le bief Douai/Don/Cuinchy est alimenté par la Scarpe moyenne au niveau de l'ancienne écluse des Augustins.

- 1) **La Scarpe supérieure à Corbehem représente l'un des apports principaux en eau :**
Le bief Douai/ Don/Cuinchy draine les eaux du bassin versant de la Scarpe amont et moyenne, et les eaux pluviales des agglomérations d'Arras et de Douai (Le débit moyen est estimé à 4 m³/s, le débit d'étiage à 2 m³/s et le débit maximum instantané connu à 24,3 m³/s). L'écluse de Fort de Scarpe permet une alimentation constante de 1 m³/s dans l'intervalle de 0,8 m³/s (en étiage) à 1,2 m³/s de la Scarpe aval. Ce débit est à déduire de l'apport de la Scarpe moyenne et porte alors les chiffres à la confluence du canal de Jonction à un débit moyen de 3 m³/s, un débit d'étiage de 1,2 m³/s et un maximum instantané connu de 23,3 m³/s.
 Viennent aussi s'ajouter dans cette partie amont de la Deûle l'apport des bassines de l'écluse de Douai du canal de la Dérivation de la Scarpe, le débit journalier étant de l'ordre de 1,3 m³/s en 2007.
- 2) **L'écluse de Goeulzin** constitue le second apport en eau principal du bief amont qui est conditionné au trafic fluvial.



Au sud de Douai, la petite Sensée rejoint en rive gauche par le courant de Noyelles puis à l'ouest en rive gauche par le courant de la Brayelle.



L'origine de la petite Sensée se trouve à Goelzin. Elle est alimentée actuellement par le canal de la Sensée (bief Goelzin Pont Malin) par un vannage manuel qui a une ouverture correspondant à 800l/s.

Plus en aval, on trouve la confluence en rive gauche avec l'Escrebieux dont la superficie du bassin versant est estimée à 72 km²; puis la Souchez dont le canal de Lens est le prolongement canalisé et qui conflue en rive gauche de la Deûle et dont la superficie du bassin versant est de 164 km². À cela vient s'ajouter le drainage du bassin versant du flot de Wingles dont la superficie est estimée à 29 km². En complément de ces 3 bassins versants, il existe de nombreux rejets diffus dont les apports d'eau spécifiques sont difficilement reconnaissables, car les zones drainées ne sont pas constituées par un réseau hydrographique bien marqué (chevelu dense de fossés avec présence de stations de relèvement des eaux du fait des affaissements miniers).

Le bief Douai/Don/Cuinchy a donc 2 exutoires possibles :

- la Scarpe aval qui est alimentée par l'écluse de Fort de Scarpe par un débit constant de 1 m³/s ([0,8m³/s; 1,2m³/s]).
- le canal d'Aire qui est alimenté par le site de Cuinchy. Ce site est constitué d'une écluse et d'un vannage permettant d'alimenter en eau le bief Cuinchy/Fontinettes.



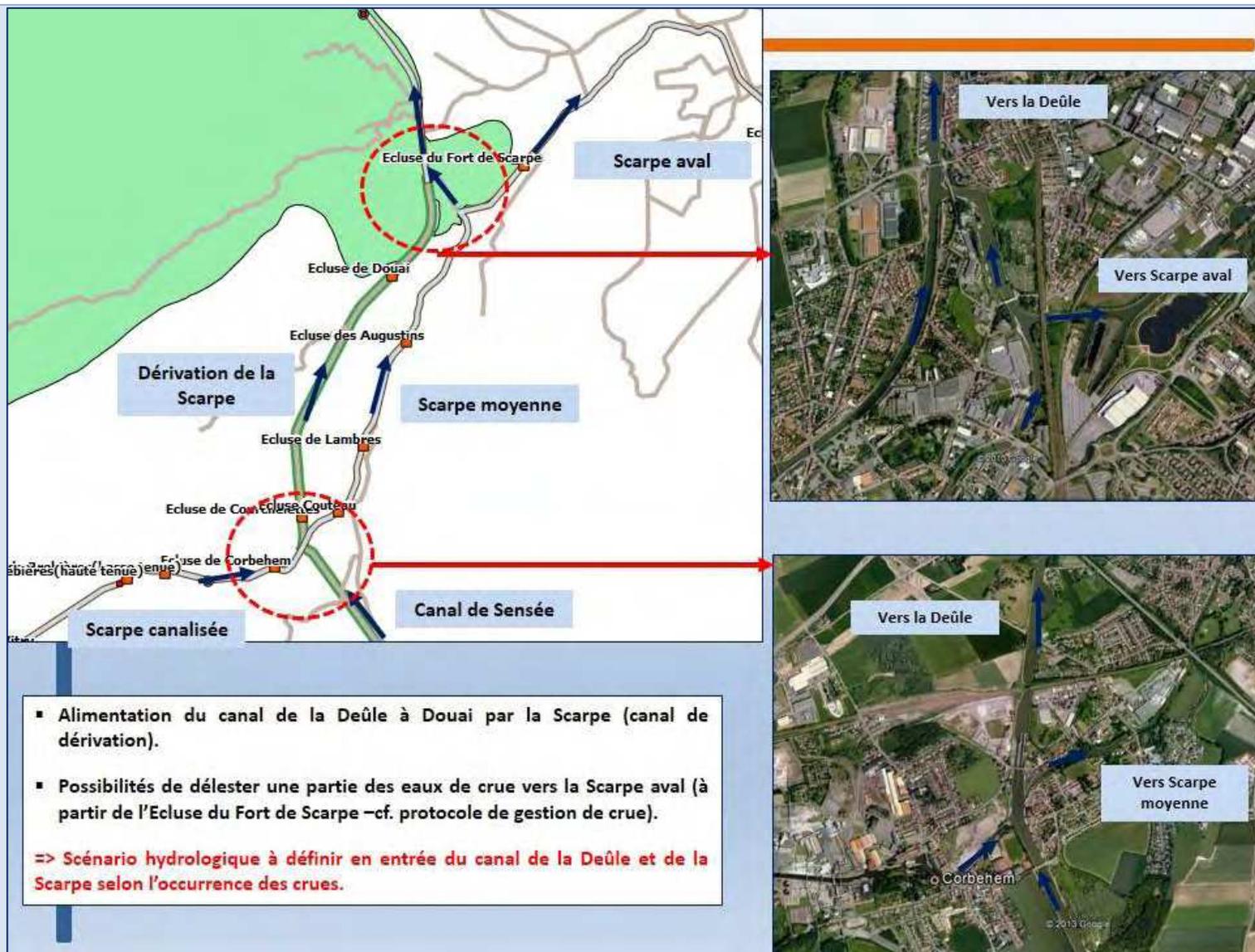


Figure 3 : Synoptique de la dérivation de la Scarpe



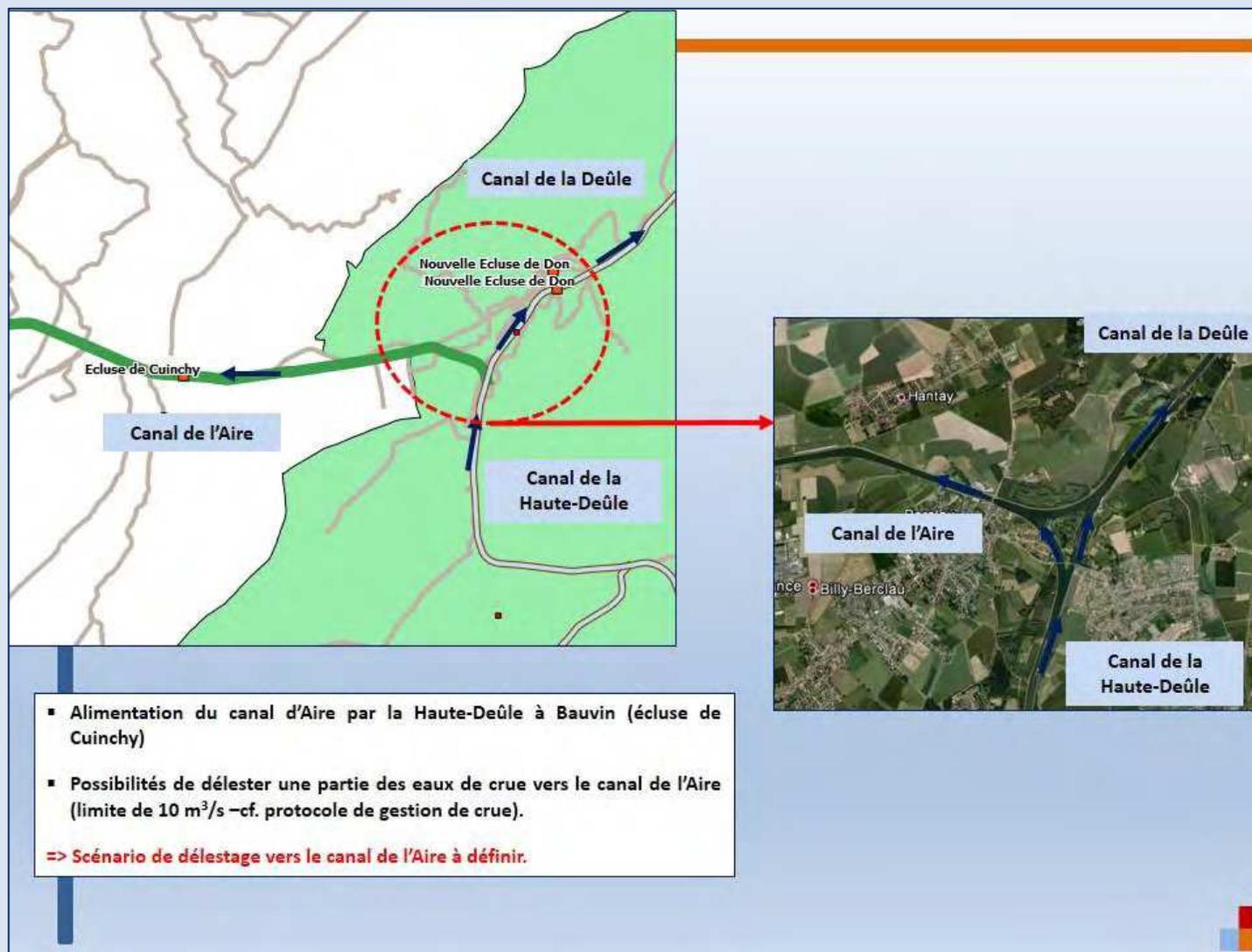


Figure 4 : Synoptique de la dérivation de la Deûle

	<p><u>Ouvrages présents sur la Deûle pouvant influencer l'hydrologie :</u></p> <p>Aujourd'hui, 3 barrages éclusés (Don, Grand Carré et Quesnoy) sont présents sur la Deûle ; les écluses de Don, de la Barre et de Quesnoy sur Deûle sont toujours existantes et ont été complétées par l'écluse du Grand carré pour contourner l'écluse de la Barre et son bras.</p> <p>À ces débits, viennent s'ajouter l'apport par le barrage éclusé de Don. L'analyse réalisée dans le dossier d'ouvrage du barrage éclusé de Don nous permet de connaître les débits en amont de cet ouvrage. Il est important de noter que le barrage de Don ne peut transiter au maximum que 30 m³/s. Lors de crues importantes et si la situation hydraulique en aval le permet, il est possible de faire des fausses bassinées (bassinées sans bateaux) pour compléter le débit du barrage (on considère l'hypothèse d'une fausse bassinée tous les ¼ h : le volume d'une bassinée est de 5 904 m³) pour un débit maximal de 6 m³/s.</p>
<p>TRI de Douai (Scarpe)</p>	<p>Le canal de la Scarpe est doublé par les canaux de la Traitoire et du Décours qui drainent la plaine.</p> <p>La majorité des sous bassins se jette dans les deux principaux affluents que sont le Décours en rive gauche et la Grand Traitoire en rive droite :</p> <ul style="list-style-type: none">- le Décours (soit environ 400 km²) : trois principaux sous bassins drainés (les courants de Coutiches, de l'Hôpital et de l'Elnon),- la Traitoire (200 km²) avec comme principaux cours d'eau les Fontaines d'Herlain et la Balle de la Tillière. <p>De nombreux ouvrages sont également présents sur le bassin versant de la Scarpe aval, occasionnant un fonctionnement hydraulique complexe (ouvrage de dérivation, ouvrage de pompage,...). Ce fonctionnement hydraulique est matérialisée par le synoptique suivant (extrait : étude SOGREAH).</p>

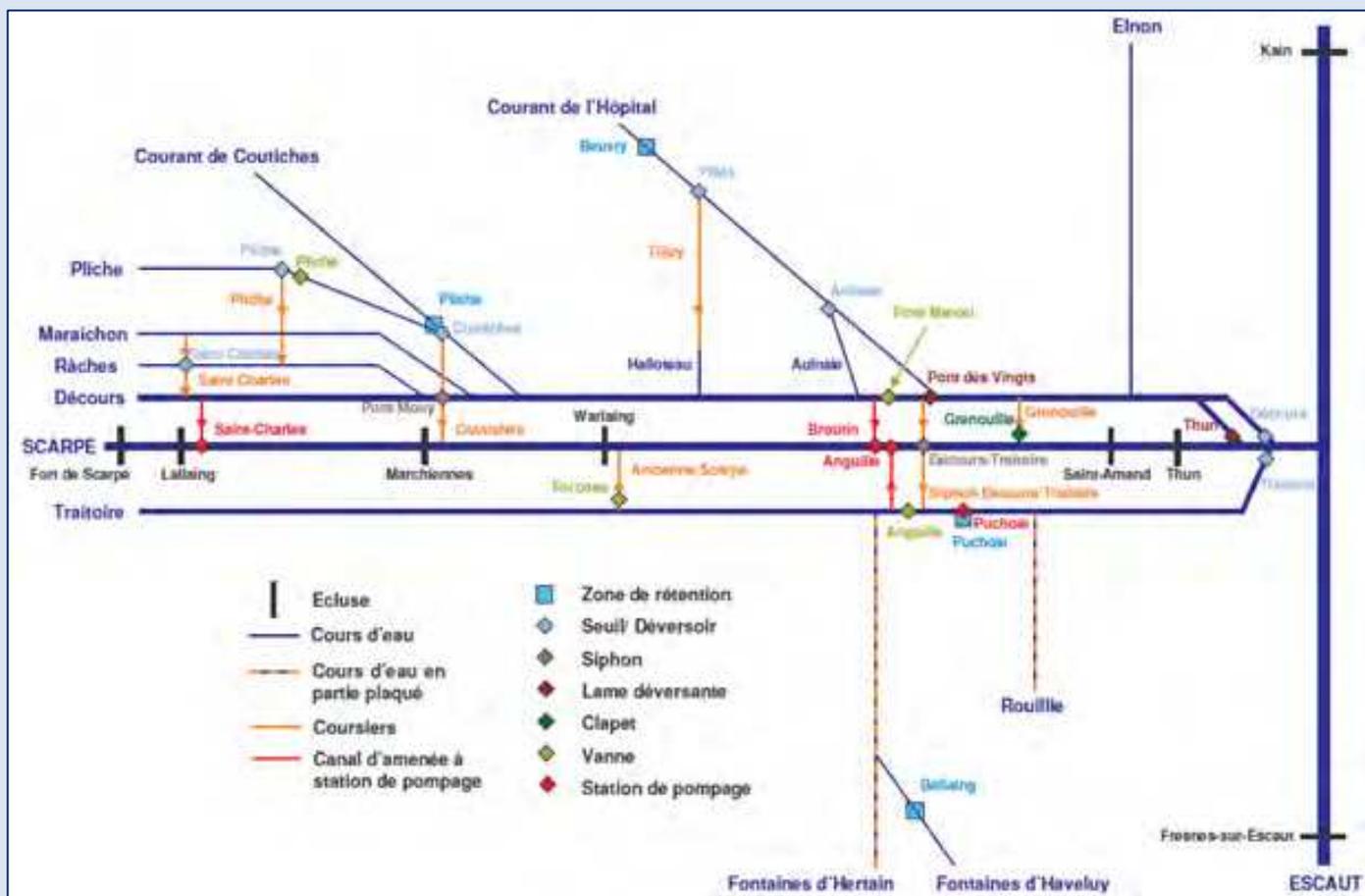


**Interaction
Navigables :**

Voies

Transfert de la Scarpe vers la Deûle (via la jonction à Douai)

Figure 5 : Synoptique du fonctionnement hydraulique sur la Scarpe aval



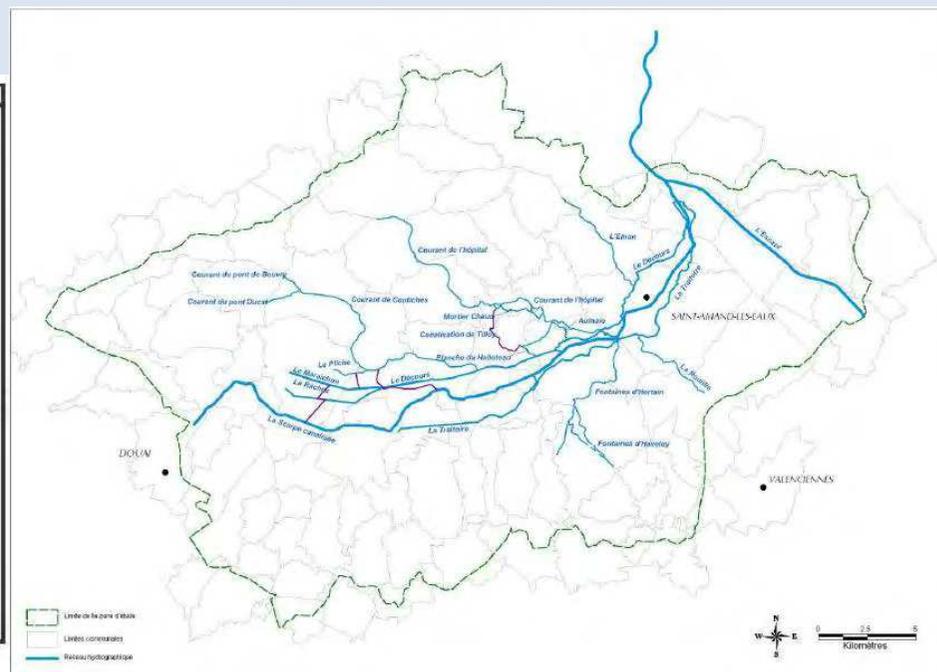
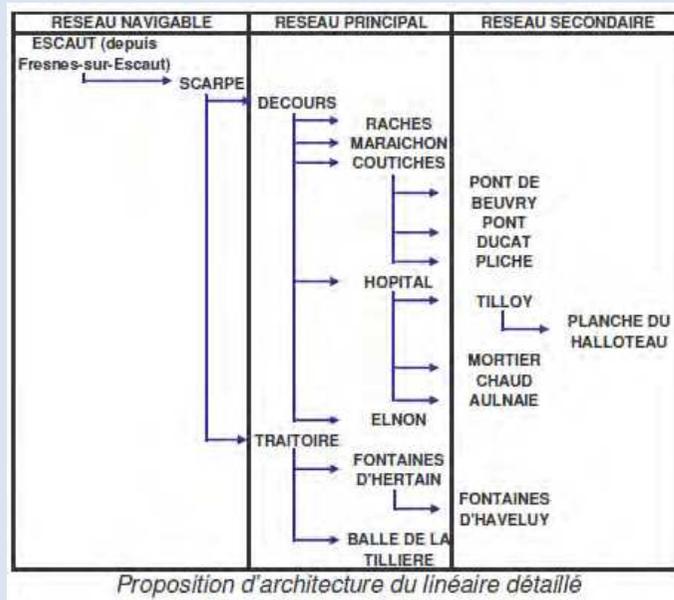


Figure 6 : architecture du réseau hydrographique sur la Scarpe aval



TRI de Valenciennes (Escaut)

La zone d'investigation pour la cartographie des zones inondables s'étend de l'Ecluse de Pont Malin (confluence canal de Sensée avec l'Escaut) jusqu'à l'écluse de Kain (en Belgique) aval de la confluence avec la Scarpe.

Deux secteurs peuvent être différenciés en termes d'apport :

Interaction Voies Navigables :
Apport du canal du canal du Nord et de la Sensée

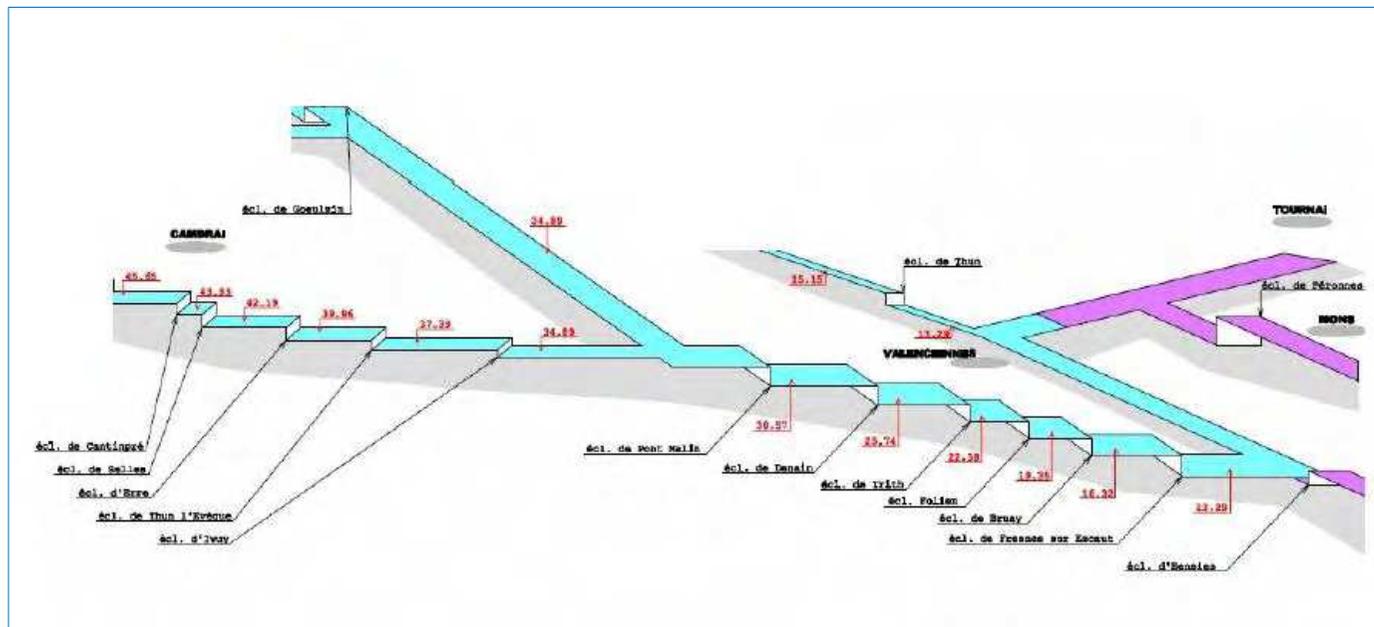
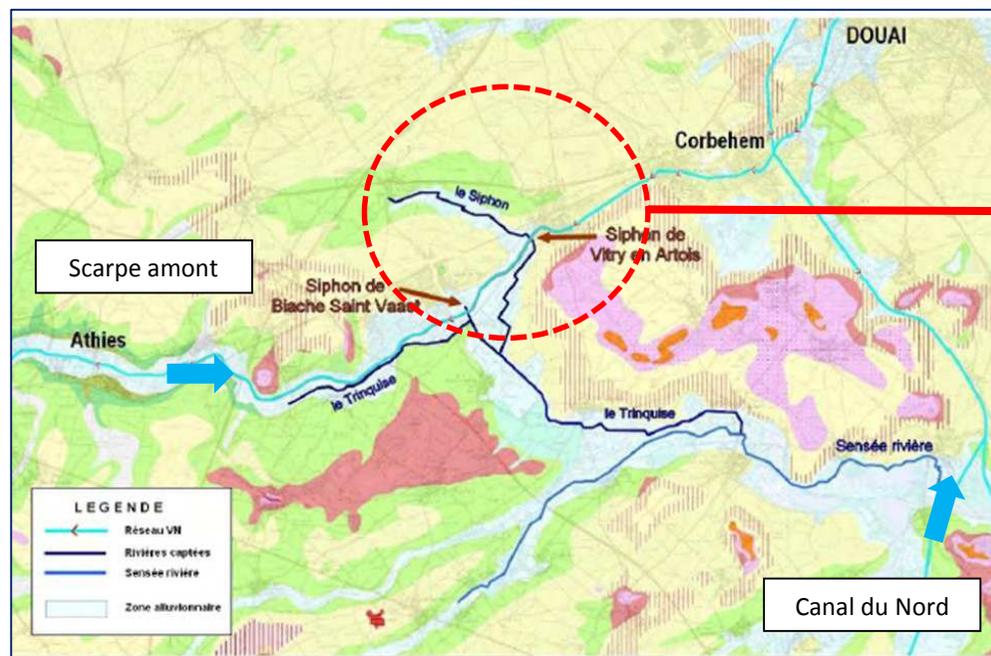


Figure 7 : Synoptique des voies navigables sur le TRI de l'Escaut

En préambule, un zoom sur le bief amont du barrage éclusé de Pont Malin est proposé, afin de préciser les bassins versants raccordés au territoire étudié et préciser de fait les modes d'apport. Ce bief fait partie de l'entité hydraulique dite « Bief Goelzin/Pont Malin », et se situe sur 2 canaux artificiels (canal de la Sensée et canal du Nord) et une rivière canalisée (l'Escaut). A l'ouest, ce bief prolonge et termine le canal du Nord puis continue vers le canal de la Sensée. A l'est, il s'intercale entre l'Escaut canalisé petit gabarit et l'Escaut canalisé grand gabarit Il est alimenté principalement par :

- le bassin versant de l'Escaut gabarit freycinet dont les eaux transitent par le barrage éclusé d'Iwuy (539 km²),
- le bassin versant de l'Erclin qui se jette dans le bras de décharge à l'aval du barrage d'Iwuy (186 km²),
- le bassin versant de la Sensée amont qui se jette juste à l'aval de l'écluse de Palluel (593 km²).





La zone de bassin versant située entre Biache Saint Vaast et Vitry-en-Artois n'est pas captée par la Scarpe canalisée, mais par la Sensée rivière. Le bassin versant situé au Nord passe en siphon sous le canal à Biache et à Vitry ; sa surface est d'environ 23 km².

L'ensemble des BV (Nord et Sud) récupérés le long de la Scarpe canalisée par la Sensée rivière est de l'ordre de 59 km².

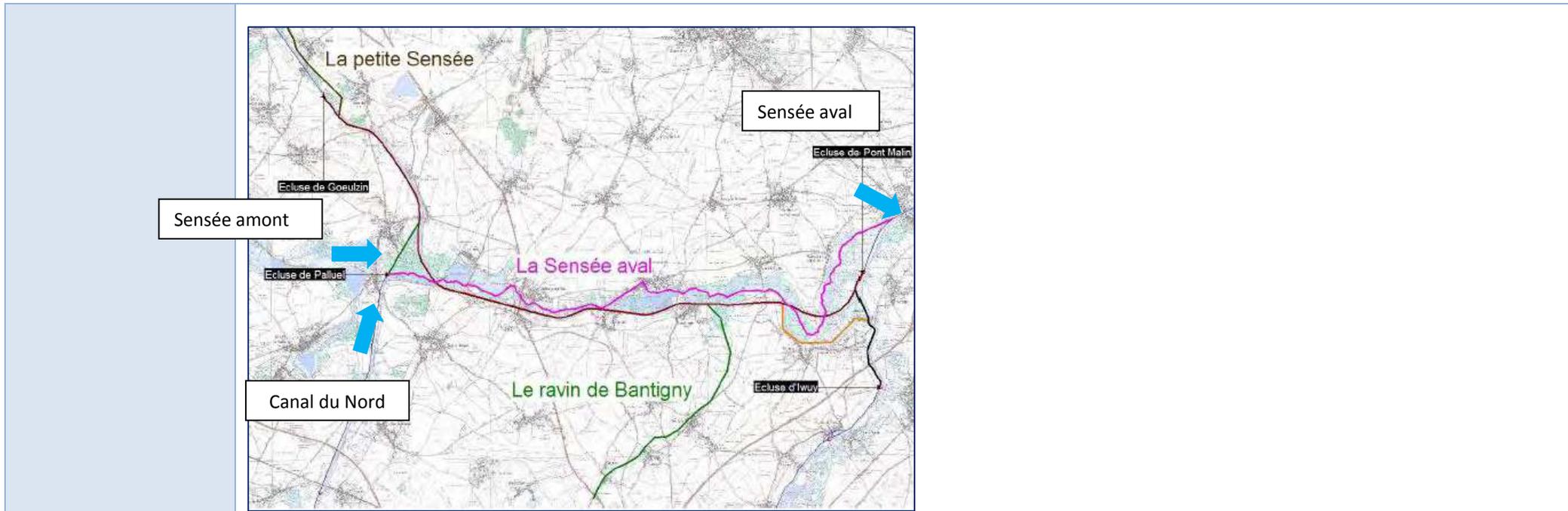
Figure 8 : Réseau hydrographique de la Sensée amont

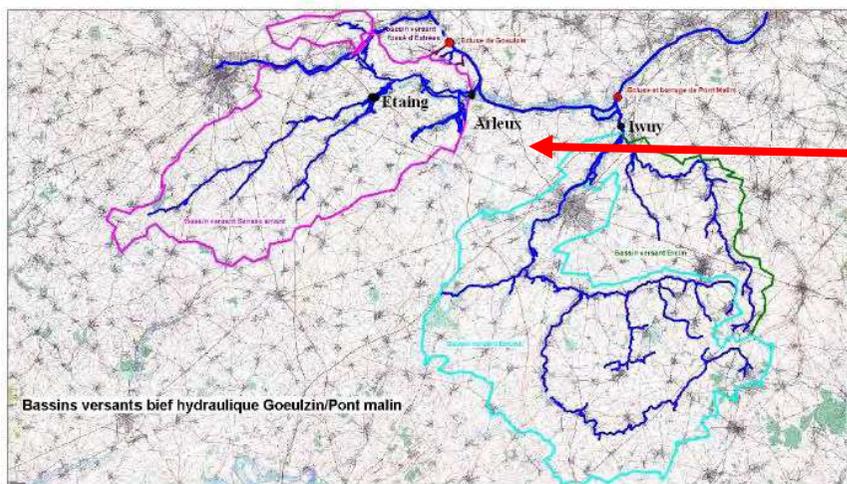
Le plan ci-après montre un bassin versant du bief très atypique. En effet, il ne correspond pas à une délimitation topographique classique d'un bassin versant naturel. Sur les 2 rives, les eaux convergeant vers le bief sont reprises par des cours d'eau (petite Sensée, Sensée aval, ravin de Bantigny (cf ci-dessous) qui longent le bief et dont les exutoires se situent dans d'autres biefs du réseau des voies navigables :

- La Petite Sensée rejoint la Scarpe : elle est alimentée de manière continue par un vannage situé en amont de l'Ecluse de Goelzin avec un débit de 0.8 m³/s,
- La Sensée aval rejoint l'Escaut à Bouchain : elle semble drainer l'essentiel des eaux entre le bassin versant de la Sensée amont et le bassin versant de l'Escaut amont.

Ce bief assure également l'alimentation de l'écluse de Goelzin. Pendant la navigation, le débit à l'écluse ne transite donc pas par l'écluse de Pont Malin. Selon les relevés des éclusiers, le débit moyen journalier à l'écluse de Goelzin est de 1.6 m³/s.







Secteur drainé par la Sensée aval

- Bassin Versant Sensée amont
- Bassin Versant Fossé d'Estrées
- Bassin Versant Erclin

Le seul bassin versant latéral du bief identifié est celui du fossé d'Estrées (BV=3,91 km² arrondi à 4 km²) se rejetant au canal de la Sensée par une station de relèvement.

⇒ Le canal du Nord est artificiel et ne draine pas de bassin versant particulier ; les débits transités varient de 0.6 à 0.8 m³/s en moyenne. Il semble donc acceptable de négliger l'apport de ce dernier en crue.

Secteur n°1 compris entre les écluses de Pont Main et Fresnes-sur-Escaut

Les principaux apports se concentrent en rive droite avec respectivement : Selle, l'Ecaillon et la Rhonelle. Des petits affluents sont présents en rive gauche, mais ne constituent pas des contributions importantes.

Secteur n°2 en aval de l'écluse de Fresnes-sur-Escaut

Le principal apport se concentre autour du canal de Condé-Pommeroeuil qui devient le canal de Mons après avoir rejoint la rivière Haine. Ce dernier récupère également l'Hogneau, avant la confluence avec l'Escaut canalisée. La surface du bassin versant drainée par le canal de Mons reste à confirmer par les voies navigables. Un premier tracé a été réalisé à partir des bassins versant du SCHAPI, ces derniers ayant été délimité à partir de la topographie.

La Scarpe se jette ensuite dans l'Escaut à Mortagne-du-Nord.



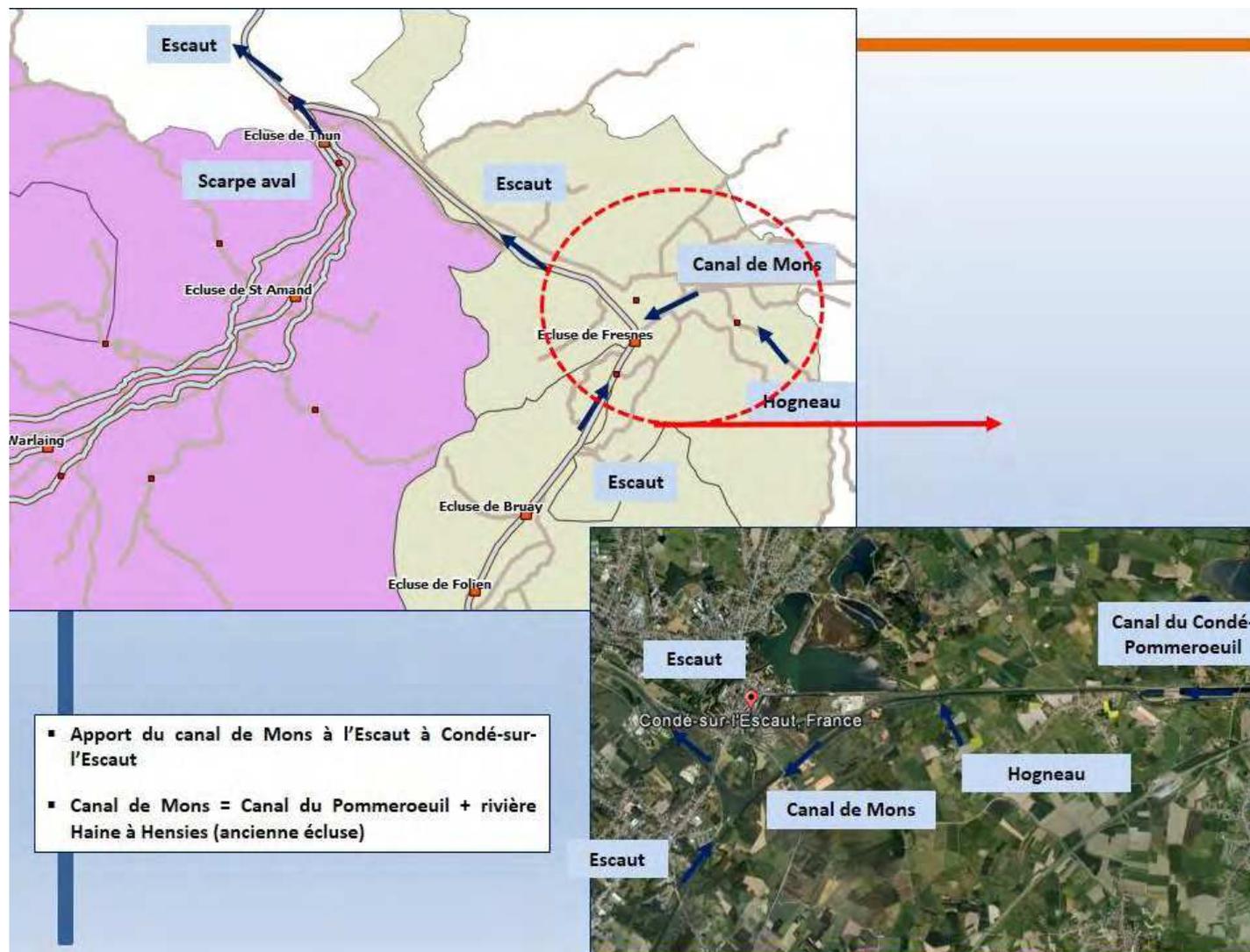


Figure 9 : Confluence canal de Mons - Escaut



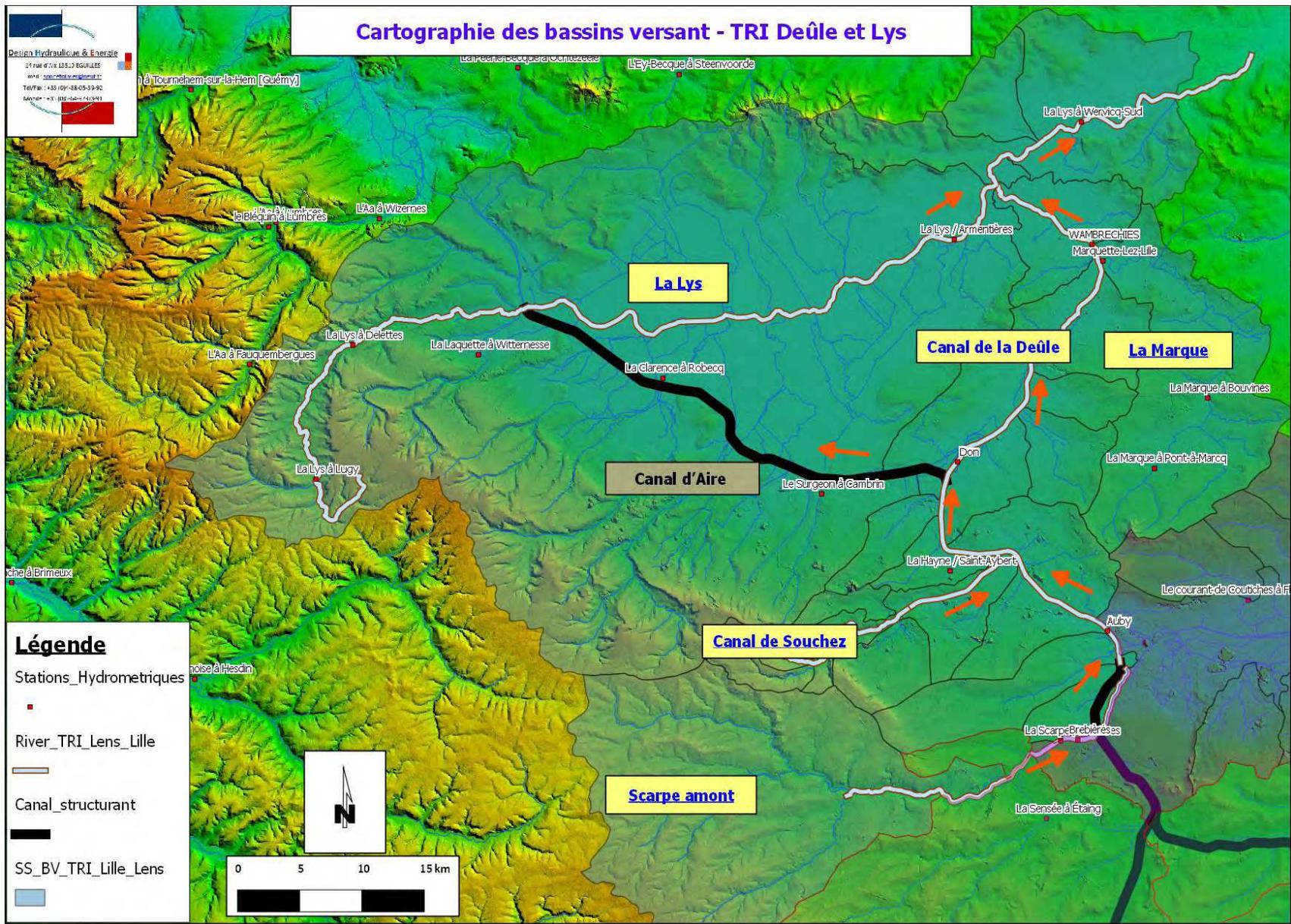


Figure 10 : Cartographie des bassins versant – TRI de la Deûle et de la Lys aval



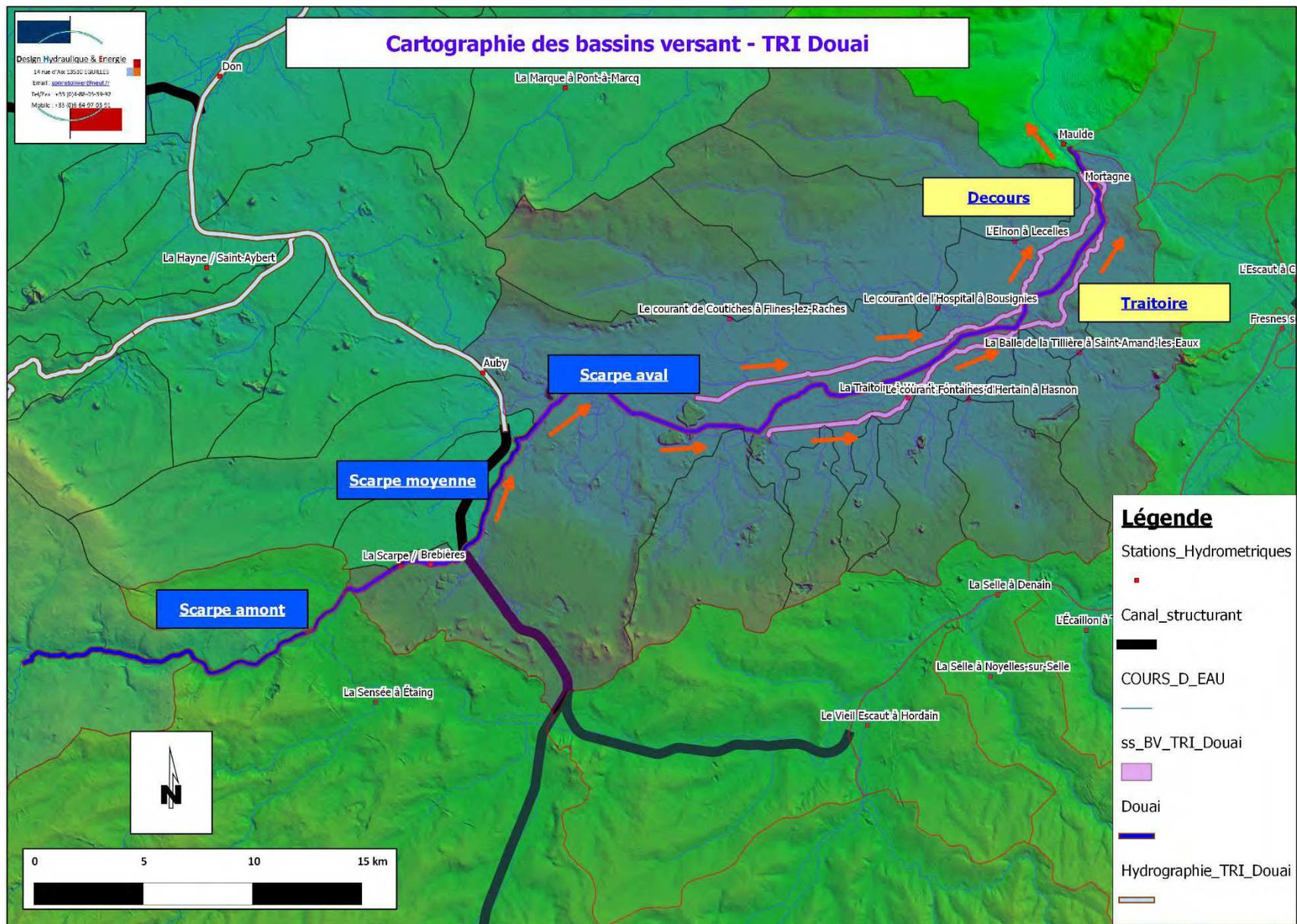


Figure 11 : Cartographie des bassins versant – TRI Douai



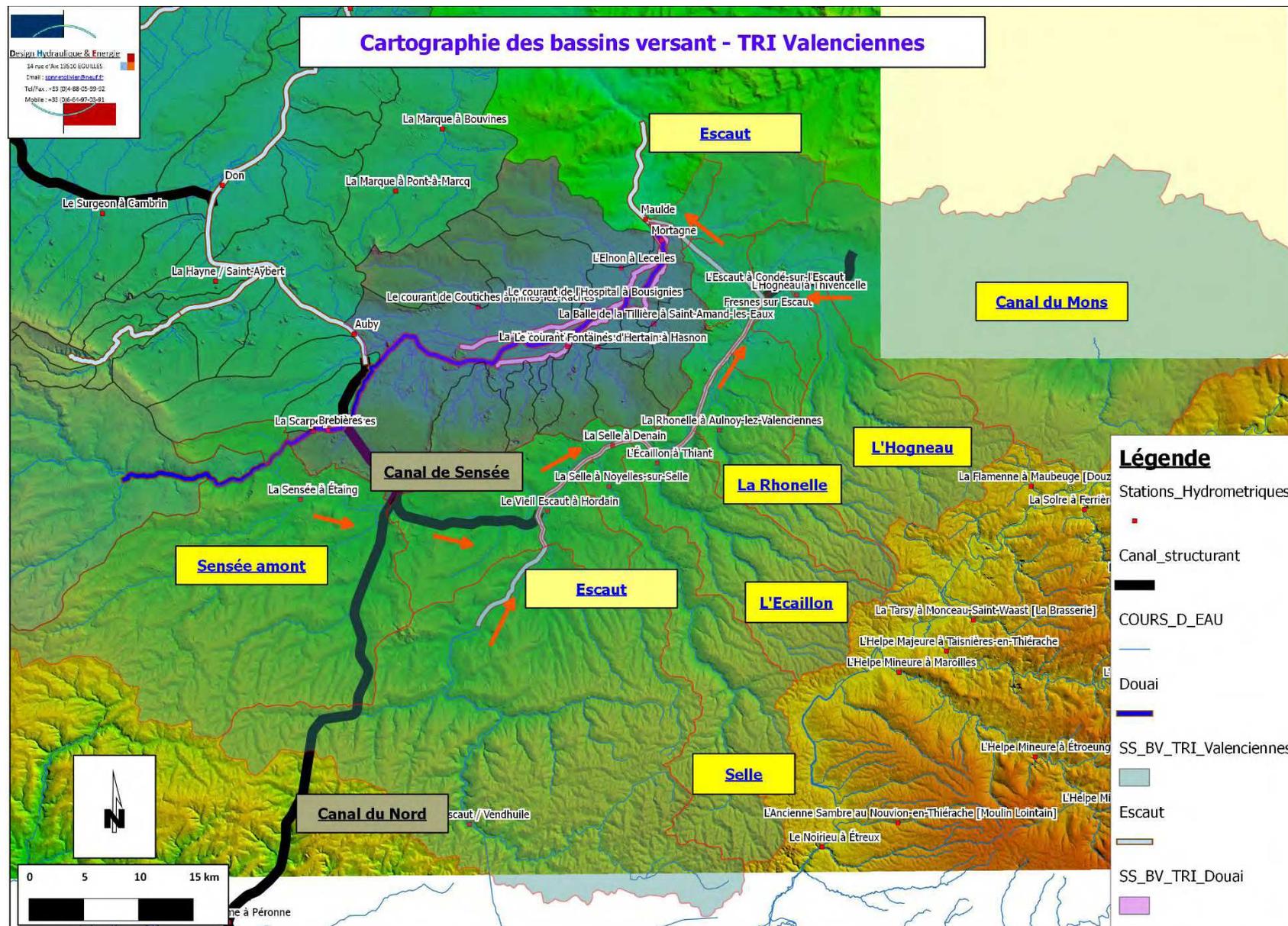


Figure 12 : Cartographie des bassins versant – TRI Valenciennes



2.3 DETERMINER LES HYPOTHESES A RETENIR POUR TENIR COMPTE DU CARACTERE NAVIGABLE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE STRUCTURANT :

2.3.1 TRANSFERTS DE DEBITS INTERBASSINS :

- 1) Dérivation de la Scarpe (apports à considérer). Le tronçon dit « canal de la Haute Deûle », ou « Haute Deûle » assure la liaison entre la Scarpe (Douai) et le canal d'Aire (à Bauvin) : transfert de la Scarpe vers la Deûle (via la jonction à Douai).
- 2) Transfert de la Deûle vers la Lys (via le canal d'Aire).
- 3) Apport du canal du Nord via le canal de Sensée dans la Scarpe : le débit apporté par ce dernier en crue est jugé négligeable du fait qu'il ne draine pas de bassin versant particulier.

2.3.2 MODALITES DE GESTION DES VOIES NAVIGABLES (EN PERIODE DE CRUE):

Nota : Les éléments suivants s'appuient essentiellement sur le protocole de gestion du canal à Grand Gabarit en date de 2005 (arrêté préfectoral).

Rappelons que pour les débits maximaux en période de crues, un protocole de gestion des crues est appliqué aux différents ouvrages et que les débits peuvent être différents à Fort de Scarpe, Don et Cuinchy suivant les transferts d'eau réalisés. Le bief Douai/Don/Cuinchy est concerné par ce protocole.

Il pose **les principes de transfert** d'eau possibles **en période de crue vers la Scarpe aval et vers le canal d'Aire** et les modalités d'arrêt de navigation.

Transferts entre les bassins de la Deûle et de la Lys

Règle 1 - des transferts sont effectués par ordre de priorité vers :

- La **Scarpe inférieure**. Le niveau de saturation est donné par les subdivisions des Voies Navigables (risques d'inondation dans le secteur de St Amand les Eaux).
- Le **bief Cuinchy-Fontinettes par l'écluse de Cuinchy**. Le **débit de transfert peut aller jusqu'à 10 m³/s**. Les transferts dans le Bief Cuinchy Fontinettes sont arrêtés lorsque le niveau de celui-ci atteint +0.50 m/NNN (au-delà il y a risque de détérioration des berges et de débordements). Il y a arrêt des transferts des eaux de la Deûle par Cuinchy lorsque toutes les possibilités d'évacuation des eaux du bief Cuinchy – Fontinettes ont été mises en œuvre conformément aux règles de transferts entre les bassins de la Lys et de l'Aa.

« En période de crue prévisible le bief Cuinchy Fontinettes est tenu à 0.10 m en-dessous du NNN afin de disposer d'une réserve de stockage pour écrêter le débit de point de la Lys canalisée en laissant monter le niveau du bief jusqu'à 0.50 m au-dessus du NNN. Lorsque le bief Cuinchy Fontinettes dépasse le NNN l'évacuation gravitaire et naturelle se fait par la Lys. Comme en période normale une partie des eaux continue à être envoyée vers le marais audomarois par les bassinées effectuées pour la navigation. Lorsque la situation de la Lys s'aggrave cote de +1.15 m/NNN à l'aval de l'écluse de Saint-Venant soit 0.15 m en-dessous de la cote de pré-alerte et si la cote du marais mesurée à l'aval de l'écluse de Flandres est inférieure à 2.45 m (IGN) :

- o *Des transferts sont effectués vers le marais moyen de l'aqueduc de l'écluse des Fontinettes.*
- o *En même temps les décharges du canal à Grand gabarit vers la Lys sont arrêtées.*

Règle 2 - lorsque les 4 conditions suivantes sont remplies, des dispositions complémentaires sont prises :

- o Les transferts par Cuinchy sont arrêtés.



- La Scarpe inférieure est saturée.
- Le barrage de Don est ouvert.
- Le bief Douai Don Cuinchy dépasse +0.25 m/NN.
- Ne plus effectuer des bassinées à l'écluse de Goeulzin (canal de Sensée vers le canal de la Deûle) en arrêtant la navigation.
- Donner l'ordre d'arrêt des rejets des stations de pompage dans les biefs concernés.

Comment doit-on intégrer ces règles de gestion dans les scénarios hydrologiques ?

- Hydrogrammes d'entrée sur le modèle Scarpe,
- Hydrogrammes d'entrée sur le modèle Deûle,
- Hydrogrammes de sortie au niveau de l'écluse de Don sur le modèle Deûle,
- Hydrogrammes d'entrée sur le modèle Deûle-Lys à Armentières (prise en compte des éventuels transferts du canal à grand gabarit).

Il est probable qu'une partie de la réponse se situe dans la connaissance des périodes de retour de saturation de la Scarpe aval et du bief de Cuinchy-Fontinettes. C'est bien ce point qui va conditionner les transferts ou échanges entre les bassins versant à considérer.

Après un échange avec VNF, il semble acceptable de considérer que les différents territoires étudiés seront saturés pour les crues d'hiver dès l'occurrence décennale, et de fait qu'aucun transfert ne sera réalisé pendant le pic de crue. Cette remarque est naturellement moins justifiée pour les crues d'été qui peuvent être très localisées, et ainsi permettent des transferts entre les différents bassins versant. En l'état actuel, ce protocole est surtout utilisé pour faciliter le retour à la normale après la crue.

Au vu des crues étudiées (> 10 ans) et la probabilité que les crues les plus impactantes se produisent l'hiver, il apparaît réaliste de retenir un scénario global n'intégrant pas de transferts entre les différents bassins étudiés.

Ce qu'il faut retenir à l'échelle des 3 TRI :

1. TRI de Douai : le débit de la Scarpe supérieure est entièrement repris par le Canal à Grand gabarit et transite vers la Deûle via l'écluse de Don (pour le TRI de Lille).
2. TRI de Lille : le débit de la Scarpe supérieure alimente la Deûle (il n'y a pas de transfert vers le bief Cuinchy-Fontinettes). L'apport de la Lys n'a pas d'incidence sur le débit qui transite dans le secteur de Lille car situé en aval, mais il peut rehausser la condition aval sur la Deûle. Il n'y a pas de transfert du bief Cuinchy-Fontinettes sur la Lys aval au niveau d'Aire-sur-la-Lys.
3. TRI de Valenciennes : les apports de la Sensée amont, de l'Erclin et de l'Escaut amont alimentent l'Escaut canalisé et ne vont pas en direction de Douai et Lille.



3 PRISE EN MAIN ET ANALYSE DES DONNEES SHYREG

3.1 DEFINITION DES POINTS D'INJECTION DES MODELES HYDRAULIQUES

3.1.1 TRI LENS ET LILLE : CANAL DE LENS, DEULE ET LYS

Sur la base du découpage des principaux sous-bassins versant, plusieurs points de calcul hydrologique sont retenus. Ils permettront de déduire les principaux apports à intégrer dans le modèle hydraulique.

ID	Nom Point	Type_noeud	Surface (km ²)	Point SHYREG exploité	
				ID_SHYREG	Surface (km ²)
D1	Deûle (point d'entrée)	Point non jaugé	502.0	AS_548	588.8
D2	Deûle (amont confluence avec canal de Lens)	Point non jaugé	600.0	AS_567	786.7
D3	Source du Souchez	Point non jaugé	32.1	AS_6194	37.2
D4	Canal de Lens	Point non jaugé	112.4	AS_2682	114.2
D5	Canal de Lens (amont Deûle)	Point non jaugé	159.6	AS_573	149.3
D6	Deûle (aval du canal de Lens)	Point non jaugé	759.6	AS_6030	975.6
D7	Don	Point jaugé	911.3	AS_583	1085.8
D8	injection canal Seclin	Point non jaugé	995.7	AS_599	1197.3
D9	injection Rigole du Nord	Point non jaugé	1096.1	AS_602	1228.7
D10	amont Marque	Point non jaugé	1176.4	AS_606	1323.3
D11	Wambrechies	Point jaugé	1419.2	AS_610	1587.2
L1	Armentières	Point jaugé	1779.8	AS_746	1807.5
L2	Lys aval	Point non jaugé	3325.4	AS_622	3466.2
L3	Lys aval	Point non jaugé	3531.1	AS_622	3466.2



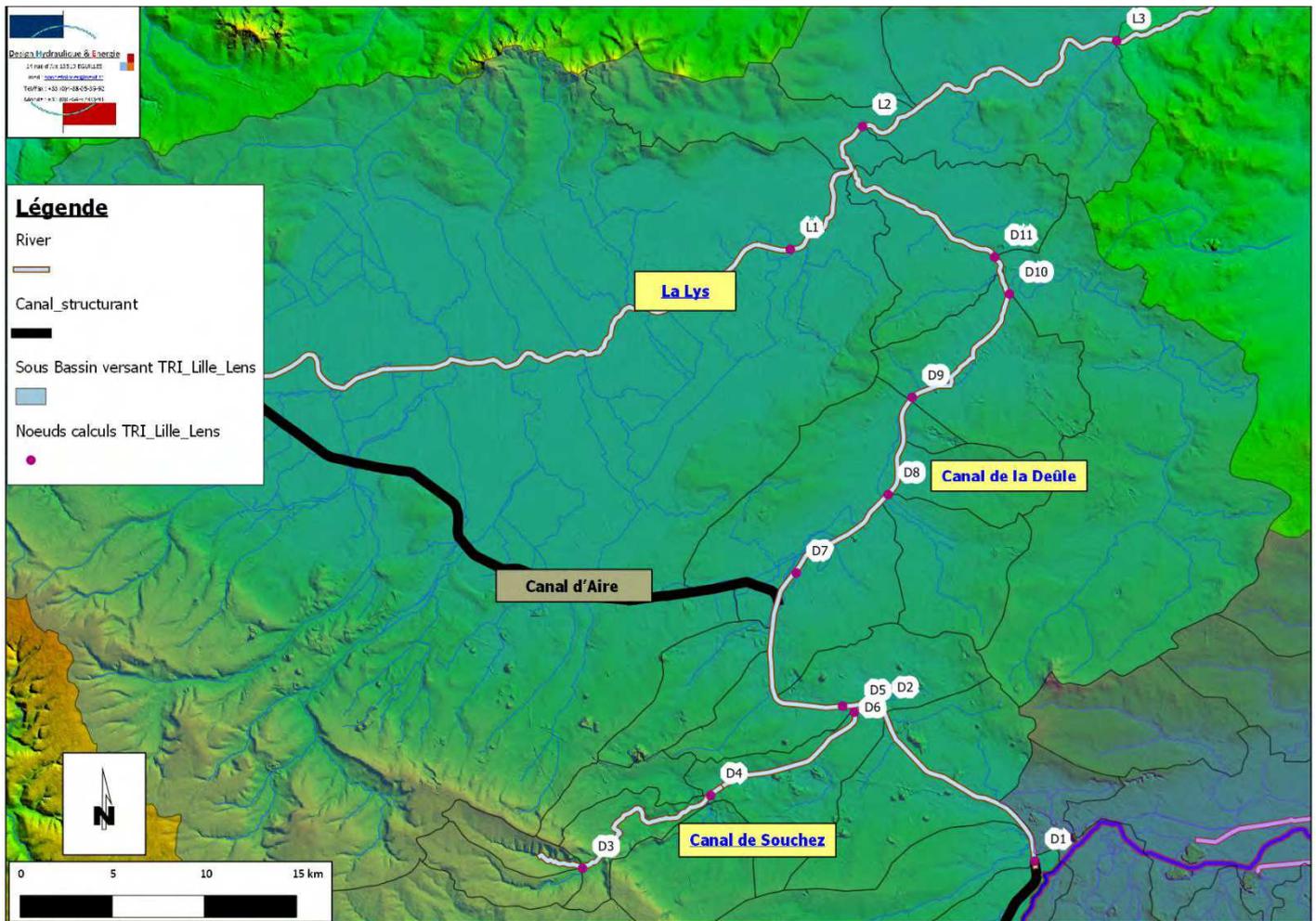


Figure 13 : Cartographie des nœuds de calcul sur les TRI de Lille et Lens

3.1.2 TRI DOUAI ET VALENCIENNES : SCARPE MOYENNE, AVAL ET ESCAUT

Sur la base du découpage des principaux sous-bassins versant, plusieurs points de calcul hydrologique sont retenus. Ils permettront de déduire les principaux apports à intégrer dans le modèle hydraulique. (Suite aux échanges avec Prolog, ces derniers ne disposant pas pour l'instant du modèle hydraulique sur la Scarpe aval, il est probable que quelques ajustements soient nécessaires sur le bassin de la Scarpe). En l'état, nous avons défini les principaux points de calcul envisageables).

ID	Nom Point	Type_noeud	Surface (km ²)	Point SHYREG exploité	
				ID_SHYREG	Surface (km ²)
E1	débit imposé / Canal du Nord	point non-jaugé	Pas de bassin versant draine	/	/
E2	injection Sensée amont	point non jaugé	570.1	AS_352	597.0
E3	injection Escaut à Iwuy	point non jaugé	827.5	AS_260	828.6
E4	injection Sensée aval	point non jaugé	1609.7	AS_265	1539.0
E5	injection Selle	point non jaugé	1871.8	AS_272	1845.1
E6	injection Ecaillon	point non jaugé	2073.3	AS_278	2035.0
E7	injection Rhonelle	point non jaugé	2245.4	AS_288	2242.4
E8	injection canal de Pomereuil	point non jaugé	3387.8	AS_293	3289.3
E9	injection Scarpe	point jaugé	4187.4	AS_302	3502.9
S1	injection Scarpe amont	point non jaugé	500.8	AS_546	535.2

S2	injection Petite Sensée	point non jaugé	526.1	AS_6028	587.0
S3	débit imposé / Fort de Scarpe	point non jaugé	/	/	/
S4		point non jaugé	65.4	AS_4700	52.8
S5		point non jaugé	111.4	AS_4703	67.0
S6	Mortagne	point jaugé	663.0	AS_3751	323.1

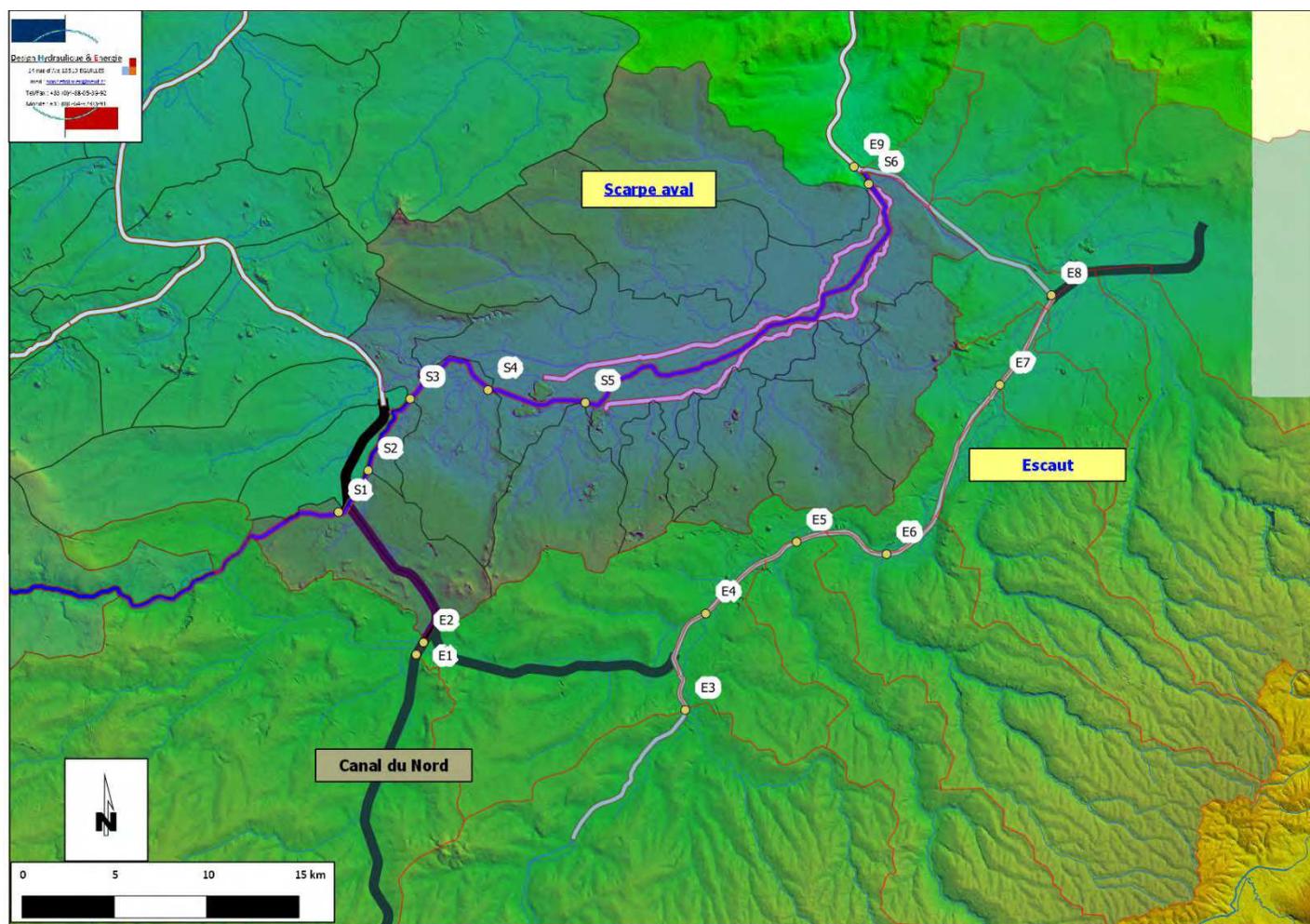


Figure 14 : Cartographie des nœuds de calcul sur les TRI de Douai et Valenciennes



3.2 VERIFIER LA COMPLETUDE DES DONNEES SHYREG AU REGARD DE LA LISTE DES POINTS POUR LESQUELS L'ANALYSE HYDROLOGIQUE DOIT FOURNIR DES HYDROGRAMMES

TRI	Observations
TRI de Lens et Lille	<p>Le territoire étudié est bien couvert par les données SHYREG (cf. carte). Le jeu de données SHYREG est réputé complet pour les points de calcul envisagés.</p> <p>Il est nécessaire d'ajuster les surfaces drainées par le modèle SHYREG. Le bassin versant de la Scarpe amont est bien pris en compte dans le bassin versant de la Deûle (dérivation).</p>
TRI de Douai	<p>Le bassin versant de la Scarpe aval est assez bien couvert. Le jeu de données SHYREG est réputé quasi-complet pour les points de calcul envisagés.</p> <p><i>Il manque cependant un point sur la Scarpe en sortie de bassin versant (après la confluence entre le Traitore et le Decours). Plus exactement un point est présent, mais ne semble pas intégrer les surfaces des affluents.</i></p> <p>De manière générale, des divergences sur la surface des sous-bassins versants sont remarquées et nécessitent de fait une attention particulière et des ajustements. Ce point s'explique par la complexité du fonctionnement hydraulique (bassin anthropique) et la planéité sur de certains secteurs, rendant de fait difficile des procédures de découpage automatique.</p>
TRI de Valenciennes	<p>Le territoire étudié est bien couvert par les données SHYREG. Le jeu de données SHYREG est réputé complet pour les points de calcul envisagés.</p> <p>Le bassin versant de la Scarpe amont n'est pas intégré dans le bassin versant de la Scarpe aval (dérivation vers la Deûle).</p> <p>Les superficies des bassins versants pour certains points sont divergentes : nécessité de vérifier le bassin versant réel en amont de la confluence Sensée – Escaut et du bassin versant du canal de Mons notamment.</p>



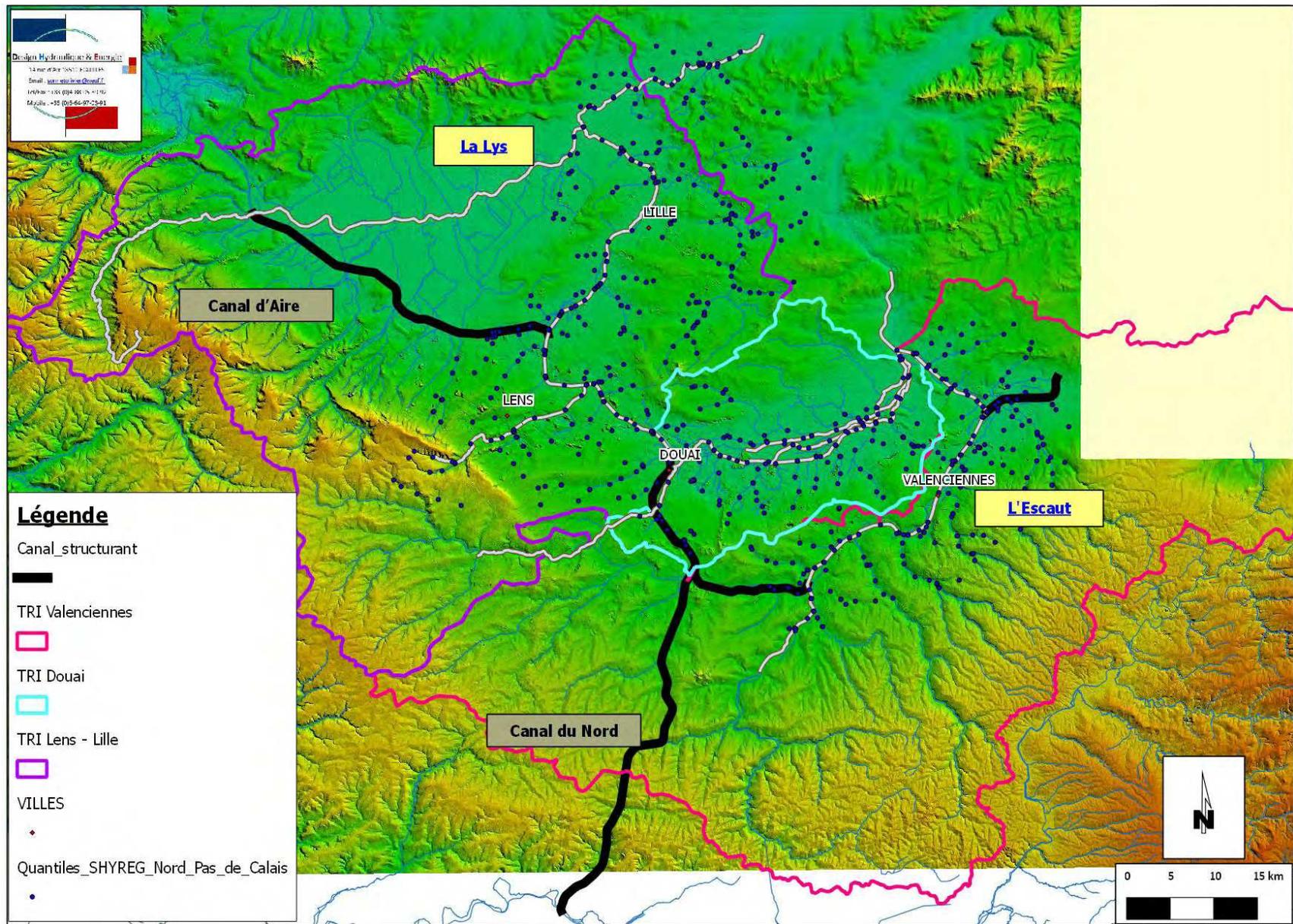


Figure 15 : Cartographie de la couverture des points de calcul SHYREG Nord Pas de Calais



3.3 POUR LES POINTS NON COUVERTS DEFINIR DES REGLES SIMPLES D'ANALOGIE ENTRE SITES PROCHES POUR EN DEDUIRE LES VALEURS DE DEBITS ET D'HYDROGRAMMES

Pour les points non couverts, une règle simple d'analogie à partir du point le plus proche sera réalisée sur la base des surfaces drainées. On retiendra une règle du type $(S1/S2)^{0.8}$, pour assurer la transposition. Cette règle est également appliquée pour assurer l'ajustement des valeurs SHYREG retenues, lorsque que les surfaces drainées nécessitent une correction.



4 PREMIERE ANALYSE DE LA COHERENCE ENTRE LES DONNEES SHYREG ET LA DOCUMENTATION EXISTANTE

Ce chapitre a pour objectif de proposer une première confrontation entre les débits SHYREG avec les résultats d'hydrologie statistique contenus dans la documentation existante (ajustements statistiques + résultats des études).

4.1 RAPPELS GENERAUX SUR LES DEBITS SHYREG

En préambule, il semblait essentiel de rappeler d'une part le processus de production des débits SHYREG et d'autre part les limites d'utilisation précisées par les producteurs. Les éléments présentés sont issus de la notice utilisateur transmise avec le jeu de données analysé.

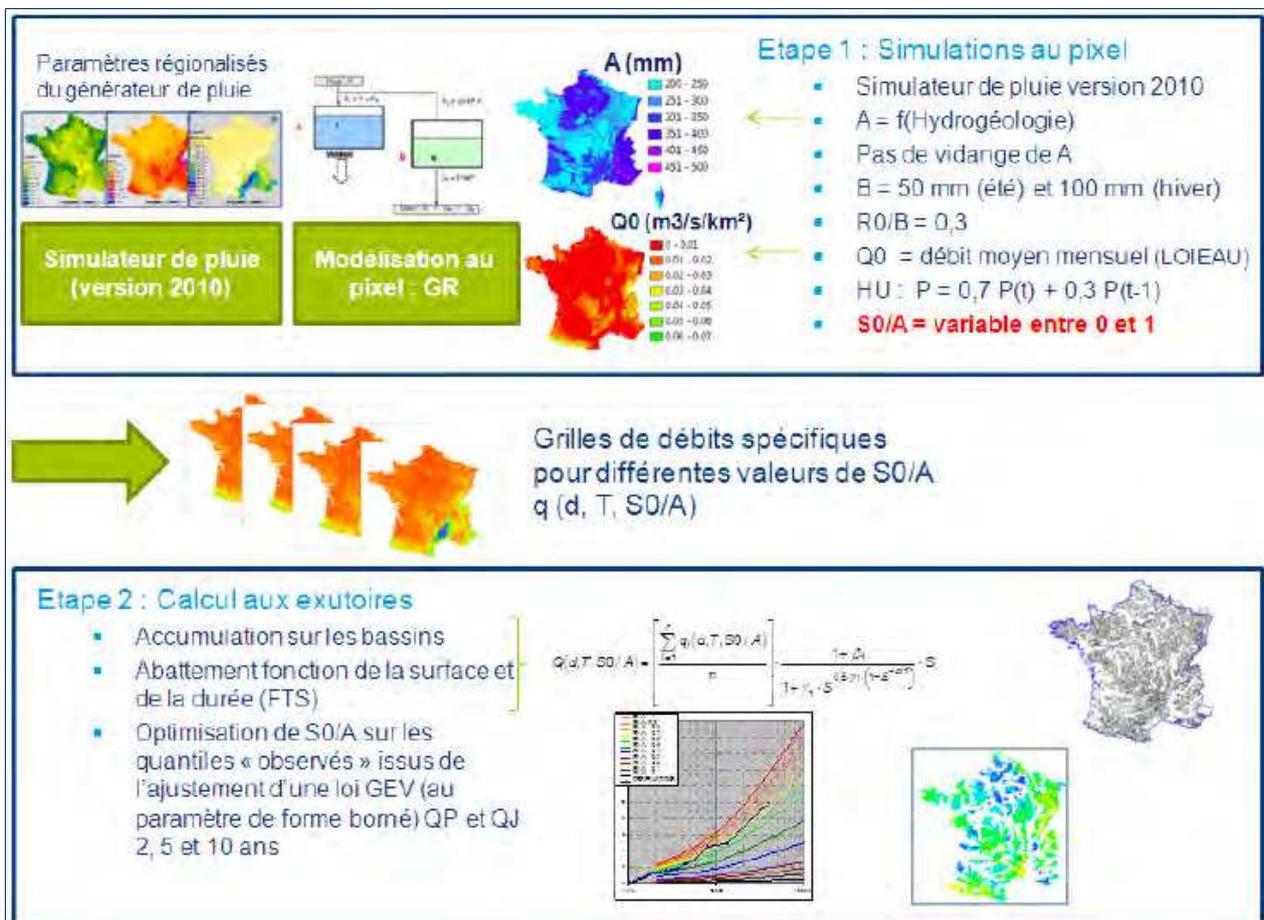
4.1.1 LES GRANDES ETAPES POUR LA PRODUCTION DES DEBITS SHYREG

- 1) Etape 1 : Simulations au pixel (production d'un débit spécifique sur chaque maille du bassin versant).

La première étape consiste donc à générer des quantiles de crue à la maille du pixel.

- 2) Etape 2 : Calcul aux exutoires (avec une **fonction de transfert statistique est notamment utilisée pour créer une réduction** des débits cumulés sur les bassins versants, en fonction de la surface du bassin).

La seconde étape consiste à calculer les quantiles de crues aux exutoires des bassins optimiser la valeur du paramètre S0/A.



4.1.2 RAPPEL DES LIMITES D'UTILISATION DE LA METHODE ET PRECAUTION A PRENDRE AVEC LA DONNEE

« Comme toute méthode, les estimations fournies par la méthode SHYREG sont soumises à un certain nombre d'incertitudes. La méthode SHYREG a été calée sur des bassins versants jugées « non influencés », c'est-à-dire correspondant à des fonctionnements dits « naturels ». Or certains bassins présentent des fonctionnements pouvant être contraints par différentes configurations mettant en défaut la méthode. Par exemple, les superficies des bassins versants étudiés varient entre 5 et 5 000 km², et il est conseillé de limiter l'application de la méthode à des bassins versants dans cette gamme de superficie. De plus, dans sa version actuelle, la méthode repose sur une approche régionale globale. Elle ne prend pas en compte certaines caractéristiques très spécifiques des bassins versants: bassins versants karstiques, très urbains, influencés par des aménagements, bassins versants avec des champs d'expansion des crues significatifs ou dans le cas d'une forte influence nivale... L'application pour de tels bassins versants risque d'être incorrecte. Pour signaler ces zones particulières pour lesquelles les quantiles SHYREG ont tout de même été calculés, un indice de confiance est proposé pour qualifier le degré d'applicabilité de la méthode. Il est important que l'utilisateur soit sensibilisé par l'alerte donné par cet indice de confiance dans le cas où les spécificités locales rendent les résultats inappropriés. Cette incertitude est d'autant plus grande que l'on s'intéresse aux périodes de retour élevées. Il convient alors d'être prudent dans l'utilisation des quantiles pour ces périodes de retour. Ces quantiles restent une estimation régionale de l'aléa hydrologique, en prenant en compte au mieux (calage) les informations pluviométriques disponibles et les spécificités des bassins versants jaugés dans un voisinage proche. »



Indicateur	Observations IRSTEA et collège d'experts	Commentaires de DHE
Délimitation du bassin versant	<p>Pour faciliter l'utilisation de la méthode SHYREG-débit, les débits ont été pré-calculés le long du réseau hydrographique, lui-même estimé par un traitement automatique du MNT, et sur une couche préétablie de bassins versants (base de bassins versants fournie par le SCHAPI). Ce sont les bassins versant topographiques qui ont été tracés. Malgré un contrôle manuel de cette opération automatisée, des erreurs restent possibles, notamment dans les zones de relief peu marqué. Il est demandé à l'utilisateur de vérifier la cohérence de la superficie du bassin versant.</p>	<p>La présence de nombreux ouvrages anthropiques (canaux, dérivation, station de relevage,...), ainsi que la topographie plane de certains bassins versants justifie une attention particulière sur ce point (cohérence des surfaces considérées dans SHYREG avec les bassins versants réels).</p>
Surface du bassin versant	<p>Pour le calage de la méthode, il n'y a que peu de bassins de moins de 10 km², plus le bassin est petit plus la spécificité du sol et du sous-sol est importante. Il y a un risque de comportement très spécifique sur un trop petit bassin éventuellement typé, du point de vue de la géologie par exemple. Cependant, le problème est le même avec toutes les autres méthodes.</p> <p>Ne pas mettre de limite basse d'utilisation, mais mettre un commentaire pour indiquer que la méthode n'a pas été validée pour les petites surfaces de bassins versants et que des performances moindres de la méthode sont à attendre dans ce cas.</p> <p>Pour les grands bassins, il y a un certain lissage, mais il faut faire attention au laminage hydraulique. Peu de bassins de plus de 2 000 km² ont été utilisés pour le calage et l'échantillon est insuffisant pour caler les fonctions d'abattement. Cependant, le problème est le même avec toutes les autres méthodes.</p> <p>Ne pas mettre de limite haute d'utilisation, mais mettre un commentaire pour indiquer que la méthode n'a pas été validée pour les grandes surfaces de bassins versants et que des performances moindres de la méthode sont à attendre dans ce cas.</p>	<p>Certains points de calcul correspondront à des surfaces de bassin versant important (exemple de l'Escaut en aval). Toutefois, d'autres éléments seront susceptibles d'avoir un impact sur le débit SHYREG (zones d'expansion de crue, ouvrages hydrauliques,...).</p>
Cas des zones urbaines	<p>Les bassins versants présentant une forte composante urbaine sont intégrés par la méthode SHYREG. En effet, afin de prendre en compte la partie ruissellement sur des secteurs fortement imperméabilisés, on a imposé des valeurs au paramètre SO/A.</p> <p>SHYREG n'est pas conçu pour estimer des débits sur de tout petits bassins (de l'ordre du km²), et de plus totalement urbanisés. Pour cela, il faudrait revoir la fonction de transfert (souvent plus rapide du fait de l'imperméabilisation) et donc la fonction d'abattement et ajuster la fonction de production. SHYREG est trop faible en pointes de crue, même si les estimations des volumes des crues semblent correctes.</p> <p>Avis du collège d'experts : « Ne pas utiliser SHYREG tel quel en zones totalement urbaines. »</p>	<p>Les bassins versant du canal de Lens ou Souchez ou de la Deûle aval sont moyennement à fortement urbanisés, et nécessiteront une attention particulière sur ce point.</p>
Cas des zones d'expansion de crue	<p>Les bassins versants utilisés pour mettre en œuvre la méthode et sa régionalisation, sont de taille inférieure à 2 000 km². Dans cette gamme de surface, il y a moins de chance d'avoir des bassins qui présentent des champs d'expansion des crues. Cependant, les débits calculés en tout point peuvent être fortement biaisés dans le cas de changements morphométriques brutaux. En effet, la méthode ne prend pas en compte les particularités hydrauliques spécifiques, telles que les zones naturelles d'expansion des crues.</p> <p>Ces facteurs, qui peuvent impacter sensiblement les débits de crue (et particulièrement les débits de pointe) doivent être systématiquement analysés.</p>	<p>La plupart des bassins versants étudiés possèdent des zones d'expansion de crue importantes (La Lys, la Scarpe, l'Escaut).</p>



4.2 COHERENCE SUR LES BASSINS VERSANT ETUDIES

Des écarts sur les surfaces de bassin versant (dans les études, dans la Banque Hydro, dans SHYREG) ont pu être constatés. Les bassins versants ont été redécoupés à partir des informations en notre possession (topographie, éléments de fonctionnement spécifique de VNF sur les bassins versant réellement drainés,...). Les principales différences constatées concernent les surfaces déclarées sur le bassin de la Deûle (non-intégration de la Scarpe amont) et de la Scarpe aval à Mortagne (intégration de la Scarpe amont).

⇒ Selon les découpages proposés, quelques écarts avec la surface déclarée sur les points de calculs SHYREG peuvent ainsi existés à la marge.

4.2.1 COMPARAISON AU NIVEAU DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXPLOITABLES

Nota : Les chroniques de débit existantes couvrent des périodes comprises entre 6 et 20 années, et ne permettent donc pas de conclure sur les débits centennaux (ces valeurs sont fournies à titre indicatives).

TRI de Lens et de Lille	Station	Surface BV (km ²)	Taille de l'échantillon ajustée	Point de référence SHYREG / Superficie (km ²)	QIX 10 ans (m ³ /s)			QIX 100 ans (m ³ /s)		
					Résultats existants	SHYREG	Ecart (%)	Résultats existants	SHYREG	Ecart (%)
	La Scarpe à Brebières	473	15 valeurs	AS_545 / 532.32	25	26.1	+4.6%	51.4	49.9	+2.8%
	La Deûle à Don	911.3 (*)	6 valeurs	AS_583 / 1085.76	28.32	64.0	+127.0%	/	120.6	/
	La Deûle à Wambrechies	1 419.2 (*)	6 valeurs	AS_610 / 1 587.2	126.13	114.0	-9.3%	/	210.7	/
	La Marque Pont à Marcq	30	20 valeurs	AS_4211 / 35.47	7.74	6.8	-12.5%	13.4	14.2	+6.3%
	La Lys à Wervicq-Sud (**)	3 420.3	20 valeurs	AS_630 / 3 588.73	153.76	218.3	+42.0%	241.46	372.9	+54.5%

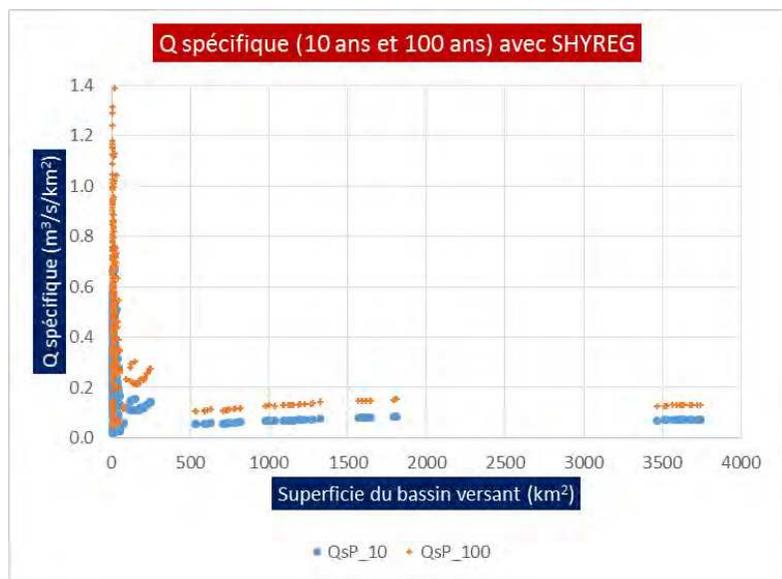
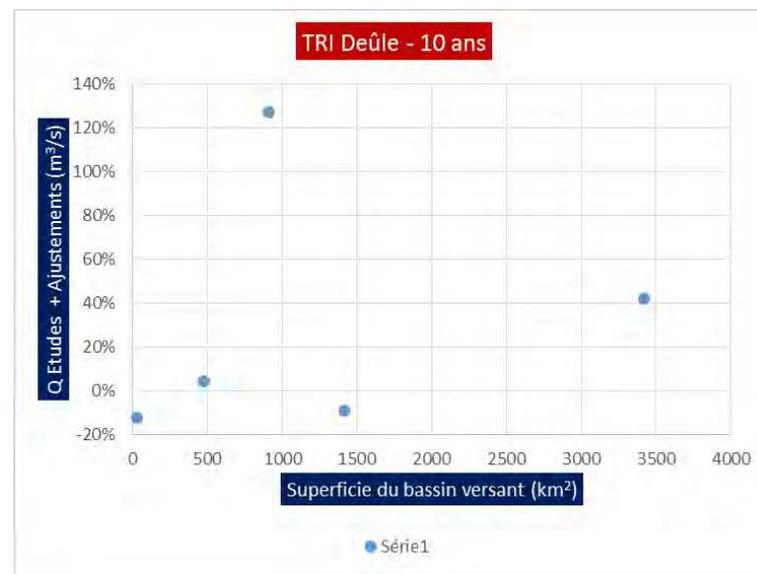
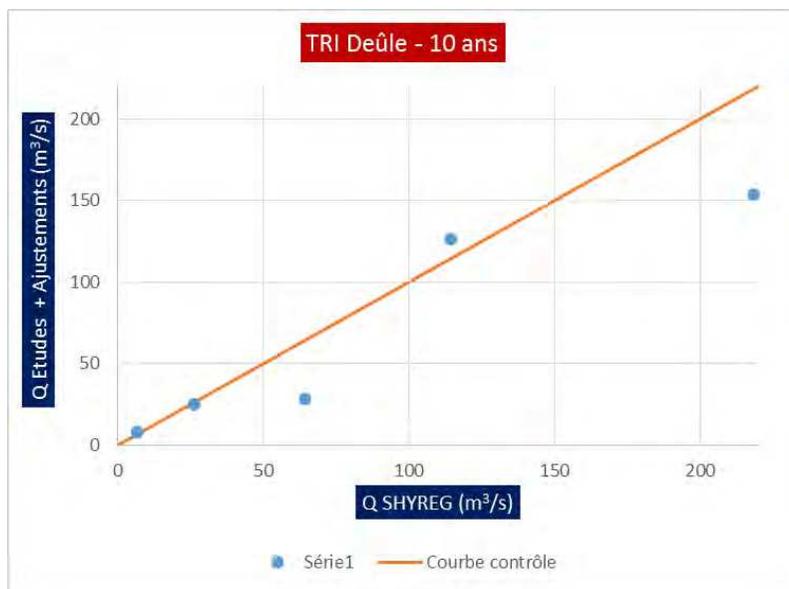
(*) La superficie des bassins versant intègre la Scarpe amont (dérivation de la Scarpe en amont de Douai).

(**) Les débits disponibles sont des débits moyens journaliers.

La valeur proposée sur la Marque est issue de l'AZI de la Marque (1998 – méthode Qdf).

La valeur proposée sur la Scarpe amont est issue de l'AZI de la Scarpe aval (2006 – méthode gradex pour 100 ans).





Les écarts constatés entre les débits SHYREG et les débits ajustés (à partir des chroniques) pour T = 10 ans sont compris entre 5 et 12 % pour les stations sur la Scarpe amont, la Marque amont et la Deûle en aval (seulement 6 valeurs).

Le débit SHYREG 10 ans à la station de Don est plus du double du débit ajusté. Les 6 valeurs à disposition sont très proches (probable influence sur débits fréquents du canal d'Aire).

Les débits spécifiques SHYREG produits sur le TRI de Lens et de Lille ont été sélectionnés. On constate une forte variabilité pour les faibles surfaces.

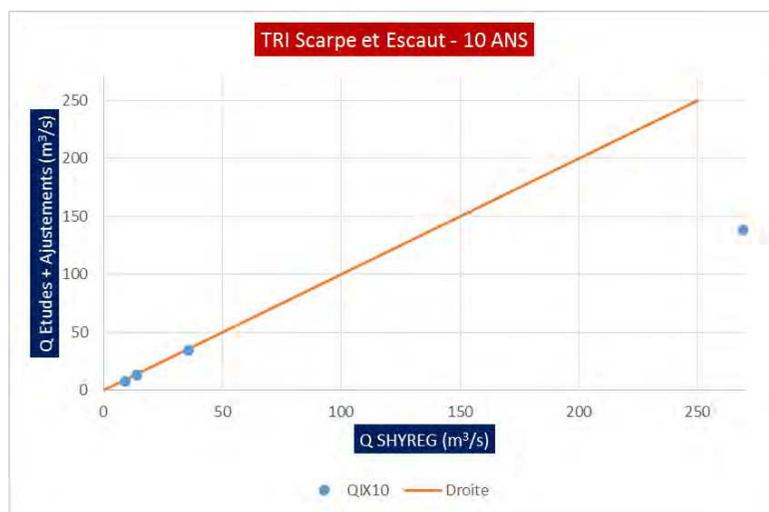
A partir des surfaces de l'ordre de 500 km², on retrouve des débits spécifiques relativement stables (même progression selon la période de retour) compris :

- entre 0.1 à 0.13 m³/s/km² pour T = 100 ans,
- entre 0.06 à 0.07 m³/s/km² pour T = 10 ans.



TRI de Douai et Valenciennes	Station	Surface BV (km ²)	Taille de l'échantillon ajustée	Point de référence SHYREG / Superficie (km ²)	QIX 10 ans (m ³ /s)		
					Résultats existants	SHYREG	Ecart (%)
	La Scarpe (canalisée) à Mortagne-du-Nord	663.1	8 valeurs	Pas de point de calcul SHYREG	37.54	/	/
	L'Écaillon à Thiant	173	48 valeurs	AS_375 / 173.09	13.29	14.0	+5.6%
	L'Hogneau à Thivencelle	240	29 valeurs	AS_1756 / 243.20	34.13	35.7	+4.5%
	L'Escaut à Maulde	4217.8	8 valeurs	AS_302 / 3 502.89	138.40	226.60	+63.8%
	La Rhonelle à Aulnoy-lez-Valenciennes	88.4	42 valeurs	AS_2561 / 87.76	7.64	9.3	+21.5%

Pour les plus faibles surfaces (inférieurs à 240 km²) les écarts constatés sont compris entre 4.5 et 21.5%. Pour les surfaces plus importantes (seulement deux points), les écarts sont relativement élevés, supérieurs à 50 %.



4.2.2 COMPARAISON AU NIVEAU DES STATIONS HYDROMETRIQUES EXPLOITABLES ET AVEC LES RESULTATS DES AUTRES ETUDES

	Station	Surface BV (km ²)	Point de référence SHYREG / Superficie (km ²)	QIX 10 ans (m ³ /s)			QIX 100 ans (m ³ /s)		
				Résultats existants	SHYREG	Ecart (%)	Résultats existants	SHYREG	Ecart (%)
TRI de Douai et Valenciennes	La Scarpe (canalisée) à Mortagne-du-Nord (*)	663.1	Pas de point de calcul SHYREG	49	/	/	133.1	/	/
	Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches	53.2	AS_6044 / 56.63	8	7.58	+2.1%	14.4	17.6	+22.5%
	La Selle à Denain	299	AS_352 / 596.99	15	17.1	+14.0%	36.8	33.5	-9.0%
	L'Écaillon à Thiant	173	AS_375 / 173.09	17	14.0	-17.4%	31	27.9	-10.0%
	L'Hogneau à Thivencelle	240	AS_1756 / 243.20	32	35.7	+11.5%	56.1	63.8	+13.7%
	L'Escaut à Maulde	4217.8	AS_302 / 3 502.89	110	269.3	+144.8%	306	462.8	+51.3%
	La Rhonelle à Aulnoy-lez-Valenciennes	88.4	AS_2561 / 87.76	10.5	9.3	-11.6%	23.6	18.4	-22.0%
	La Sensée à l'Etaing	299	AS_352 / 596.99	11	11.8	+7.4%	29.3	24.0	-18.0%

(*) La superficie affichée n'intègre pas le bassin de la Scarpe amont qui est dérivée vers la Deûle contrairement à la valeur affichée sur la Banque Hydro (1 230 km²).

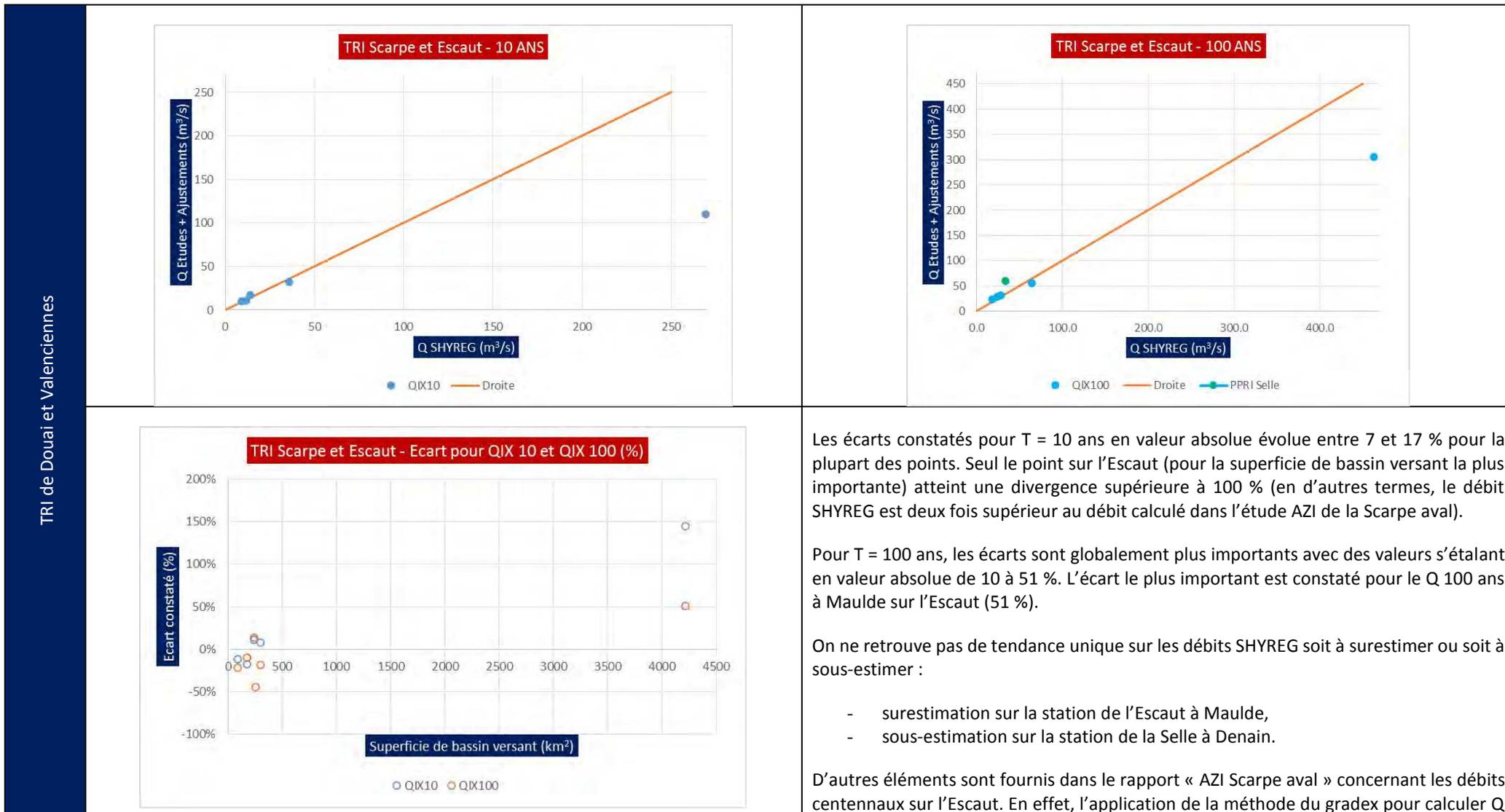
Les valeurs en bleu sont issues d'une modélisation hydrologique réalisée dans le PPRI de la Selle (calage du modèle sur une crue réelle / extrapolation de l'hydrogramme centennale à partir d'une pluie de projet + méthode SCS).

Les valeurs indiquées en rouge sont issues de l'AZI de la Scarpe aval :

- Débits décennaux issus d'une moyenne de plusieurs méthodes (SCS, rationnelle, Crupedix, SOGREAH, Socose...),



- Débits centennaux calculés à partir de la méthode du gradex avec une période de saturation fixée à 10 ans. Il semblerait toutefois que pour les stations localisées en aval sur l'Escaut, des résultats en provenance de Belgique aient été valorisées (difficile en effet d'imaginer l'application de la méthode du gradex avec une période de saturation de 10 ans à l'échelle d'un bassin versant comme l'Escaut).



Les débits spécifiques SHYREG produits sur le TRI de de Douai et de Valenciennes ont été sélectionnés. On constate une forte variabilité pour les faibles surfaces sur les deux territoires.

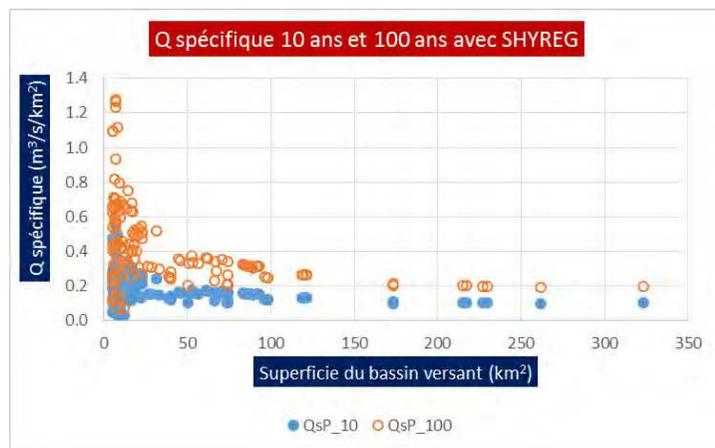


Figure 16 : Débits spécifiques 10 et 100 ans – TRI de la Scarpe

A partir des surfaces de l'ordre de 150 km², on retrouve des débits spécifiques relativement stables sur le bassin de la Scarpe aval (même progression selon la période de retour) proche de 0.2 m³/s/km² pour T = 100 ans.

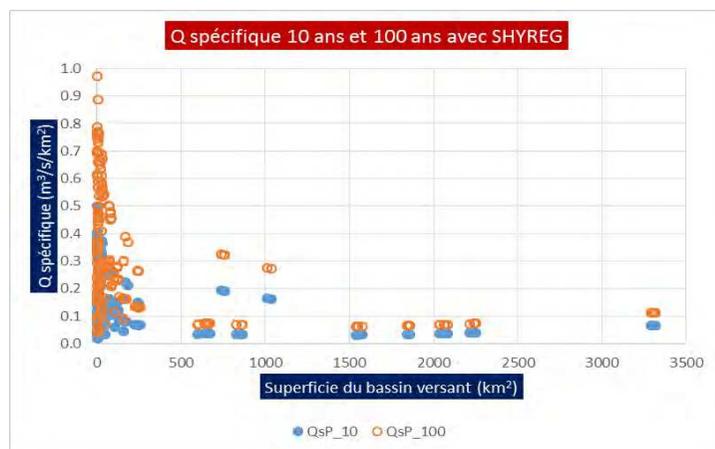
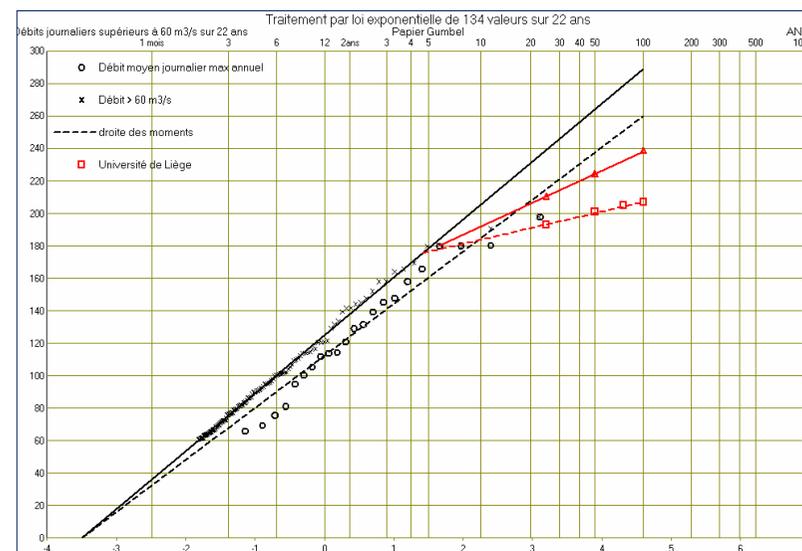


Figure 17 : Débits spécifiques 10 et 100 ans – TRI de l'Escaut

100 ans (avec T saturation = 10 ans) sur le bassin versant de l'Escaut (grandes surfaces en aval supérieures à 3 000 km²) paraît difficile à envisager.



Ainsi, il semblerait que l'université de Liège ait retravaillée sur une station (Tournai-Klein juste en aval de la station de Maulde) pour déterminer les débits statistiques à partir des débits enregistrés (ces éléments sont extraits du rapport SOGREAH sur l'AZI de la Scarpe aval. Il semblerait que les plus forts débits aient été réévalués à partir d'un modèle hydraulique : mise à jour de la loi de tarage avec une meilleure évaluation de la débitance en crue. Les quantiles affichées sont probablement issus d'un ajustement à une loi de Gumbel). Ces résultats ont ainsi permis d'en déduire les valeurs à la station de Maulde (application d'une loi régionale de type en S^{0.6}).

Station de Maulde	10 ans	100 ans
QIX	167	198
SHYREG	269.3	462.8
Ecart (%)	+144.8%	+133.8%



A partir des surfaces de l'ordre de 1 500 km², on retrouve des débits spécifiques relativement stables sur le bassin de l'Escaut (même progression selon la période de retour) compris entre 0.06 à 0.11 m³/s/km² pour T = 100 ans.

Ces écarts importants mettent probablement en avant l'existence d'un écrêtement naturel à l'échelle du bassin de l'Escaut, qui n'est probablement pas suffisamment retranscrit dans la fonction d'atténuation statistique appliquée dans SHYREG.



5 PROPOSITION ET VALIDATION DES ADAPTATIONS EVENTUELLES A APPORTER A LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La principale difficulté va résider dans le fait que peu de données hydrométriques sont disponibles (soit par une difficulté résiduelle à mesurer en crue / soit parce que les chroniques sont courtes). Quel que soit les méthodes mises en œuvre, les résultats obtenus ne pourront pas être objectivés tant que les données hydrométriques ne seront pas plus consistantes. En résumé, peu de données fiables pour calibrer les modèles de calcul mises en œuvre.

Si l'on se projette vers les prochaines étapes :

- 1) Même si les chroniques ne sont pas toujours satisfaisantes, on pourra essayer de chercher des correctifs pour les débits décennaux.
- 2) Pour la phase 2, plusieurs obstacles sont attendus et nécessiteront des choix à partir d'un faisceau d'informations limité :
 - Peu d'éléments probablement pour fixer la période de retour de saturation,
 - Peu d'éléments permettant de définir correctement les Q20, Q30 et Q50.
 - Peu d'éléments probablement pour apprécier les coefficients de pointe.

Nota : ces points seront étudiés plus précisément dans le cadre de la phase 2.

- ⇒ Sans être des éléments mesurés, il est proposé pour la phase 2 d'intégrer deux indicateurs permettant d'apprécier qualitativement la période de retour de saturation : occupation des sols et sensibilité au risque de remontée de nappe.

Objectivement, les éléments à disposition ne permettent pas véritablement de proposer une analyse complète des données SHYREG (trop peu de données mesurées pour espérer une vision complète) et se faire un avis complet sur leur représentativité. Cependant, quelques observations sur les données manipulées peuvent être formulées :

- Il est vraisemblable que pour les points de calcul de superficie élevée, les débits produits par SHYREG soient surestimés, du fait d'une difficulté à prendre en compte les zones d'expansion crue. Les secteurs particulièrement concernés par cet état de fait sont / il y a peut-être d'autres secteurs mais qui ne peuvent être appréciés à partir de la présente analyse :
 - Lys amont,
 - Sensée amont,
 - Marque,
 - Scarpe aval,
 - Escaut aval.
- ⇒ Il y aura probablement un choix stratégique à faire, concernant les hydrogrammes d'entrée à considérer. En effet, sur plusieurs secteurs des modèles hydrauliques sont mises en œuvre et doivent permettre de définir les hydrogrammes de crue écrêtés (Marque, Scarpe aval, Escaut aval).
- Certains secteurs (notamment sur le TRI de Lens) sont fortement urbanisés. Il sera probablement difficile en l'état d'apprécier la représentativité des débits SHYREG en l'état, faute d'analyses contradictoires. Par ailleurs, il est vraisemblable qu'en termes de pic de crue, le secteur du canal du Souchez soit plus vulnérable à des crues orageuses.



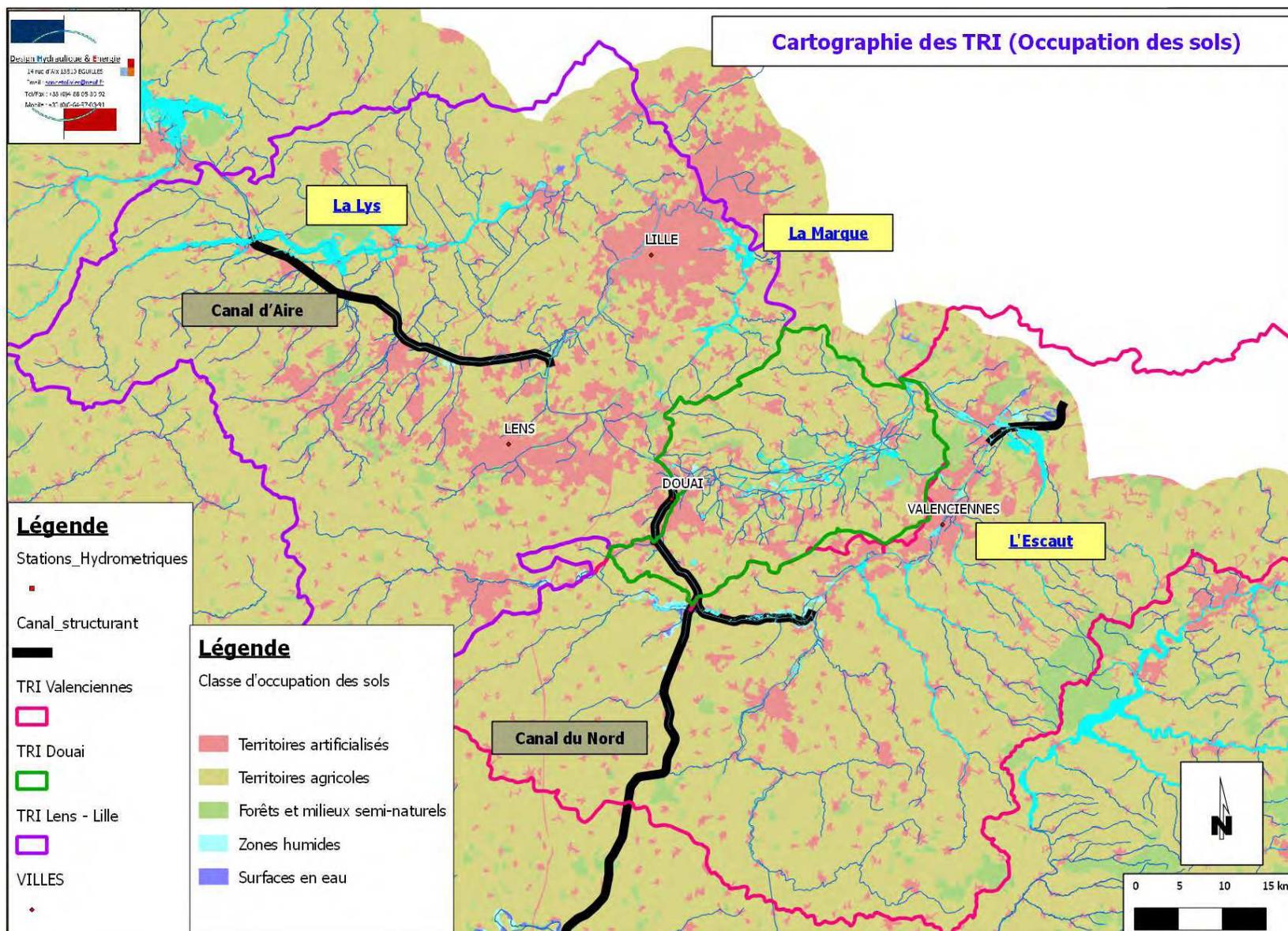


Figure 18 : Cartographie de l'occupation des sols



