



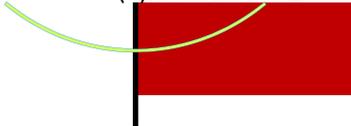
**Design Hydraulique & Energie**

14 rue d'Aix 13510 EGUILLES

Email : [sonnetolivier@neuf.fr](mailto:sonnetolivier@neuf.fr)

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

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



**PHASE 2**

**Comparaison des quantiles de crue estimés par la méthode du Gradex  
esthétique avec ceux de SHYREG**

Date	17 septembre 2013
Réalisation	Olivier SONNET
Modification	V6



 <p>Design Hydraulique &amp; Energie 14 rue d'Aix 13510 EGUILLES Email : <a href="mailto:sonnetoliver@neuf.fr">sonnetoliver@neuf.fr</a> Tel/Fax : +33 (0)4-88-05-39-92 Mobile : +33 (0)6-64-97-03-91</p>	<p>Analyse hydrologique sur les TRI de Lille, Lens, Douai et Valenciennes dans le cadre de la Direction Cadre Inondation</p> <p>Rapport Phase2 – Septembre 2013</p>	Phase 2

Création - Modifications

Indice	Auteur(s)			Vérificateur(s)			Approbateur(s)		
	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date
V1	Olivier SONNET		24/07/2013						
V2	Olivier SONNET		27/08/2013						
V3	Olivier SONNET		03/09/2013						
V4	Olivier SONNET		09/09/2013						
V5	Olivier SONNET		13/09/2013						
V6	Olivier SONNET		17/09/2013						

Historique des modifications

Indice	Date	Paragraphes modifiés / Objet
V2	27/08/2013	Prise en compte des remarques de l'IRTSEA
V3	03/09/2013	Prise en compte des remarques de l'IRTSEA
V4	09/09/2013	Calculs complémentaires pour validation des corrections
V5	15/09/2013	Intégration des dernières modifications
V6	17/09/2013	Modification de l'ajustement sur les débits moyens de Don

Diffusion

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



SOMMAIRE

<b>1</b>	<b><u>QUELQUES PRECISIONS SUR LES METHODES ET HYPOTHESES DE CALCUL MISES EN ŒUVRE PAR LA SUITE .....</u></b>	<b>6</b>
1.1	METHODE DU RENOUVELLEMENT.....	6
1.2	GRADEX ESTHETIQUE .....	7
1.3	GRADEX PLUVIOMETRIQUE (CALCUL DU PARAMETRE AP (D)).....	8
<b>2</b>	<b><u>TRI DE LENS ET LILLE.....</u></b>	<b>15</b>
2.1	STATION DE BREBIERES SUR LA SCARPE AMONT .....	15
2.1.1	DESCRIPTIF.....	15
2.1.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	16
2.1.2.1	Durée caractéristique des crues.....	16
2.1.2.2	Coefficient de forme .....	17
2.1.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	17
2.2	STATION DE DON SUR LA DEULE .....	20
2.2.1	DESCRIPTIF.....	20
2.2.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	22
2.2.2.1	Durée caractéristique des crues.....	22
2.2.2.2	Coefficient de forme .....	22
2.2.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	23
2.3	STATION DE WAMBRECHIES SUR LA DEULE.....	24
2.3.1	DESCRIPTIF.....	24
2.3.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	26
2.3.2.1	Durée caractéristique des crues.....	26
2.3.2.2	Coefficient de forme .....	27
2.3.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	27
2.4	STATION D'ARMENTIERES SUR LA LYS .....	32
2.4.1	DESCRIPTIF.....	32



2.4.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	33
2.4.2.1	Durée caractéristique des crues.....	33
2.4.2.2	Coefficient de forme .....	34
2.4.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	34
<b>3</b>	<b><u>TRI DE DOUAI ET VALENCIENNES .....</u></b>	<b>36</b>
<b>3.1</b>	<b>STATION MORTAGNE SUR LA SCARPE.....</b>	<b>36</b>
3.1.1	DESRIPTIF.....	36
3.1.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	37
3.1.2.1	Durée caractéristique des crues.....	37
3.1.2.2	Coefficient de forme .....	38
3.1.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	38
<b>3.2</b>	<b>STATION DE MAULDE SUR L'ESCAUT.....</b>	<b>40</b>
3.2.1	DESRIPTIF.....	40
3.2.2	CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE.....	41
3.2.2.1	Durée caractéristique des crues.....	41
3.2.2.2	Coefficient de forme .....	42
3.2.2.3	Extrapolation Q100 ans et Q1000 ans.....	42
<b>4</b>	<b><u>TESTS COMPLEMENTAIRES.....</u></b>	<b>43</b>
4.1	ANCIENNE STATION D'ARMENTIERES (1970 – 1994) .....	43
4.2	STATIONS HYDROMETRIQUES DE GEMY, WIZERNES ET DELETTES.....	45
4.3	STATION DE MENIN SUR LA LYS .....	49
4.4	STATION DE TOURNAI SUR L'ESCAUT .....	50
<b>5</b>	<b><u>CONCLUSIONS.....</u></b>	<b>52</b>
5.1	ANALYSE DES DEBITS SPECIFIQUES PAR POINT DE CALCUL .....	52
5.2	CORRECTION BRUTE PAR POINT DE CALCUL ET PERIODE DE RETOUR .....	53
5.3	AUTRES OBSERVATIONS .....	55



<b>6 ANNEXES.....</b>	<b>56</b>
<b>6.1 ANNEXE N°1 : AJUSTEMENTS STATISTIQUES PAR STATION HYDROMETRIQUE .....</b>	<b>56</b>
<b>6.2 ANNEXE N°2 : COEFFICIENTS DE PONDERATION APPLIQUES (METHODE DE THIESSEN) .....</b>	<b>62</b>

### Table des illustrations

<i>Figure 1 : Comparaison des lames d'eau précipitées et ruisselées .....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2 : Cartographie des stations pluviométriques analysées à l'échelle des 3 TRI .....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3 : Hydrogramme moyen des crues normées à Brebières.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 4 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Brebières.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 5 : Quantiles de crue à Brebières (Shyreg – Gradex esthétique).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 6 : Hydrogrammes de quelques crues enregistrées à Brebières .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 7 : Quantiles de crue à Brebières (Shyreg – Gradex esthétique) – crues automne-hiver .....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 8 : Hydrogramme moyen des crues en juillet 2005.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 9 : Hydrogramme moyen des crues normées à Don .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 10 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Don .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 11 : Quantiles de crue à Don (Shyreg – Gradex esthétique) .....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 12 : Hydrogramme moyen des crues normées à Wambrechies.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 13 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Wambrechies.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 14 : Quantiles de crue à Wambrechies (Shyreg – Gradex esthétique).....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 15 : Coefficient de forme pour les crues hiver-automne (Wambrechies).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 16 : Quantiles de crue à Wambrechies (Shyreg – Gradex esthétique) – crues hivernales .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 17 : Hydrogramme moyen des crues normées à Armentières .....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 18 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Armentières.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 19 : Quantiles de crue à Armentières (Shyreg – Gradex esthétique) .....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 20 : Hydrogramme moyen des crues normées à Mortagne du Nord.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 21 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Mortagne du Nord .....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 22 : Quantiles de crue à Mortagne (Shyreg – Gradex esthétique).....</i>	<i>38</i>
<i>Figure 23 : Hydrogramme moyen des crues normées à Maulde .....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 24 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Maulde .....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 25 : Quantiles de crue à Maulde (Shyreg – Gradex esthétique).....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 26 : Correction sur les données SHYREG vs Quantiles de crue .....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 27 : Localisation des trois stations hydrométriques de Guemy, Wizernes, et Delettes.....</i>	<i>47</i>
<i>Figure 28 : Quantiles de crue à Wizernes (Shyreg – Gradex esthétique) .....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 29 : Quantiles de crue à Delettes (Shyreg – Gradex esthétique).....</i>	<i>48</i>
<i>Figure 30 : Débits spécifiques issus des ajustements et de SHYREG .....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 31 : Correction par point de calcul et par période de retour.....</i>	<i>53</i>



Cette phase va faire l'objet d'un travail de comparaison des débits de pointe SHYREG et des quantiles obtenus par extrapolation pour les débits d'occurrence 100 et 1 000 ans. Ce travail va s'articuler autour deux étapes :

- 1) Dans un premier temps, les quantiles SHYREG vont être comparés à ceux obtenus par ajustement statistique aux séries disponibles (pour l'occurrence 10 ans).
- 2) Dans un second temps, les quantiles SHYREG vont être comparés à ceux obtenus par extrapolation de la distribution par la méthode du gradex esthétique (pour les occurrences 100 et 1000 ans).
- 3) Dans un troisième temps, un comparatif avec les quantiles obtenus au niveau de stations hydrométriques (dans le même contexte régional) disposant de chroniques plus complètes est réalisé pour affiner les tests sur les données SHYREG.

Issus de la première phase, les points de calage retenus se sont naturellement orientés vers les stations hydrométriques existantes et disposant de chroniques validées (en s'assurant notamment que la station restitue correctement le débit de crue) :

TRI	Nom du point de calage	Chronique disponible [Année début ; Année fin]
TRI de Lens	▪ Station de Brebières sur la Scarpe	[2005 ; 2012]
	▪ Station de Don sur la Deûle	[2005 ; 2010]
TRI de Lille	▪ Station de Wambrechies sur la Deûle	[2005 ; 2010]
	▪ Station d'Armentières sur la Lys	[2005 ; 2012]
TRI de Douai	▪ Station de Mortagne-du-Nord sur la Scarpe	[2005 ; 2012]
TRI de Valenciennes	▪ Station de Maulde sur l'Escaut.	[2005 ; 2012]

**Nota : les données SHYREG exploitées sont issues d'une correction à partir de la surface réelle de bassin versant au point de calcul considéré  $Q \text{ corrigé } (T) / Q \text{ Shyreg } (T) = (S \text{ retenu} / S \text{ Shyreg})^{0.8}$ .**

## 1 QUELQUES PRECISIONS SUR LES METHODES ET HYPOTHESES DE CALCUL MISES EN ŒUVRE PAR LA SUITE

Les paragraphes suivants vont faire état des méthodes de calcul mise en œuvre pour le calcul des débits statistiques (méthode de renouvellement pour les débits fréquents) et des hypothèses ou paramètres retenues dans le calcul du gradex esthétique (durée caractéristique de la crue, coefficient d'abattement des pluies, période de retour de saturation,...).

### 1.1 METHODE DU RENOUELEMENT

Afin de densifier la taille des échantillons ajustés, la méthode du renouvellement a été appliquée. L'échantillonnage est alors réalisé à partir d'un débit seuil pour lequel les crues supérieures à ce dernier sont retenues (dans le cas présent, nous avons fait le choix de retenir en moyenne 2 évènements par an). Une loi de type exponentielle a ensuite été retenue pour l'analyse statistique des débits de crue.

*Nota : quelques tests ont été réalisés pour comparer les résultats qui auraient été obtenus avec un ajustement de Gumbel à partir d'un échantillonnage de type maxima annuel. Les différences constatées (malgré la faible taille des échantillons) ne sont pas très importantes, et aboutissent à la production de débits relativement proches.*



## 1.2 GRADEX ESTHETIQUE

Pour déterminer les débits de fréquence rares (100 et 1 000 ans), l'extrapolation fréquentielle est réalisée à partir de la méthode du gradex esthétique (variante de la méthode du gradex). On considère dans ce type d'approche que lorsque le bassin est complètement saturé en eau, la distribution des débits est la même que celle de la pluie (en d'autres termes tout accroissement de pluie induit le même accroissement en débit).

Cette méthode suppose (par rapport à la méthode du gradex) un passage plus progressif vers ce comportement exponentiel. Elle est notamment plus appropriée pour des bassins versants importants ou avec des alimentations souterraines importantes, puisqu'elle permet de pondérer l'hypothèse de saturation uniforme du bassin. Cette approche est donc mieux adaptée au contexte hydro-climatique étudié (nord de la France, nappe de la craie, faible pente d'écoulement, nombreuses zones d'étalement des crues,...).

Le débit de pointe s'exprime alors par la formule suivante :

$$QIX(T) = C^{forme} * [ QMX(d, Tg) + K * Ap(d) * \ln[ 1 + (Aq(d) / K * Ap(d)) * (T - Tg) / Tg ] ]$$

Avec :

- QIX (T) : débit instantané maximum de période de retour Tg
- d : durée caractéristique de crue au point de calcul
- $C^{forme} = QIX / Q \text{ moyen } (d)$
- QMX (d, Tg) = débit moyen maximum sur une durée d de période de retour Tg
- Ap (d) = gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique de crue d
- K : coefficient d'abattement spatial pour passer des pluies ponctuelles à une pluie moyenne à l'échelle du bassin versant
- Aq (d) = gradex des débits relatif à la durée caractéristique de crue d

Quels paramètres doit-on fixer par la suite ?

### 1) d : durée caractéristique des crues au point de calcul

Un préalable à l'application de la méthode est le choix du pas de temps de travail (d dans la formule précédente).

*L'approche privilégiée pour l'estimation de la durée caractéristique de crue s'appuie sur la définition d'une forme moyenne de crue à partir d'une normalisation des hydrogrammes de crue par le débit de pointe.*

### 2) Ap (d) = gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique de crue

Les tests réalisés sur certaines stations ont montré l'existence d'un gradient pluviométrique (printemps – été) supérieurs au gradex (automne – hiver). Ce constat n'est toutefois valable que pour les gradex journaliers (présence d'1 ou 2 évènements de type orageux importants – exemple de juillet 2005). L'étude de la saisonnalité des crues n'a pas par ailleurs démontré l'intérêt de raisonner sur des gradex saisonniers (on retrouve en effet quelques fois des crues automne-hiver ou printemps-été avec des dynamiques assez proches, lentes ou rapides). Il est probable que ce constat est à nuancer selon les sous-bassins versant considérés, notamment pour les sous-bassins les plus urbanisés (là où de fortes intensités pluvieuses génèreront les débits de pointe les plus élevés).

*Une sélection des stations pluviométriques exploitables a été réalisée sur les bassins versants amont. Un ajustement sur les cumuls pluviométriques est ensuite réalisé pour les différentes durées nécessaires (ajustement de Gumbel sur les maxima annuels). Ces valeurs ponctuelles sont ensuite pondérées à partir de la méthode de Thiessen pour calculer le coefficient Ap (d) en m<sup>3</sup>/s.*

### 3) K : coefficient d'abattement spatial des pluies

Pour passer d'une pluie ponctuelle (mesurée à un poste pluviométrique), à une pluie moyenne sur la surface du bassin versant, on applique généralement un coefficient d'abattement : Pluie moyenne = K x Pluie Ponctuelle. Nous ne disposons pas de loi spécifique sur les bassins versant étudiés. Des études sur des bassins parisiens ont montré que K pouvait être approché par  $K = 1 / [1 + (S^{1/2} / 30 \times t^{1/3})]$  avec S en km<sup>2</sup> et t en h. Des tests de cette formule sur les bassins versant étudiés ont montré que cette valeur était comprise entre 0.64 à 0.83.



4) **Tg : Choix de la période de retour de saturation**

10 ans est la valeur historiquement utilisée dans la formule du gradex (bassin versant à fort ruissellement dans des zones de montagne sur les sites hydroélectriques d'EDF). Ce point peut parfois être déduit visuellement sur les graphiques d'ajustement (on constate alors sur un plan de type Gumbel un décrochement des événements à partir d'une certaine fréquence – les échantillons à disposition ne sont pas suffisamment grand pour cette déduction graphique, aucun événement majeur dans les échantillons exploités). Sur des bassins à dynamique plus faible, on admet qu'une période de retour de 20 ans est plus adaptée. Toutefois, sur des bassins ayant de grandes capacités d'infiltration (structure crayeuse par exemple), des périodes de retour supérieures doivent être envisagées.

Quelques tests ont été réalisés sur le bassin versant pour apprécier le coefficient d'écoulement pendant plusieurs crues. Il ressort de ces derniers que les coefficients sont dans la majorité des cas inférieurs à 0,5, et traduisant le fait que les bassins versant sont loin du point de saturation. En outre, comme évoqué dans le cadre du rapport de phase 1, des zones d'étalement des crues sont également présentes (bassin de la Lys, de la Marque,...).

**De fait, l'extrapolation par la méthode du gradex esthétique des débits rares sera réalisée avec un seuil établi à 50 ans.**

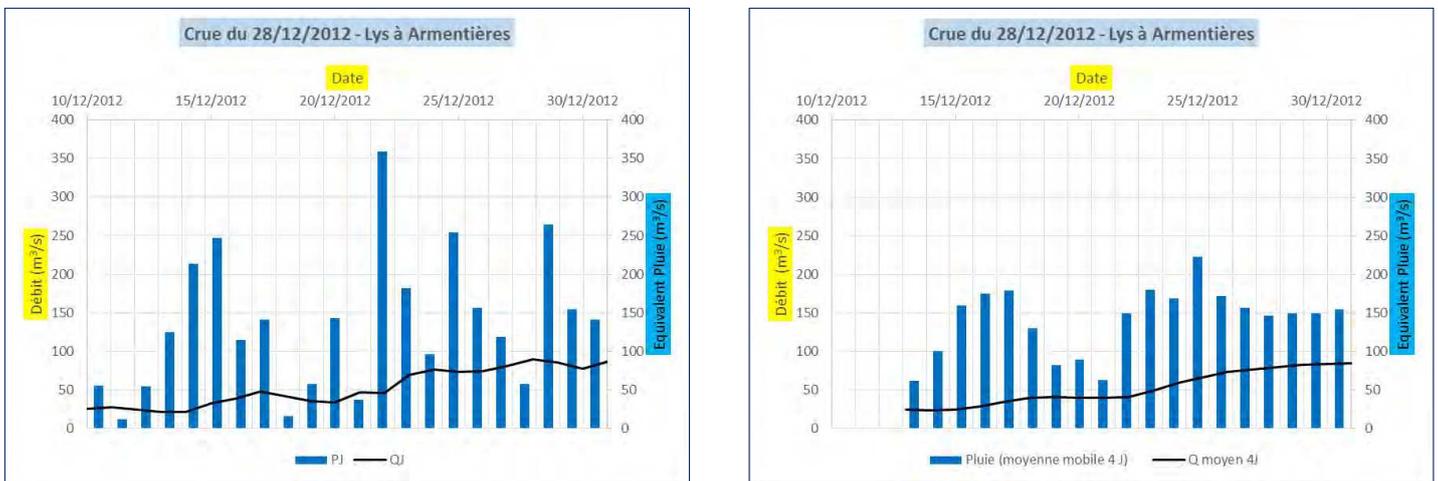


Figure 1 : Comparaison des lames d'eau précipitées et ruisselées

A titre d'illustration, les coefficients d'écoulement calculés sur plusieurs durées (entre 1 et 4 jours) à Armentières varient de 25 % à 42 %.

5) **C<sup>forme</sup> : Coefficient de forme**

Le coefficient de forme moyen représente le ratio entre le débit de pointe et le débit moyen maximal sur la durée caractéristique d. L'analyse des 10 à 20 plus fortes crues a été réalisée pour calculer le coefficient de forme pour chaque pointe de calcul.

1.3 GRADEX PLUVIOMETRIQUE (CALCUL DU PARAMETRE AP (D))

Afin de proposer une présentation homogène, a été décidée de présenter dans les grandes lignes les différentes démarches mises en œuvre pour le calcul des gradex pluviométriques.

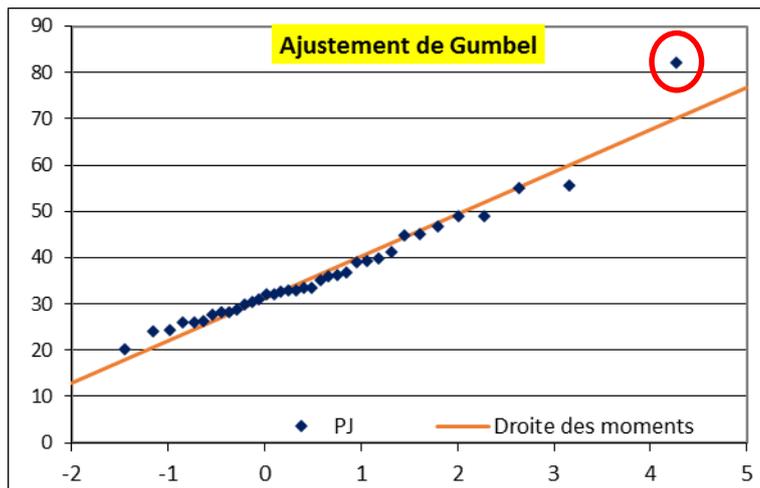
- 1) Plusieurs postes pluviométriques ont été sélectionnés sur les bassins versant étudiés, l'idée étant de disposer de chroniques suffisantes et d'une bonne couverture spatiale.



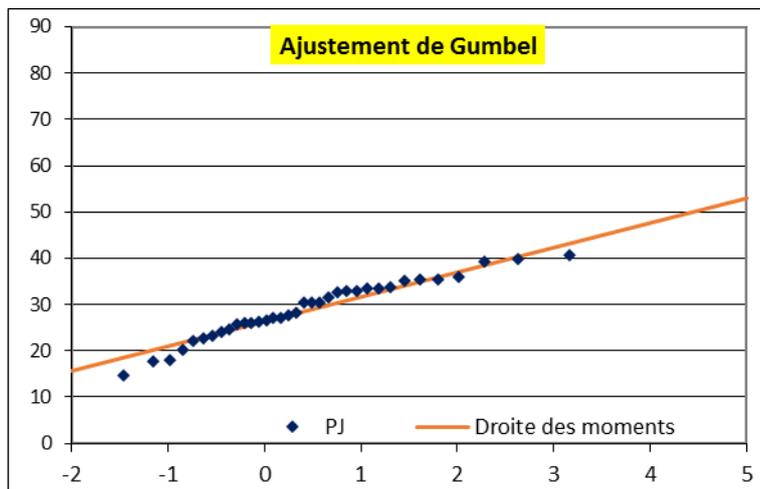
- 2) Les données mises à disposition par la DREAL Nord-Pas de Calais sont des données journalières. Les différents calculs ou ajustement statistiques nécessaires à la détermination des gradex des cumuls pluviométriques ont été réalisés à partir d'un échantillonnage sur les maxima annuel et d'une loi de Gumbel.

Globalement, les effets saisonniers sont limités aux valeurs de gradex journaliers. L'évènement de juillet 2005 (encerclé en rouge sur la figure) peut notamment créer une différence notable entre le gradex automne-hiver et printemps-été sur quelques postes pluviométriques. Ce constat n'est plus valable pour les cumuls de pluie supérieurs à 2 jours.

Exemple sur le poste de Ourton

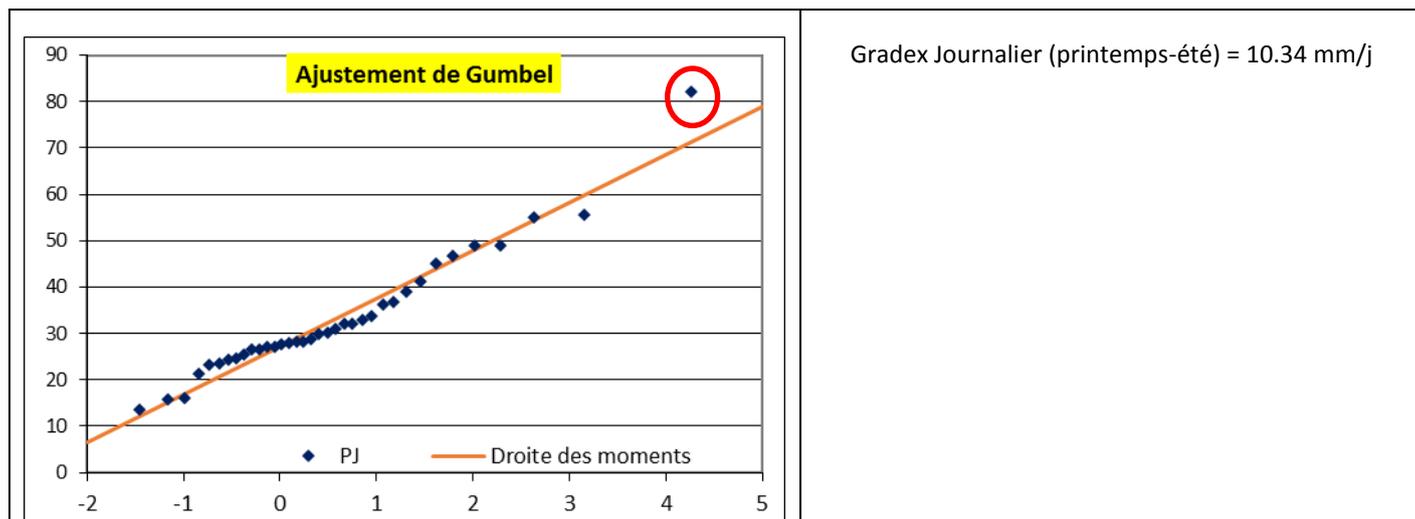


Gradex Journalier (avec max annuel) = 9.10 mm/j



Gradex Journalier (automne-hiver) = 5.31 mm/j





- 3) Afin d'obtenir une pluie du bassin, la méthode de Thiessen a été appliquée pour pondérer les gradex des différents postes pluviométriques par leur surface d'influence au niveau de chaque point de calcul. Les pondérations appliquées aux stations considérées sont présentées en **annexe n°2**.



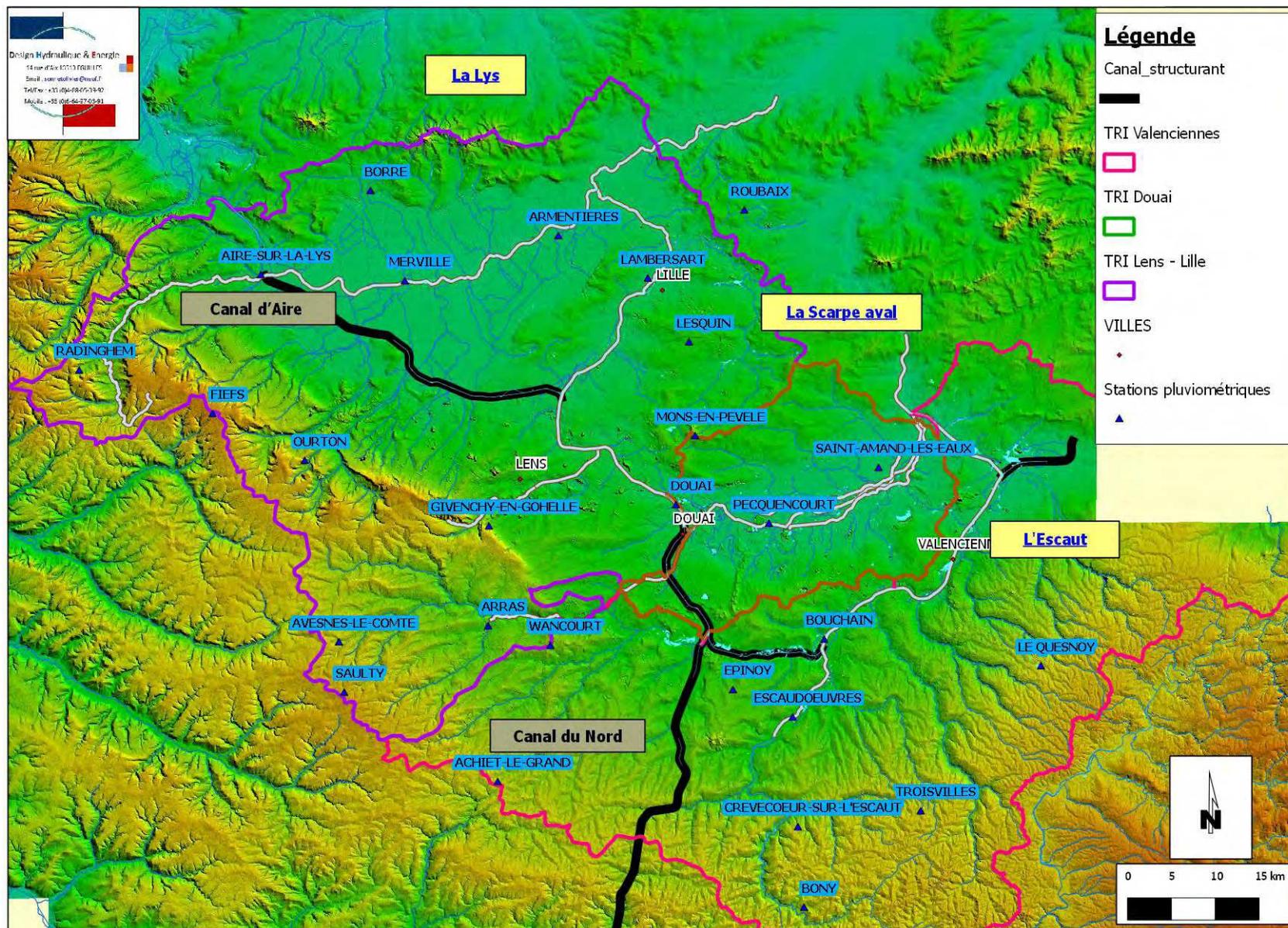


Figure 2 : Cartographie des stations pluviométriques analysées à l'échelle des 3 TRI



**Bassins versant de la Scarpe amont, la Deûle et la Lys :**

Nom station	Période	Altitude (m)	Gradex 1 j (mm)	PJ 100 ans (mm)	Gradex 4 j (mm)	P 4J 100 ans (mm)
Avesnes-le_Comte	[1966 – 2002]	125	6.91	61.25	12.67	113.78
Saulty	[1988 – 2012]	160	9.47	75.19	12.58	114.34
Arras	[1987 – 2012]	100	12.85	86.60	15.32	120.46
Douai	[1970 – 2005]	25	9.88	72.35	12.91	104.54
Givenchy-en-Gohelle	[1961 – 2012]	97	8.58	64.24	9.14	90.07
Mons-en-Pévèle	[1962 – 2005]	107	10.70	74.26	11.29	114.28
Lambersart	[1975 – 2005]	19	13.43	90.07	14.00	114.28
Lesquin	[1945 – 2012]	47	7.44	60.99	10.77	94.67
Roubaix	[1961 – 2012]	30	8.35	67.34	12.18	107.62
Aire-sur-Lys	[1972 – 2011]	22	13.53	89.34	16.44	127.32
Radinghem	[1989 – 2012]	115	5.40	60.41	11.96	126.29
Borre	[1975 – 2011]	30	9.11	71.40	11.45	104.82
Ourton	[1975 – 2011]	100	9.10	73.05	14.17	122.76
Merville	[1962 – 2007]	16	10.49	75.11	12.93	105.60
Armentières	[1962 – 2012]	14	7.91	65.54	11.34	101.40
SCARPE amont à BREBIERES	Pondération Thiessen		10.2	75.9	13.9	117.1
DEULE à DON	Pondération Thiessen		9.5	71.2	12.1	106.1
DEULE à WAMBRECHIES	Pondération Thiessen		9.7	71.6	12.0	106.0
LYS à ARMENTIERES	Pondération Thiessen		9.9	74.6	13.2	114.7

**Nota :**

- Le poste d'Arras a enregistré la pluie du 03 juillet 2005 (à l'origine de la crue du 04 juillet 2005) avec un cumul journalier de 97.4 mm, alors que ce dernier n'est que de 52.7 mm au poste de Saulty.
- Le calcul du gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à une durée < 24 h, a été réalisé à partir des coefficients de montana de la station de Lille-Lesquin (1973 à 2003).



Les coefficients de Montana appliqués pour le secteur sont présentés dans le tableau ci-dessous (source : Météo France, station de Lille Lesquin – 1973 à 2003) :

Période de retour	6 minutes à 2 heures		2 heures à 24 heures	
	a	b	a	b
2 ans	3.573	0.655	5.570	0.758
5 ans	5.354	0.670	8.858	0.789
10 ans	6.538	0.676	11.260	0.804
20 ans	7.649	0.679	13.461	0.813
25 ans	7.966	0.679	14.129	0.815
30 ans	8.307	0.681	14.829	0.819
50 ans	9.100	0.682	16.470	0.823
75 ans	9.781	0.685	17.727	0.826
100 ans	10.237	0.686	18.719	0.829

Les hauteurs précipitées pendant « t » sont données par la formule de Montana :

$$h(t) \text{ [mm]} = a(t)^{1-b(t)}$$

Avec : h(t) : hauteur correspondant au pas de temps considéré  
 t : pas de temps en minutes.



**Bassins versant de la Scarpe aval et de l'Escaut :**

Nom station	Période	Altitude (m)	Gradex 2j (mm)	P2J 100 ans (mm)	Gradex 3j (mm)	P3J 100 ans (mm)	Gradex 4 j (mm)	P 4J 100 ans (mm)
Douai	[1970 – 2005]	25	11.76	88.50	12.07	95.28	12.91	104.54
Pecquencourt	[1963 – 2012]	19	10.63	86.43	10.11	88.38	10.50	95.53
Saint-Amand	[1962 – 2012]	25	9.08	76.71	8.65	80.45	9.77	91.07
Achiet-le-Grand	[1980 - 2012]	130	8.3	77.2	8.6	85.12	/	/
Epinoy	[1954 - 2012]	76	8.71	73.5	9.8	83.64	/	/
Bouchain	[1975 - 2012]	35	9.82	80.6	9.8	85.79	/	/
Escaudoeuvres	[1961 - 2012]	42	10.3	81.2	9.9	85.9	/	/
Bony	[1956 - 2012]	94	8.99	77.1	10.5	90.07	/	/
Crevecoeur	[1964 - 2012]	59	9.54	78.1	9.7	84.56	/	/
TroisVilles	[1952 - 2012]	116	10.77	86.7	11.5	94.75	/	/
Le Quesnoy	[1967 - 2012]	128	10.95	86.7	10.9	94.26	/	/
Arras	[1987 – 2012]	100	14.01	101.49	14.31	110.21	/	/
<b>ESCAUT à MAULDE</b>	<b>Pondération Thiessen</b>		<b>10.2</b>	<b>82.6</b>	<b>10.3</b>	<b>89.5</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>SCARPE aval à MORTAGNE</b>	<b>Pondération Thiessen</b>		<b>10.2</b>	<b>82.6</b>	<b>10.5</b>	<b>86.2</b>	<b>10.6</b>	<b>95.2</b>

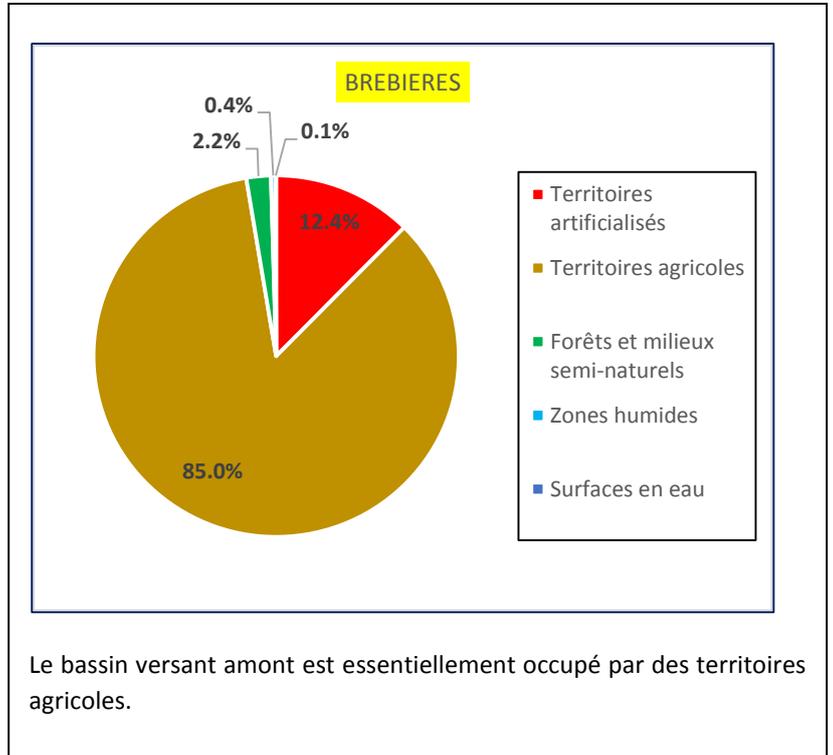


## 2 TRI DE LENS ET LILLE

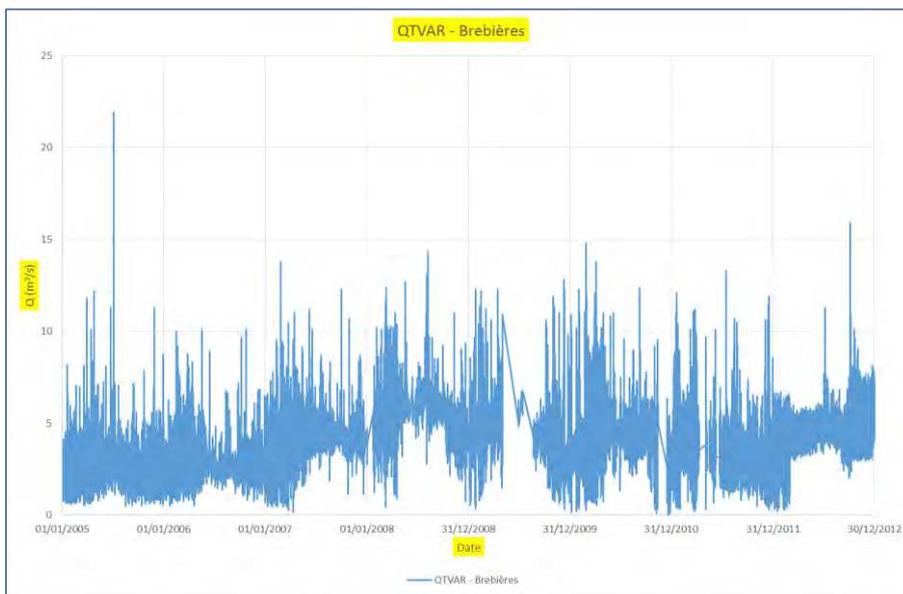
Nota : les éléments présentés sur l'occupation du sol pour chaque sous-bassin versant sont issus de la BD Corine Land Cover. Cette information n'a pas vocation à décrire précisément l'occupation des sols amont, mais à essayer de fournir des indicateurs sur les degrés d'imperméabilisation des sols.

### 2.1 STATION DE BREBIERES SUR LA SCARPE AMONT

Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	<b>473.0</b>
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	48.9
Altitude max (m)	130
Altitude min (m)	36
Pente moyenne (%)	0.192%
<b>Chroniques de débit disponibles</b>	
Année début	Année fin
2005	2012



#### 2.1.1 DESCRIPTIF



Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 01/01/2005.

La plus forte crue s'est produite le 04/07/2005 avec un débit de pointe de 21.9 m<sup>3</sup>/s.



ID_Crue	Q pointe (m <sup>3</sup> /s)	DS (h)	Q moyen (10 h)	C pointe (10 h)	Mois	Saison
Crue du 04/07/2005	21.9	11.7	19.3	1.14	juillet	été
Crue du 27/11/2005	11.3	4.4	5.0	2.25	novembre	automne
Crue du 18/05/2006	10.1	5.8	6.2	1.64	mai	printemps
Crue du 25/02/2007	13.8	2.3	5.4	2.56	février	hiver
Crue du 08/06/2007	11.2	13.2	8.0	1.41	juin	printemps
Crue du 01/10/2007	12.3	10.0	7.8	1.58	octobre	automne
Crue du 11/03/2008	12.4	40.6	9.4	1.32	mars	hiver
Crue du 18/05/2008	12.7	27.7	10.0	1.27	mai	printemps
Crue du 04/08/2008	13.1	23.2	12.0	1.09	août	été
Crue du 25/01/2009	12.30	3.2	12.30	3.22	janvier	hiver
Crue du 10/12/2009	12.8	1.2	4.2	3.01	décembre	automne
Crue du 28/02/2010	14.8	3.2	6.5	2.29	février	hiver
Crue du 04/04/2010	13.8	2.3	6.4	2.14	avril	printemps
Crue du 08/09/2010	12.4	6.2	9.1	1.37	septembre	automne
Crue du 18/01/2011	12.1	1.7	5.09	2.38	janvier	hiver
Crue du 16/07/2011	13.3	4.5	7.1	1.87	juillet	été
Crue du 16/12/2011	11.90	1.6	5.07	2.35	décembre	automne
Crue du 06/07/2012	11.3	33.3	9.8	1.15	juillet	été
Crue du 04/10/2012	15.9	12.3	12.5	1.28	octobre	automne

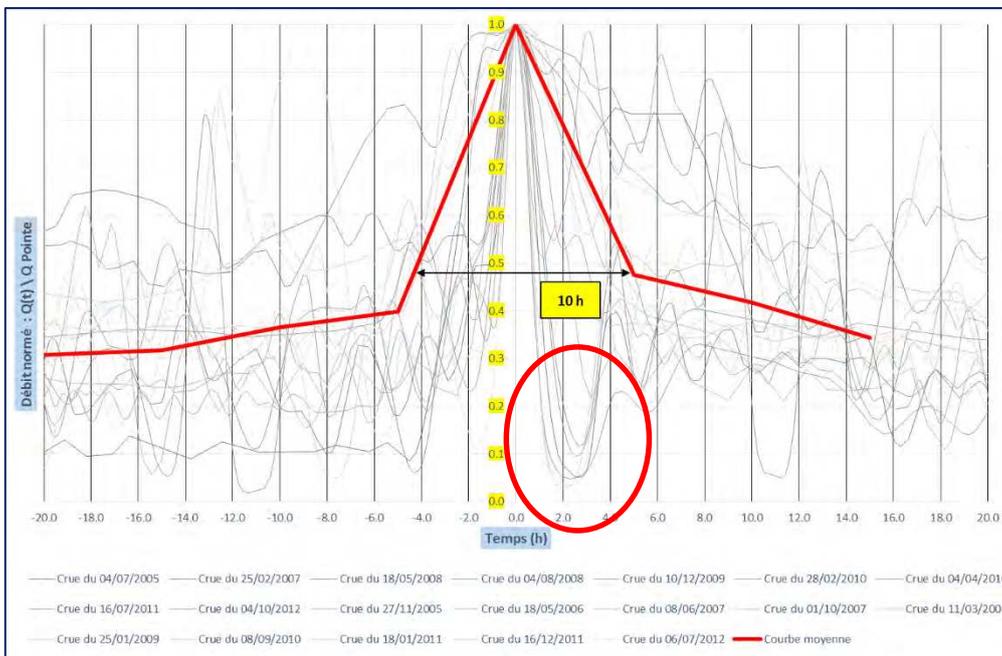
Les principales crues enregistrées depuis 2005 se répartissent sur l'ensemble des saisons, avec des temps de réponse très variables.

Sont présentés dans le tableau ci-contre (légende valable pour la suite du document) :

- Id Crue : Date de la crue analysée,
- Q pointe : Débit de pointe constaté pendant la crue,
- Ds : durée caractéristique des crues en heures,
- Q moyen : débit moyen sur la durée caractéristique de crue Ds,
- C pointe : ration entre le débit de pointe et le débit moyen
- Mois : mois où s'est produite la crue,
- Saison : saison où s'est produite la crue.

## 2.1.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

### 2.1.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES



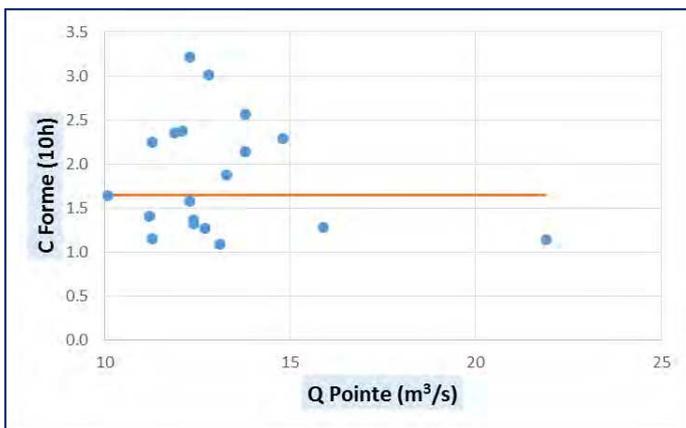
Le temps de montée moyen est évalué à 5 h, considérée comme rapide.

**Le temps caractéristique des crues est estimé à 10 h.**

Figure 3 : Hydrogramme moyen des crues normées à Brebières



### 2.1.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 10 h est compris entre [1.09 ; 3.22]. On note une très forte variabilité dans le coefficient de pointe, avec des valeurs particulières hautes.

**La valeur retenue est de 1.65.**

Figure 4 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Brebières

### 2.1.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

Hypothèses retenues	
d	10 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	24.6 m³/s
K	0.748
K.ap (d)	80.6 m³/s
aq (d)	3.60 m³/s
C <sub>Forme</sub>	1.65

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- Ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

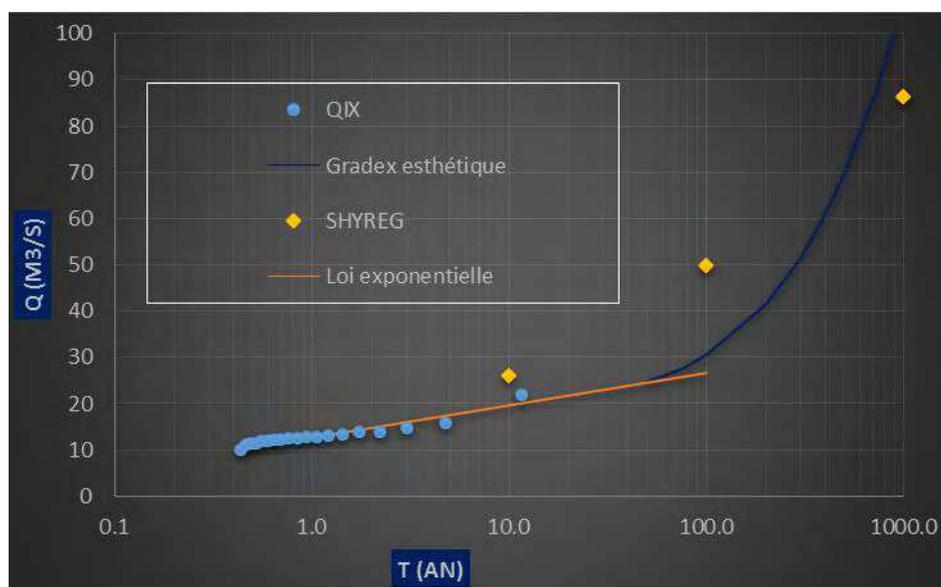
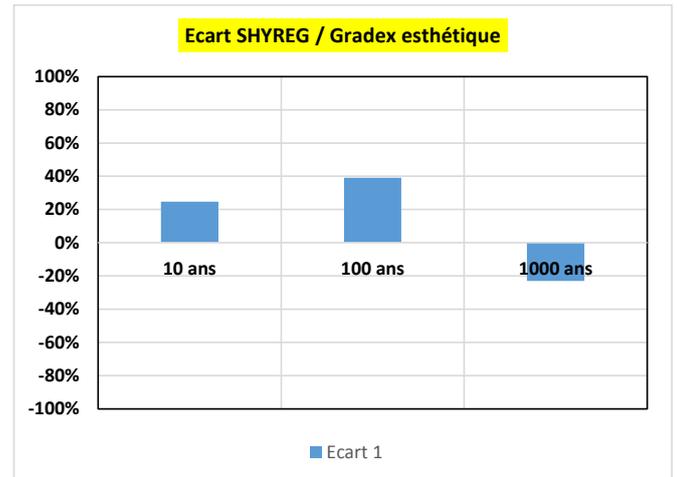


Figure 5 : Quantiles de crue à Brebières (Shyreg – Gradex esthétique)



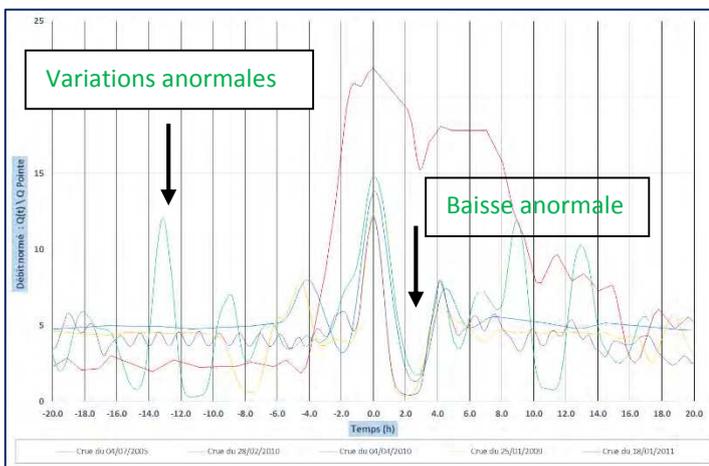
QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	26.1	49.9	86.4
Gradex esthétique	19.7 (*)	30.4	106.3
Ecart (%)	24.7%	39.2%	-23.1%
Coefficient de correction	0.75	0.61	1.23

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.



A ce stade, un retour sur les hydrogrammes de crue analysé s'est imposé. En effet, le résultat obtenu pour la crue millénale paraît disproportionné, eu égard aux débits spécifiques obtenus sur d'autres bassins versants comparables (cf. conclusions). Ce résultat est fortement conditionné par le choix de la durée caractéristique de crues (définie à partir d'hydrogrammes moyens), du coefficient de forme et du gradex des pluies.

Lorsqu'on regarde de plus près les hydrogrammes de crue (également observable sur les hydrogrammes normés), des oscillations ou variations brutales du débit sont observées. Il est probable que ces fluctuations brutales sont liées à des manœuvres d'ouvrage (bassinées) ou une difficulté de la station à mesurer ou restituer le débit lors de fluctuation du niveau. Ce point est également mis en exergue avec la très forte variabilité constatée sur les coefficients de pointe. La crue de juillet 2005 semble toutefois correctement restituée.



En l'état, les résultats obtenus à cette station pour T = 1000 ans, ne peuvent être retenus. Difficile notamment de statuer sur la durée caractéristique des crues ou de définir des débits moyens de crue fiables.

Figure 6 : Hydrogrammes de quelques crues enregistrées à Brebières

Nota : un test a été réalisé pour réaliser un calcul sur les évènements hivernaux. Les débits rares calculés concluent à des valeurs proches du calcul initial (sans distinction des saisons).



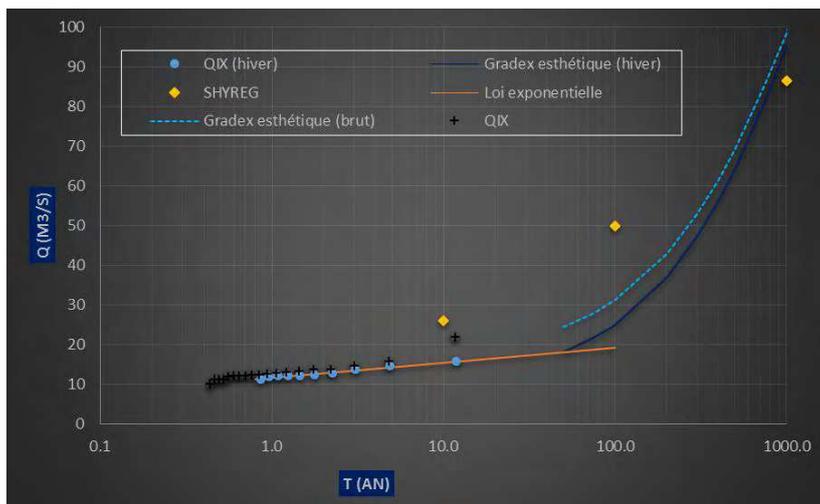


Figure 7 : Quantiles de crue à Brebières (Shyreg – Gradex esthétique) – crues automne-hiver

Hypothèses retenues	
d	24 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	18.2 m <sup>3</sup> /s
K	0.748
K.ap (d)	20.7 m <sup>3</sup> /s
aq (d)	2.72 m <sup>3</sup> /s
C Forme	2.60

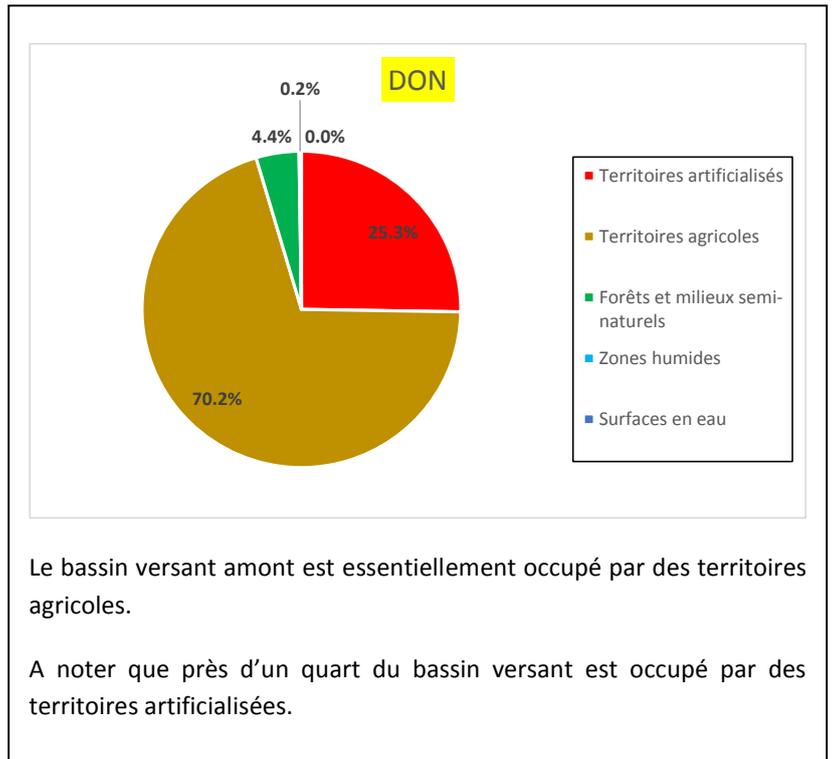
T (an)	QIX hiver	QIX brut
100	24.9 m <sup>3</sup> /s	31.2 m <sup>3</sup> /s
1000	95 m <sup>3</sup> /s	98.5 m <sup>3</sup> /s

(Nota : calcul réalisé à partir des données pluviométriques journalières / intensité moyenne plus faible expliquant le fait que le calcul du Q1000 ans soit légèrement plus faible qu’avec l’utilisation des coefficients de montana).

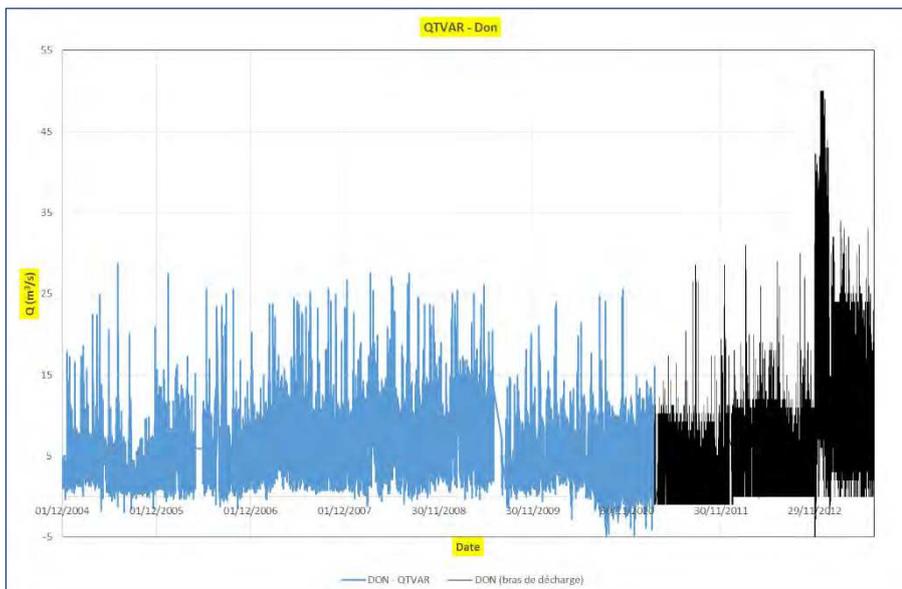


## 2.2 STATION DE DON SUR LA DEULE

Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	911.3
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	84.4
Altitude max (m)	130
Altitude min (m)	22
Pente moyenne (%)	0.13
<b>Chroniques de débit disponibles</b>	
Année début	Année fin
2005	2010



### 2.2.1 DESCRIPTIF



Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 01/12/2004.

La station ne semble plus produire de données depuis fin 2010. VNF nous a transmis des mesures sur le bras de décharge de l'écluse qui devrait représenter une grande partie des débits en crue (chroniques en noir sur la figure ci-contre). Toutefois, ces données ne sont pas exploitables, car VNF nous a signalé une modification de paramétrage qui a provoqué une tendance à la surévaluation des débits. Ce point est notamment illustré par le débit de pointe annoncé à 50 m<sup>3</sup>/s en 2013.

La plus forte crue s'est produite le 04/07/2005 avec un débit de pointe de 28.7 m<sup>3</sup>/s.



ID_Crue	Q pointe	Ds	Q moyen (1 j)	C pointe (1 j)	Mois	Saison
Crue du 04/07/2005	28.7	27.8	26.3	1.09	juillet	été
Crue du 17/01/2006	27.4	5.4	11.2	2.44	janvier	hiver
Crue du 14/06/2006	25.6	36.6	21.3	1.20	juin	printemps
Crue du 25/09/2006	25.6	15.8	17.1	1.50	septembre	automne
Crue du 20/07/2007	25.2	12.2	13.9	1.81	juillet	été
Crue du 01/10/2007	25.6	18.0	15.3	1.67	octobre	automne
Crue du 10/12/2007	26.7	15.7	16.4	1.63	décembre	automne
Crue du 11/03/2008	27.6	22.2	18.1	1.52	mars	hiver
Crue du 21/03/2008	25.4	25.4	17.7	1.44	mars	printemps
Crue du 02/06/2008	27	12.9	15.9	1.69	juin	printemps
Crue du 04/08/2008	26.2	21.6	20.3	1.29	août	été
Crue du 23/01/2009	25.1	27.0	21.3	1.18	janvier	hiver
Crue du 10/02/2009	25.4	36.7	23.5	1.08	février	hiver
Crue du 16/04/2009	25.1	12.0	16.2	1.55	avril	printemps
Crue du 26/05/2009	26.1	8.7	18.5	1.41	mai	printemps
Crue du 14/11/2010	25.6	34.7	19.9	1.29	novembre	automne

Date de la crue	Q max à Fort de Scarpe (m³/s)
Crue du 04/07/2005	6.48
Crue du 28/11/2005	1.31
Crue du 17/01/2006	0.95
Crue du 14/06/2006	1.09
Crue du 25/09/2006	1.00
Crue du 14/11/2010	1.51
Crue du 07/03/2012	1.02

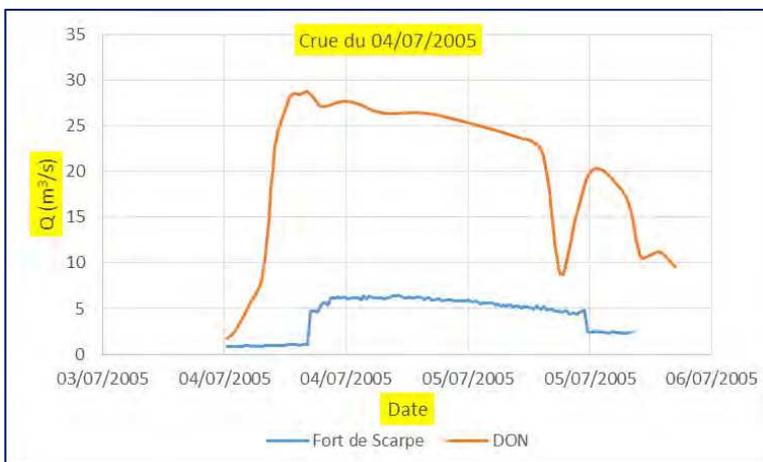


Figure 8 : Hydrogramme moyen des crues en juillet 2005

Les principales crues enregistrées depuis 2005 se répartissent sur l'ensemble des saisons, avec des temps de réponse très variables.

Il est étonnant de constater que la plupart des débits de pointe se trouvent dans une fourchette de débit comprise entre 25 à 29 m³/s.

Le débit mesuré à Don peut être amputé du débit transféré vers la Scarpe aval (à partir de Fort de Scarpe) ou du débit transféré vers la Lys via le canal d'Aire (à partir de Cuinchy). Pour le site de Cuinchy, aucune donnée de débits pour la période de 2000 à 2010 n'est disponible. Il n'est donc en l'état pas possible de reconstituer le débit naturel en crue à Don qui pourrait potentiellement être supérieur. La capacité du canal d'Aire est toutefois limitée à 10 m³/s.

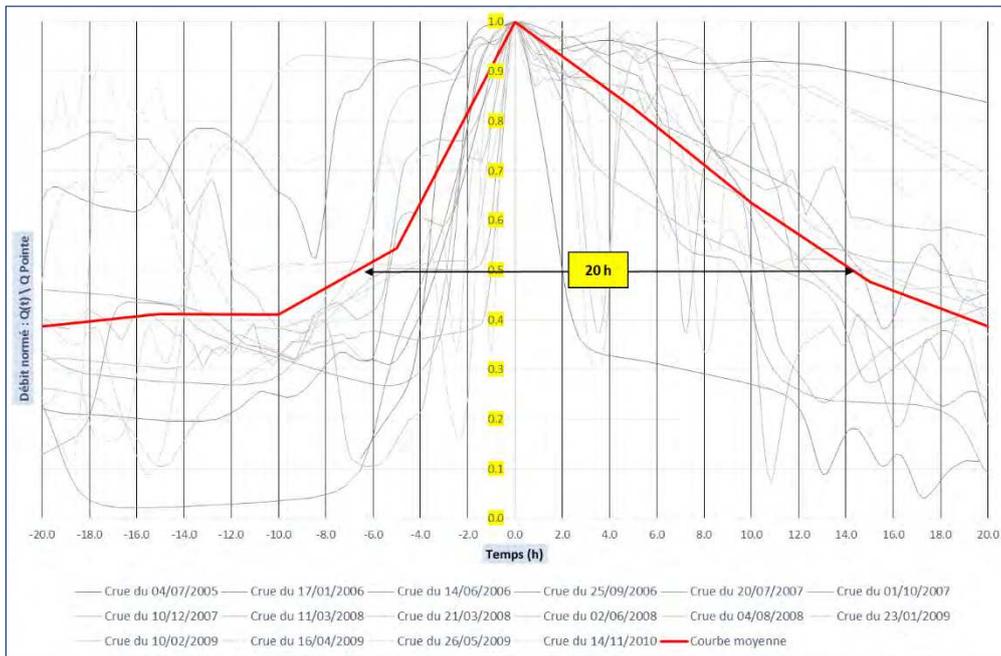
L'écluse de Don positionnée en aval de la station hydrométrique a une capacité d'évacuation (intégrant le bras de décharge) de 30 m³/s. D'après les observateurs de VNF, aucun débordement n'aurait été constaté sur ces périodes d'enregistrement.

A noter que quelques enregistrements des débits à Fort de Scarpe (écluse marquant l'entrée sur la Scarpe aval) sont disponibles pour certaines crues de la Deûle. On remarquera notamment qu'un débit supérieur au 1 m³/s habituel semble avoir été transféré vers la Scarpe aval lors de la crue du 04 juillet. On peut donc considérer que sans ce transfert, le débit de pointe à Don aurait été supérieur ; on estime que ce dernier aurait pu être de l'ordre de 31 à 33 m³/s.



## 2.2.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

### 2.2.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES



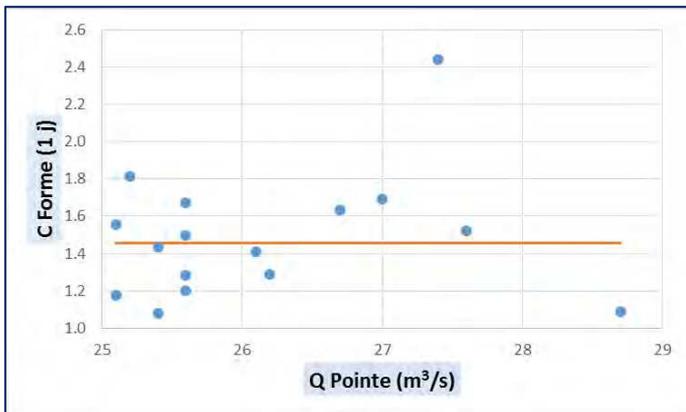
Le temps de montée moyen est estimé à 10 h.

Le temps caractéristique des crues est estimé à 20 h.

Pour faciliter la suite des calculs, choix a été fait de retenir une durée de 24 h (1 jour).

Figure 9 : Hydrogramme moyen des crues normées à Don

### 2.2.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 24 h est compris entre [1.08 ; 2.44].

La valeur retenue est de 1.44.

Figure 10 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Don



### 2.2.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

Hypothèses retenues	
d	24 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	30.2 m <sup>3</sup> /s
K	0.741
K.ap (d)	74.2 m <sup>3</sup> /s
aq (d)	3.07 m <sup>3</sup> /s
C <sub>Forme</sub>	1.44

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

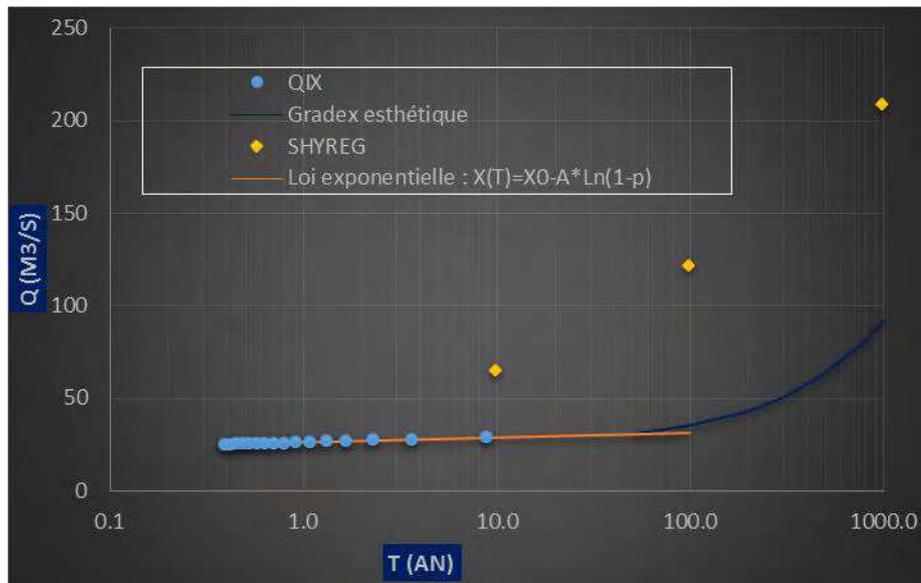
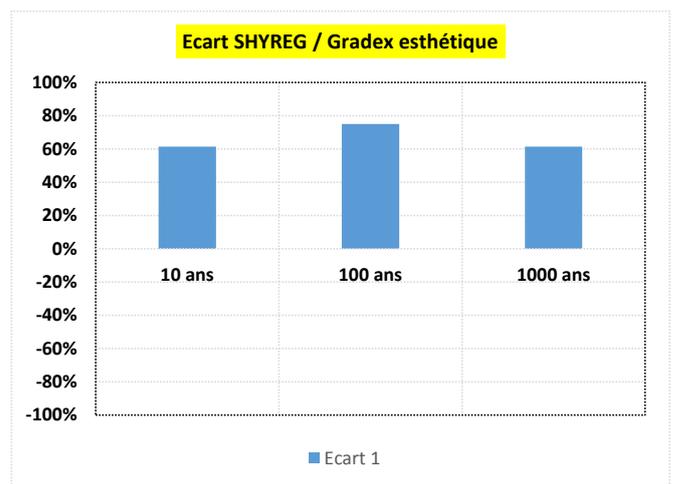


Figure 11 : Quantiles de crue à Don (Shyreg – Gradex esthétique)

QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	64.3	120.6	208.0
Gradex esthétique	28.5 (*)	34.5	92.2
Ecart (%)	61.4%	75.1%	61.5%
Coefficient de correction	0.44	0.29	0.44

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.



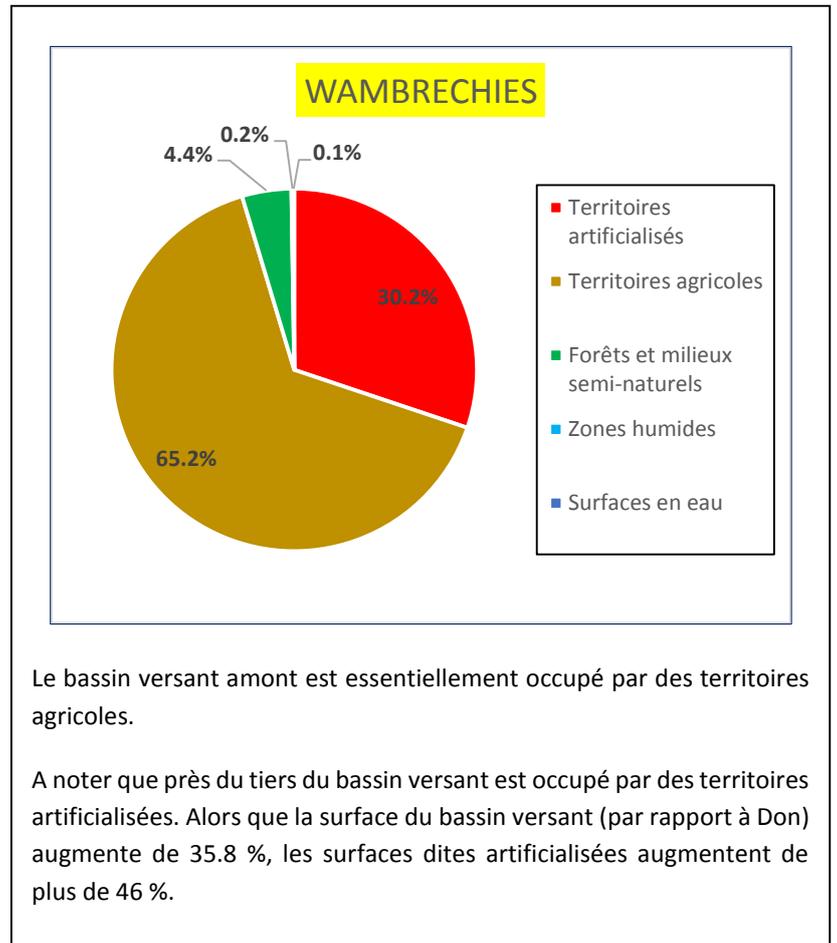
#### Avis sur les débits de Don :

Le plafonnement des débits à cette station n'a pas trouvé d'explications dans les différents échanges ou analyses réalisées. Il est probable que le débit de pointe de la crue de juillet 2005 aurait été supérieur sans le transfert vers la Scarpe aval.

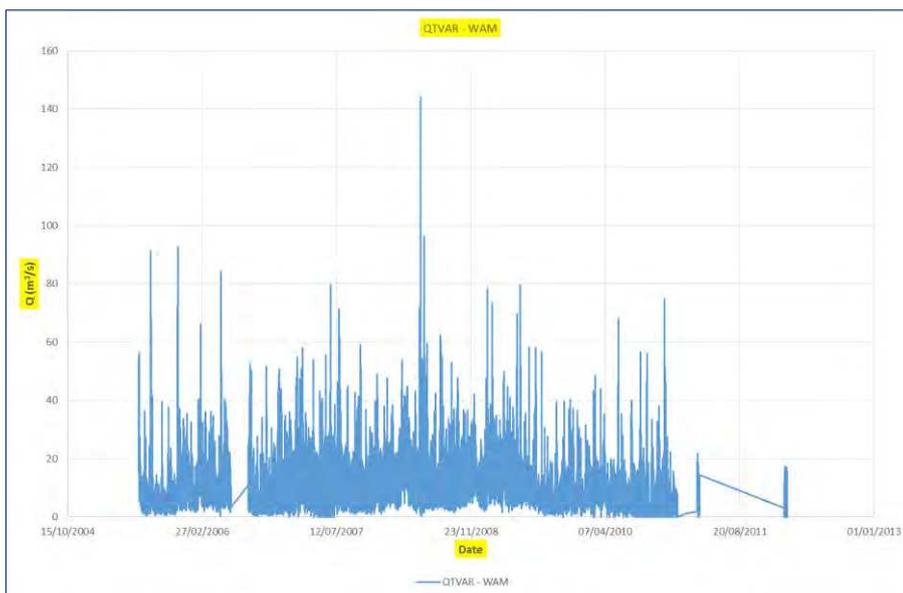
Il est difficile en l'état de s'appuyer sur les débits enregistrés pour réaliser des extrapolations (l'échantillon joue en effet un rôle important dans le résultat final). Une probable sous-estimation des débits pour les fréquences moyenne à rare (10 à 100 ans) est à attendre.

## 2.3 STATION DE WAMBRECHIES SUR LA DEULE

Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	1 419.2
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	107.76
Altitude max (m)	130
Altitude min (m)	16
Pente moyenne (%)	0.11
<b>Chroniques de débit disponibles</b>	
Année début	Année fin
2005	2010



### 2.3.1 DESCRIPTIF

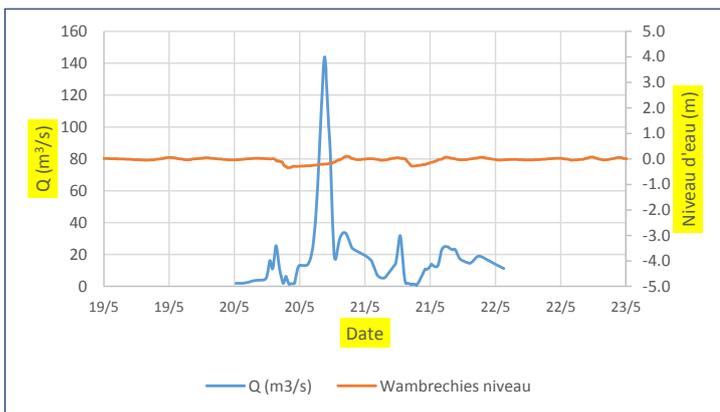


Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 06/07/2005.

La crue du 04/07/2005 n'est donc pas présente dans les chroniques à disposition.

La crue de mars 2012 n'a également pas été enregistrée (alors qu'il s'agit d'une crue importante signalée par VNF).



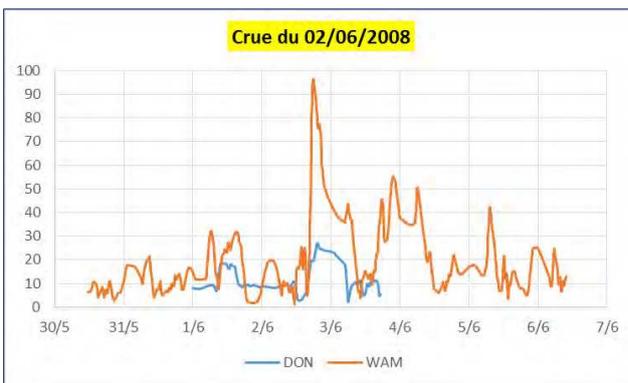
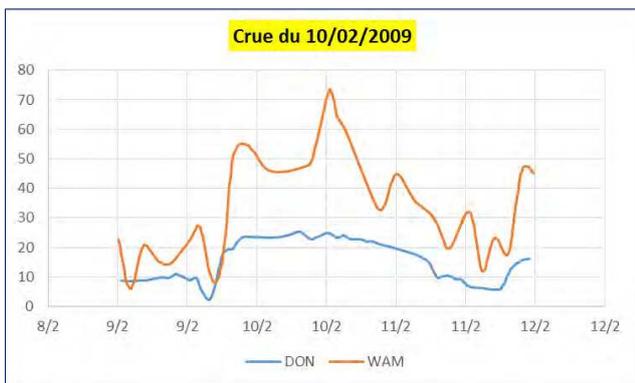


Quelques évènements suspects ont été exclus de la présente analyse :

- La crue du 20/05/2008 (cf. figure ci-contre) semble liée à une mesure réalisée lors de travaux (144 m<sup>3</sup>/s évènement qui serait de loin le plus fort débit sur la période d'enregistrements). Ce choix est conforté par l'absence de pluies significatives sur les postes pluviométriques environnant et l'enregistrement du niveau d'eau à l'écluse du Quesnoy qui ne varie pas (cf. figure ci-contre). Enfin, après une reconfiguration des ouvrages, la capacité avant débordement semble limitée à 120 m<sup>3</sup>/s à cette écluse localisée juste en aval de la station hydrométrique (à fortiori pas de débit supérieur depuis).
- Notons également que la crue du 21/02/2006 n'a pas été retenue (pas de pluie significative dans les postes pluviométriques du bassin versant avec une durée de crue record).

La plus forte crue enregistrée s'est produite le 28/11/2005 avec un débit de pointe de 91.4 m<sup>3</sup>/s.

Quel que soit la saison, les crues sont relativement pointues (cf. figure ci-dessous), expression probable de l'urbanisation et d'une configuration favorisant des réponses rapides. Ont été toutefois constatés sur certains hydrogrammes de crue, des enregistrements étonnant, par exemple des débits inférieurs aux débits à Don, ou des oscillations sur l'enregistrement. Il est possible que la gestion des ouvrages en crue, possibilité notamment de réaliser des bassines modifient l'hydrogramme de crue réel.



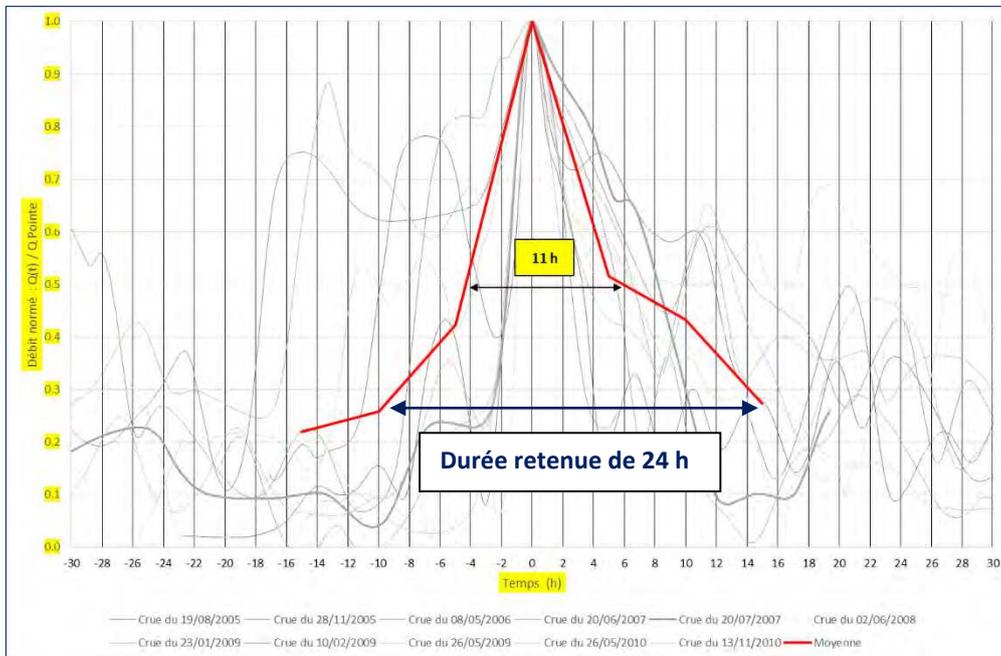
ID_Crue	Q pointe	dS	Q moyen	C pointe	mois	saison
Crue du 19/08/2005	91.4	13.4	48.3	1.89	août	été
Crue du 28/11/2005	92.6	13.3	45.3	2.04	novembre	automne
Crue du 08/05/2006	84.1	9.7	47.8	1.76	mai	printemps
Crue du 20/06/2007	79.8	7.6	29.6	2.70	mai	printemps
Crue du 20/07/2007	71.4	9.9	31.5	2.26	juillet	été
Crue du 09/10/2007	59.1	13.8	26.6	2.22	octobre	automne
Crue du 31/07/2008	62.5	10.4	30.7	2.04	juillet	été
Crue du 23/01/2009	78.5	28.0	55.2	1.42	janvier	hiver
Crue du 10/02/2009	73.4	31.4	53.5	1.37	février	hiver
Crue du 26/05/2009	79.6	5.4	39.5	2.01	mai	printemps
Crue du 27/06/2009	58.4	4.1	27.8	2.10	juin	été
Crue du 26/05/2010	68	8.4	28.5	2.39	mai	printemps
Crue du 13/11/2010	74.8	27.7	46.8	1.60	novembre	automne

Les principales crues enregistrées depuis 2005 se produisent sur l'ensemble des saisons, avec une concentration sur les saisons printemps-été.



## 2.3.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

### 2.3.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES



Le temps de montée moyen (intégrant le premier palier) est de 10h.

Le temps caractéristique des crues est estimé à 11 h à partir d'une sélection sur les principales crues (plus de crues de printemps dans l'échantillon traité). Si on se concentre sur les principales crues d'hiver, la cinétique est un peu plus lente avec un temps moyen estimé à 13 h.

Ces durées représentent le pic de crue et n'intègrent pas la phase de montée préparatoire ; pour être cohérent avec les réflexions menées sur l'amont et intégrer pleinement la phase de montée des crues, une durée de 24 h sera retenue pour la suite des calculs.

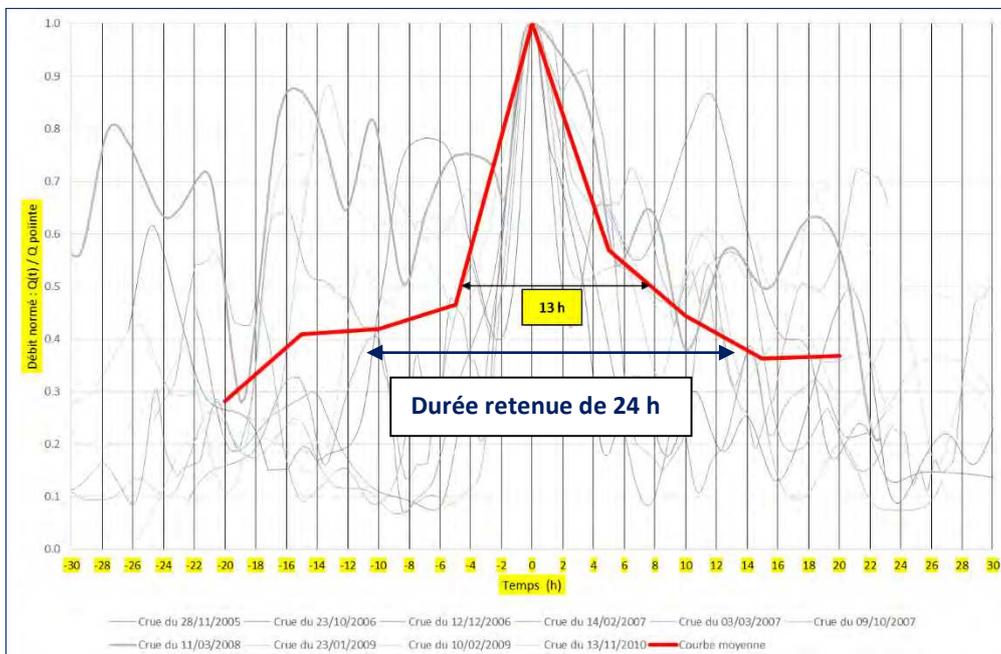
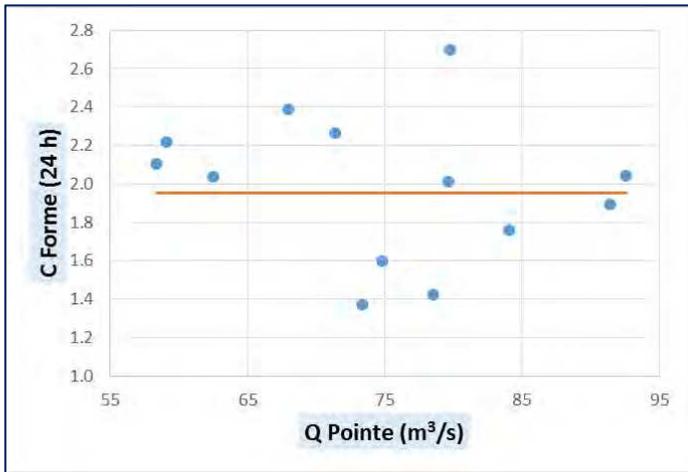


Figure 12 : Hydrogramme moyen des crues normées à Wambrechies



### 2.3.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 24 h est compris entre [1.37 ; 2.70].  
**La valeur retenue est de 1.95.**

Figure 13 : Coefficients de forme sur plusieurs crues à Wambrechies

### 2.3.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

Hypothèses retenues	
d	24 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	135.7 m³/s
K	0.697
K.ap (d)	111.1 m³/s
aq (d)	12.67 m³/s
C Forme	1.95

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

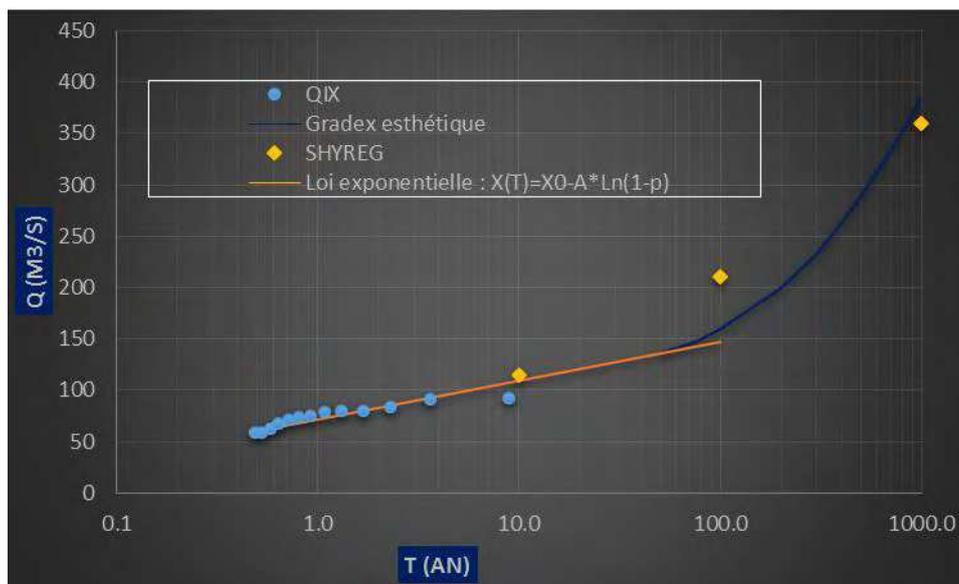
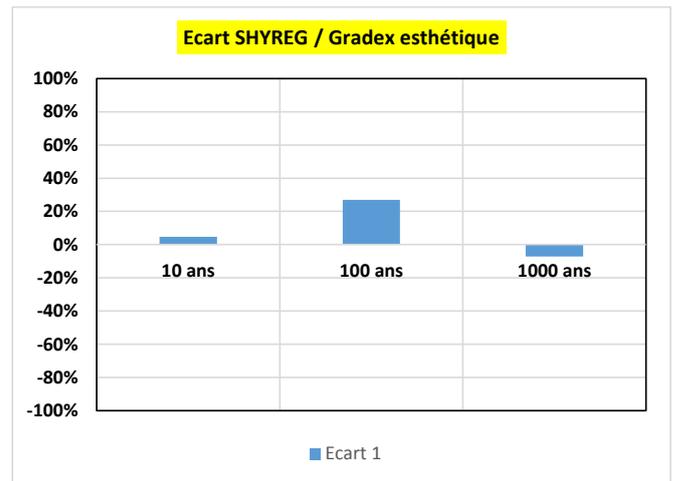


Figure 14 : Quantiles de crue à Wambrechies (Shyreg – Gradex esthétique)



QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	114.5	210.7	359.5
Gradex esthétique	109.1 *	159.1	385.3
Ecart (%)	4.7%	26.9%	-7.2%
Coefficient de correction	<b>0.95</b>	<b>0.75</b>	<b>1.07</b>

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.



Discussions :

Devant la mixité des crues constatées au niveau du point de calcul de Wambrechies, une analyse saisonnière est réalisée. Concernant les gradex des pluies journalières, le gradex printemps-été est évalué à 9.6 mm/j contre un gradex automne-hiver de 5.5 mm/j. Le coefficient de forme moyen pour les crues automne-hiver est évalué à **1.76**.

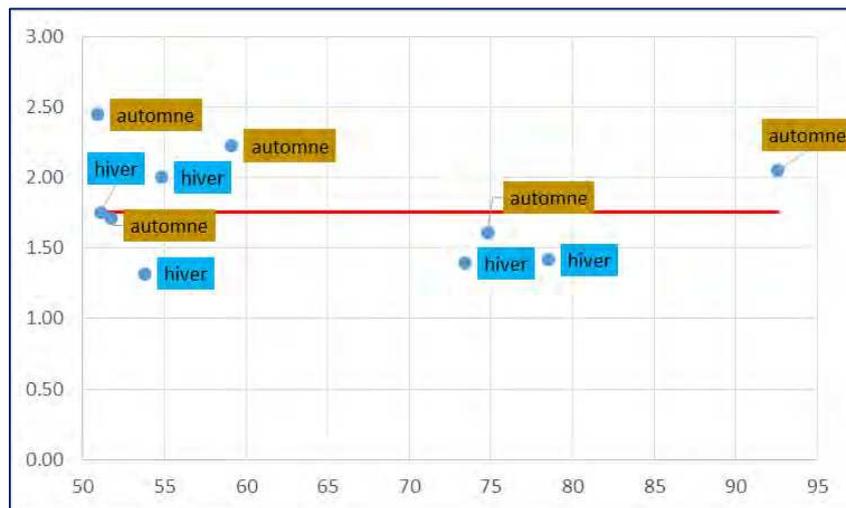


Figure 15 : Coefficient de forme pour les crues hiver-automne (Wambrechies)



Hypothèses retenues	
d	24 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	109.1 m³/s
K	0.697
K.ap (d)	63.0 m³/s
aq (d)	16.65 m³/s
C Forme	1.76

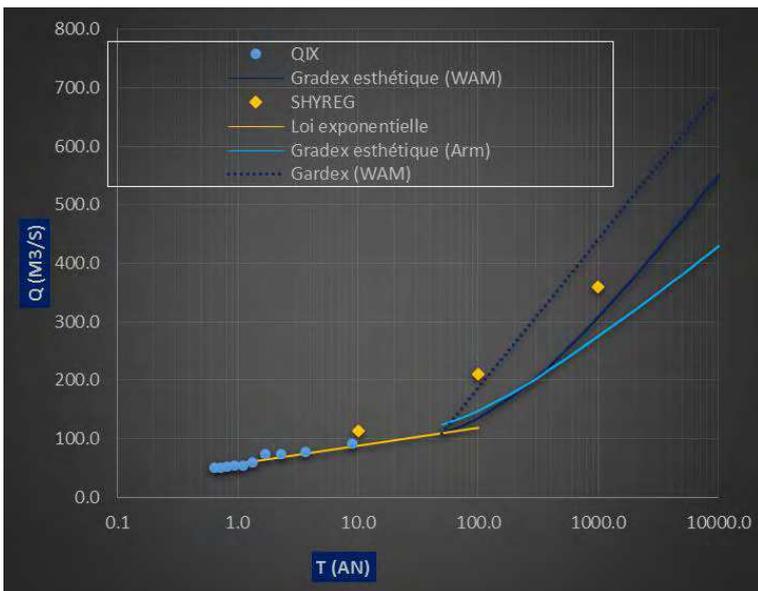


Figure 16 : Quantiles de crue à Wambrechies (Shyreg – Gradex esthétique) – crues hivernales

QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	114.5	210.7	359.5
Gradex esthétique	88.0	135.1	308.2
Ecart (%)	23.2%	35.9%	14.3%
Coefficient de correction	<b>0.77</b>	<b>0.64</b>	<b>0.86</b>

Le calcul des débits hivernaux réalisé aboutit à des valeurs sensiblement moins importantes que les valeurs brutes (calcul sans faire de distinction saisonnière), baisse entre 15 et 20 %.

	Avec Gradex brut	Gradex saisonnier	Ecart (%)
10 ans	109.1 m³/s	88 m³/s	<b>-19.3%</b>
100 ans	159.1 m³/s	135.1 m³/s	<b>-15.1%</b>
1000 ans	385.3 m³/s	308.2 m³/s	<b>-20.0%</b>

Le calcul du Q1000 à Wambrechies conclue à des débits importants, notamment eu égard aux valeurs sur la Lys à Armentières (plusieurs interlocuteurs ont manifesté leurs étonnements sur le fait que le Q1000 sur la Deûle soit supérieur au Q1000 sur la Lys). Ce calcul est fortement conditionné en premier lieu par le coefficient de forme (très supérieur à la valeur à Armentières) et en seconde lieu par le gradex des débits moyens. *La valeur du facteur  $C^{Forme} * Gradex\ Pluie$  joue un rôle essentiel dans la pente d'accroissement des débits de fréquence rare.*

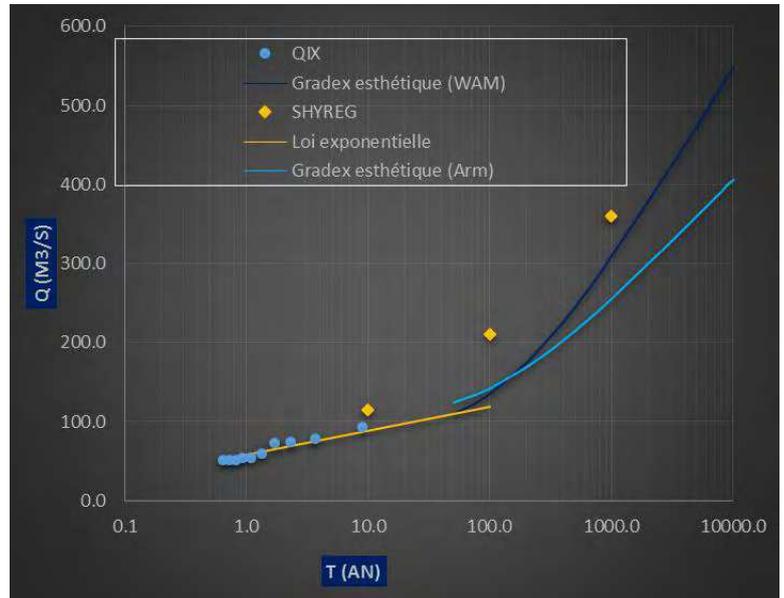
Plusieurs remarques ont déjà été formulées sur la qualité des enregistrements des débits à Wambrechies, du fait que certains hydrogrammes paraissent surprenants (variation rapide du débit, débit plus bas que celui enregistré en amont à Don,...). Les valeurs du coefficient de forme et des débits moyens considérés dans le présent calcul sont naturellement complètement dépendantes des hydrogrammes utilisés.

Nota : A titre indicatif, des calculs complémentaires sont présentés ci-après pour mesurer le poids de chaque paramètre dans le calcul du gradex esthétique.

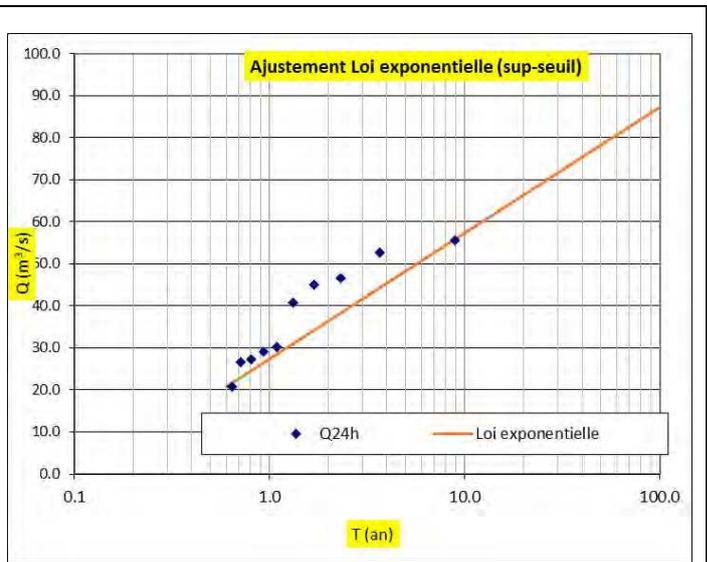
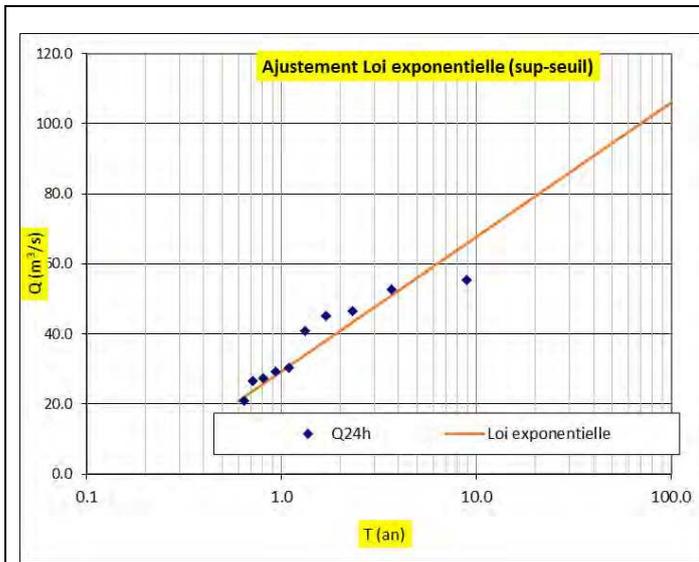


Un test a tout d'abord été réalisé avec une durée de crue fixée à 48 h. Les quantiles obtenus sont similaires aux valeurs trouvées avec une durée de crue de 24 h, confirmant l'invariabilité du résultat selon la durée de crue 24 ou 48 h. Encore, une fois le coefficient de pointe calculé (à partir des principales crues enregistrées) paraît très important au regard des dynamiques de crue constatées sur les autres bassins versant (C forme sur 48 h de 2.27 par exemple).

Hypothèses retenues	
d	48 h
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	109.1 m <sup>3</sup> /s
K	0.743
K.ap (d)	48.2 m <sup>3</sup> /s
aq (d)	13.09 m <sup>3</sup> /s
C Forme	2.27



En l'état, il n'est pas possible de redéfinir les valeurs des débits moyens utilisées. On peut juste constater qu'une baisse du gradex des débits moyen journalier de 16.65 à 13.0, provoque une diminution du Q1000 ans à Wambrechies de 300.8 à 285.8 m<sup>3</sup>/s.



Ajustement loi exponentielle (A = 16.65)

Ajustement de la pente pour passer par la valeur maximum (A = 13.0)

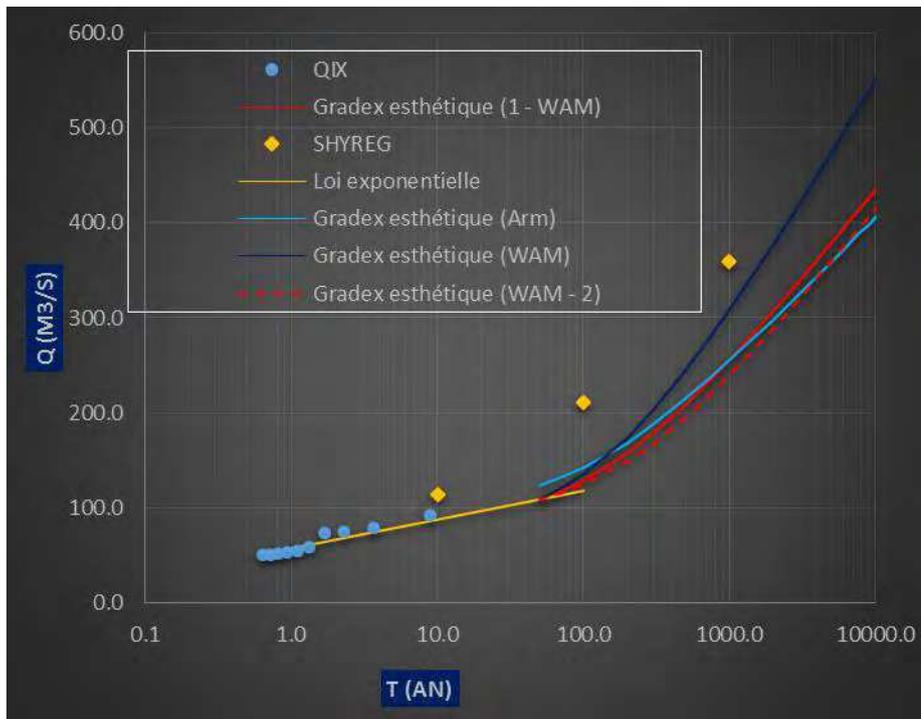
Le paramètre ayant naturellement l'effet le plus important sur le Q1000 est le coefficient de forme. On a déjà constaté des valeurs anormalement élevées, qui sont soit l'expression d'un effet de l'urbanisation sur la pointe des crues, soit l'expression d'enregistrements hydrométriques erronés.

Sur les bassins non-jaugés, on applique souvent faute de mieux, la formule de Fuhler pour la détermination du coefficient moyen journalier sur des sites non jaugés ( $C_{journalier} = 1 + (2.66/S)^{0.3}$  avec S en km<sup>2</sup>). Pour le cas présent, le coefficient journalier serait



de 1.15 contre une valeur (calculée à partir des hydrogrammes moyens) de 1.76. Rappelons également que le coefficient de pointe journalier à Armentières sur la Lys est de 1.05. Le test réalisé (scénario 1 : baisse du coefficient de forme de 1.76 à 1.15) conclue à une diminution du Q1000 ans de 300.8 à 239.2 m<sup>3</sup>/s et de 300.8 à 256.1 m<sup>3</sup>/s (scénario 2 : baisse du coefficient de forme à 1.3 et du gradex des débits moyens).

La modification des paramètres de forme et du gradex des débits moyens (scénario 2), nous ramène à une pente d'accroissement des débits de la Deûle à Wambrechies comparable à celle calculée sur la Lys à Armentières.



Résultats	100 ans	1000 ans
Gradex esthétique (1) à Wam	126.1	239.2
<b>Correction SHYREG avec (1)</b>	<b>0.60</b>	<b>0.67</b>
Gradex esthétique (2) à Wam	128.4	256.1
<b>Correction SHYREG avec (2)</b>	<b>0.61</b>	<b>0.71</b>
Lys à Armentières	142.3	255.3

**Quel choix peut-on faire à l'issu de ces différentes comparaisons :**

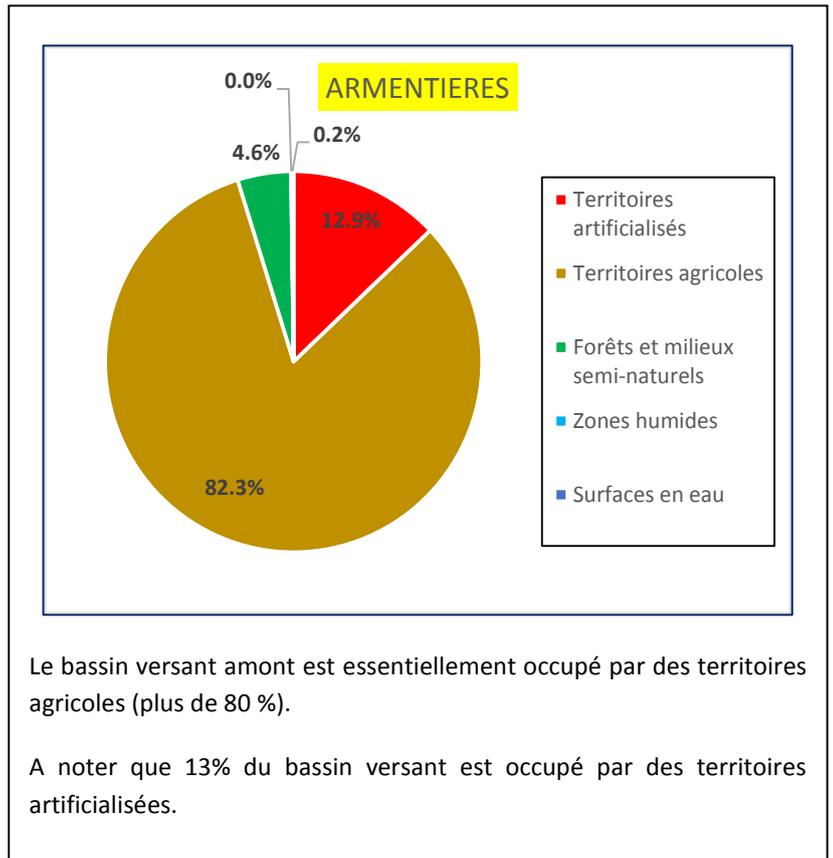
- 1) Il est acté qu'un scénario de type hivernal semble plus probable à l'échelle du bassin versant (notamment par rapport à l'hypothèse de saturation du bassin) et dans l'optique également d'analyser la concomitance entre la Lys et la Deûle. On conservera donc par la suite les résultats issus du calcul réalisé à partir du gradex pluviométrique hivernal.
- 2) Conserver le résultat brut ou avec une correction du coefficient de forme notamment :
  - le principe de précaution et surtout la faible série à disposition pourrait nous amener à considérer, qu'en l'état des connaissances et d'un recul insuffisant sur la qualité des hydrogrammes exploités, l'hypothèse d'un coefficient de pointe élevé trouverait son explication dans le rôle joué par l'urbanisation de la métropole Lilloise dans la réponse hydrologique.
  - l'expérience des experts et des acteurs de terrain, convergerait vers un Q1000 ans sur la Deûle inférieur au Q1000 ans sur la Lys, et de fait l'hypothèse d'un accroissement des débits similaires sur ces deux bassins apparaît crédible.

Nous retiendrons par la suite les résultats issus du scénario 2 (avec un coefficient de forme fixé à 1.3), qui conclue à un Q1000 ans du même ordre de grandeur que celui calculé à Armentières sur la Lys.

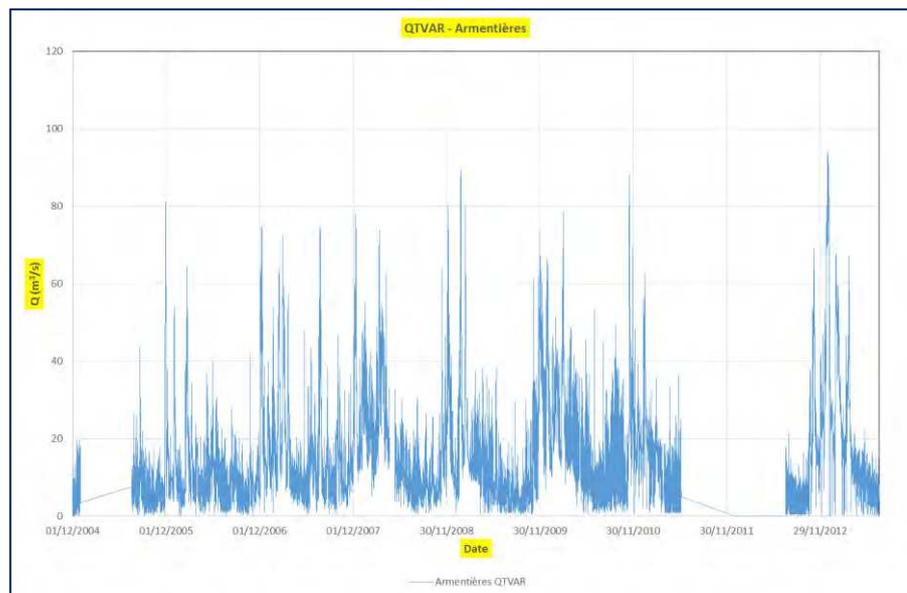


## 2.4 STATION D'ARMENTIERES SUR LA LYS

Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	1 779.8
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	84.0
Altitude max (m)	178
Altitude min (m)	14
Pente moyenne (%)	0.195%
<b>Chroniques de débit disponibles</b>	
Année début	Année fin
2005	2012



### 2.4.1 DESCRIPTIF



Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 07/05/2004.

La crue du 04/07/2005 n'a pas été enregistrée (trou dans l'enregistrement).

La crue de du 04 au 15mars 2012 n'a également pas été enregistrée (alors qu'il s'agit d'une crue importante signalée par VNF - le 06/03/12 la cote d'eau en amont d'Armentières aurait dépassé la cote du PPRI de la Lys - cf. rapport de crue VNF).

D'autres crues plus anciennes non présentes dans les chroniques semblent avoir été mesurées :

- Jaugeage à 94.0 m<sup>3</sup>/s en 1995 (30/01/1995),
- Jaugeage en décembre 1993 à 95.0 m<sup>3</sup>/s.

La plus forte crue enregistrée depuis 2005 s'est produite le 28/12/2012 avec un débit de pointe de 94.6 m<sup>3</sup>/s.

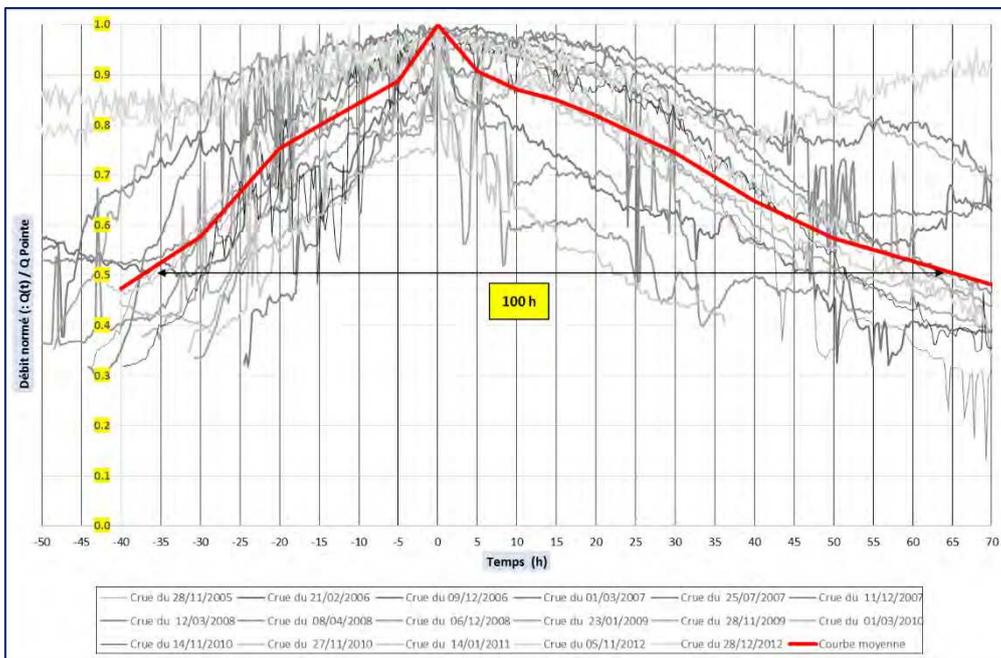
ID_Crue	Q pointe	Ds (h)	Q moyen 4j	C pointe (4j)	mois	saison
Crue du 28/11/2005	81.1	78.5	60.9	1.33	novembre	automne
Crue du 21/02/2006	64.5	78.4	45.2	1.43	février	hiver
Crue du 09/12/2006	75.1	136.0	62.9	1.19	décembre	automne
Crue du 01/03/2007	72.5	111.5	60.8	1.19	mars	hiver
Crue du 25/07/2007	74.7	114.4	65.3	1.15	juillet	été
Crue du 11/12/2007	78.3	170.1	64.0	1.22	décembre	hiver
Crue du 12/03/2008	74.0	65.0	49.5	1.50	mars	hiver
Crue du 08/04/2008	62.7	53.8	36.6	1.71	avril	printemps
Crue du 06/12/2008	80.4	87.0	63.5	1.27	décembre	automne
Crue du 23/01/2009	89.4	91.5	73.6	1.22	janvier	hiver
Crue du 28/11/2009	73.6	138.7	62.5	1.18	novembre	automne
Crue du 01/03/2010	78.7	87.2	55.8	1.41	mars	hiver
Crue du 14/11/2010	88.3	81.5	65.5	1.35	novembre	automne
Crue du 27/11/2010	69.4	44.7	36.3	1.91	novembre	automne
Crue du 14/01/2011	62.8	94.0	48.4	1.30	janvier	hiver
Crue du 05/11/2012	69.2	134.0	61.2	1.13	novembre	automne
Crue du 28/12/2012	94.6	314.3	87.9	1.08	décembre	hiver

Les principales crues enregistrées depuis 2005 se sont produites essentiellement sur les saisons automne-hiver.

« Les crues sur Armentières sont relativement lentes, et résultent d'épisodes pluvieux de longue durée (14 j en 1974 / 1 mois en 1993). »

## 2.4.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

### 2.4.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES



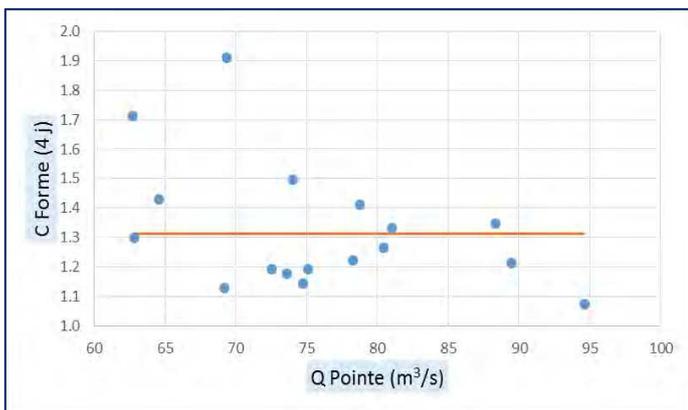
Le temps de montée moyen est supérieur à 40 h.

Le temps caractéristique des crues est estimé à 100 h (4 jours).

Figure 17 : Hydrogramme moyen des crues normées à Armentières



2.4.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 4 jours est compris entre [1.08 ; 1.91].  
**La valeur retenue est de 1.31.**

Figure 18 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Armentières

2.4.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

Hypothèses retenues	
d	4 jours
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	124 m³/s
K	0.767
K.ap (d)	52.1 m³/s
aq (d)	16.0 m³/s
C Forme	1.31

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

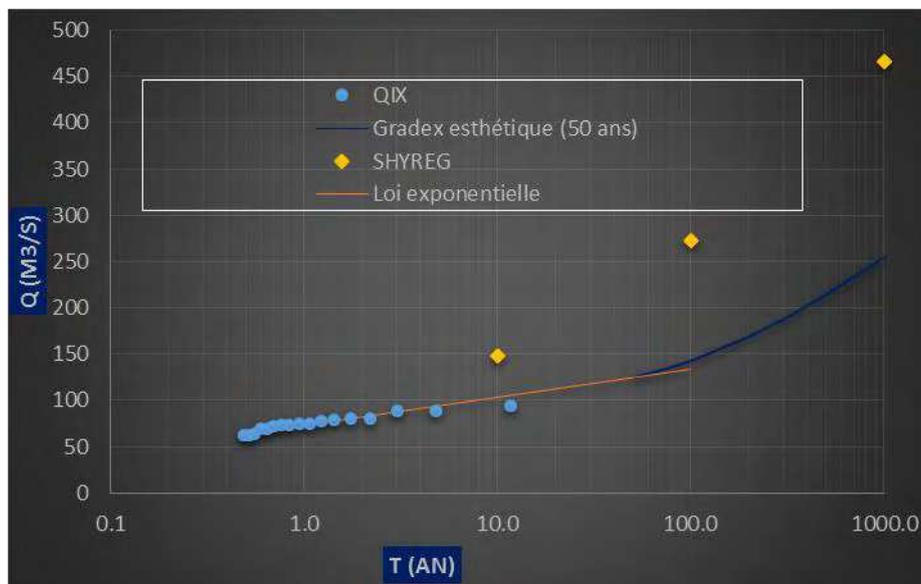
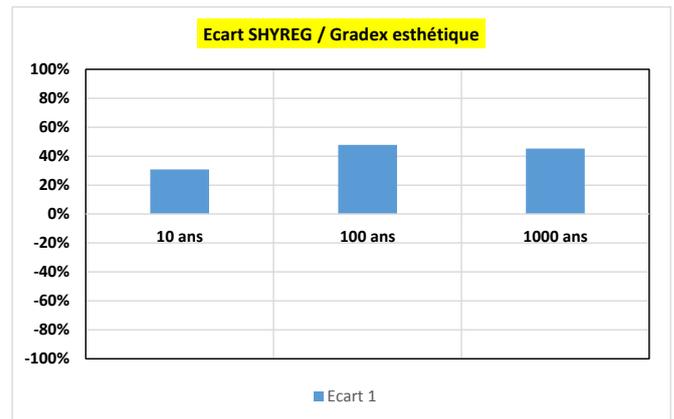


Figure 19 : Quantiles de crue à Armentières (Shyreg – Gradex esthétique)



QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	148.70	272.54	465.79
Gradex esthétique	102.9 *	142.3	255.3
Ecart (%)	30.8%	47.8%	45.2%
Coefficient de correction	0.69	0.52	0.55

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.



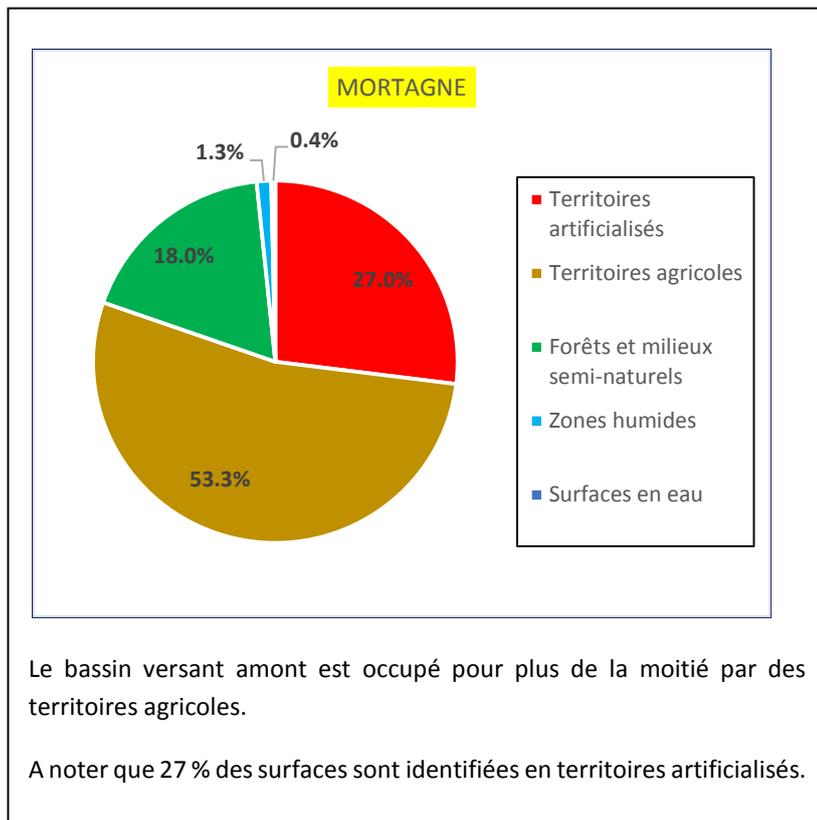
### 3 TRI DE DOUAI ET VALENCIENNES

#### 3.1 STATION MORTAGNE SUR LA SCARPE

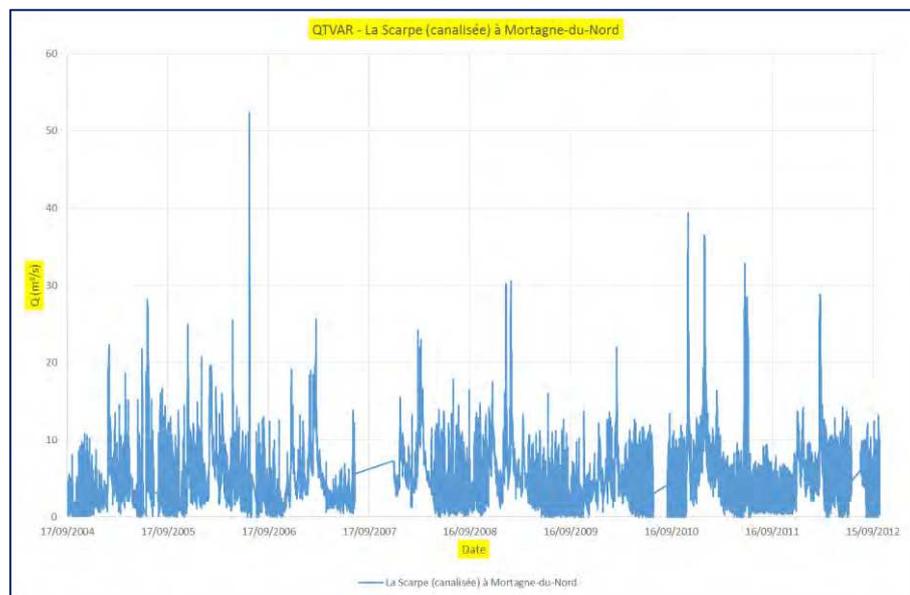
Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	663.1
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	37.8
Altitude max (m)	24
Altitude min (m)	12
Pente moyenne (%)	0.032%

Chroniques de débit disponibles	
Année fin	Année fin
2005	2012



#### 3.1.1 DESCRIPTIF



La station hydrométrique intègre bien les apports du Traitore et du Decours, station positionnée en aval des confluences de ces cours d'eau avec la Scarpe.

Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 17/09/2004.

La plus forte crue s'est produite le 15/11/2010 avec un débit de pointe de 39.4 m<sup>3</sup>/s.



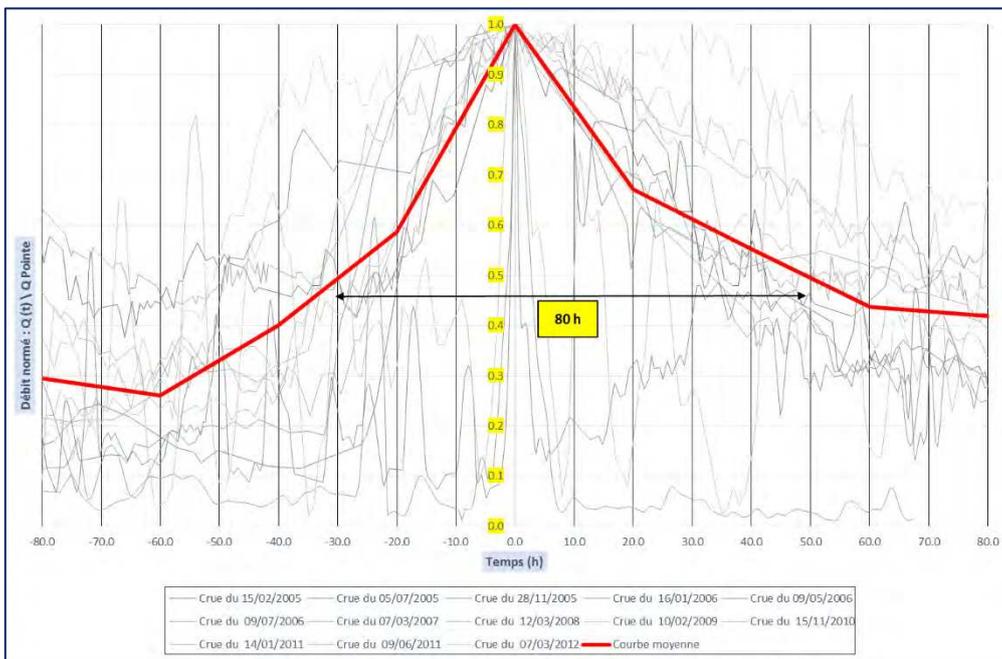
ID_Crue	Q pointe	dS	Q moyen 80 h	C pointe 80 h	mois	saison
Crue du 15/02/2005	22.3	98.3	15.1	1.5	février	hiver
Crue du 05/07/2005	28.2	139.3	20.3	1.4	juillet	été
Crue du 28/11/2005	25	83.3	18.6	1.3	novembre	automne
Crue du 09/05/2006	25.5	61.8	17.8	1.4	mai	printemps
Crue du 07/03/2007	25.7	316.6	17.7	1.4	mars	hiver
Crue du 12/03/2008	24.2	197.9	18.1	1.3	mars	hiver
Crue du 10/02/2009	30.6	101.0	24.1	1.3	février	hiver
Crue du 15/11/2010	39.4	89.0	31.4	1.3	novembre	automne
Crue du 14/01/2011	36.5	92.0	29.0	1.3	janvier	hiver
Crue du 09/06/2011	32.9	28.0	13.7	2.4	juin	printemps
Crue du 07/03/2012	28.8	157.0	26.8	1.1	mars	hiver

Les principales crues enregistrées depuis 2005 se produisent sur l'ensemble des saisons, avec des temps de réponse très variables.

Même si des crues orageuses ne sont pas exclues, les faibles pentes d'écoulement sur le bassin versant conditionnent des cinétiques de crue plutôt lente.

### 3.1.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

#### 3.1.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES



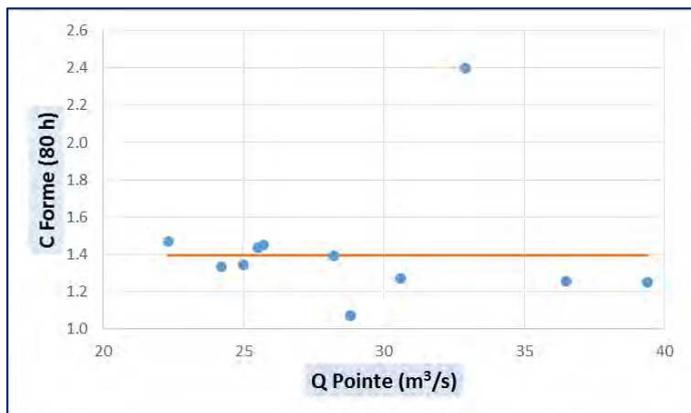
Le temps de montée moyen est évalué à 60 h.

Le temps caractéristique des crues est estimé à 80 h (> 3 jours).

Figure 20 : Hydrogramme moyen des crues normées à Mortagne du Nord



### 3.1.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 80 h est compris entre [1.07 ; 2.40], le coefficient de 2.40 correspondant à un évènement printanier.

**La valeur retenue est de 1.40.**

Figure 21 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Mortagne du Nord

### 3.1.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

Hypothèses retenues	
d	3.3 j
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	50.7 m³/s
K	0.834
K.ap (d)	20.1 m³/s
aq (d)	6.50 m³/s
C Forme	1.40

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

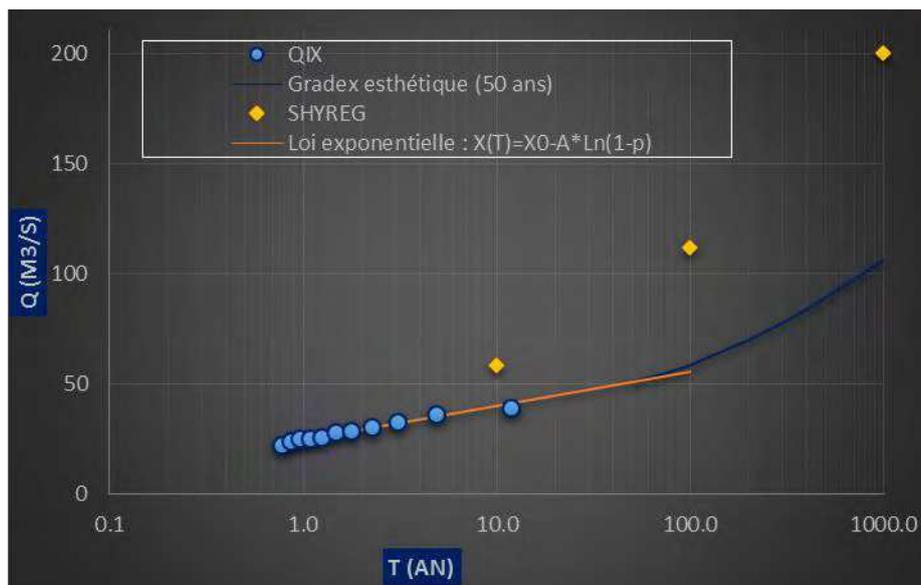
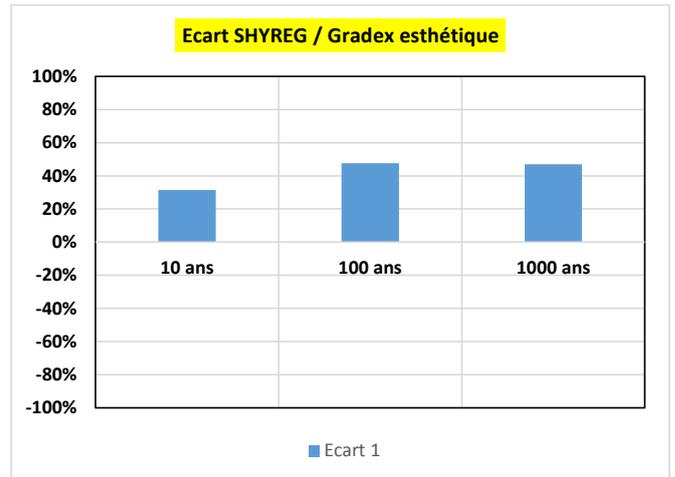


Figure 22 : Quantiles de crue à Mortagne (Shyreg – Gradex esthétique)



QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	58.2	99.8	162.7
Gradex esthétique	39.9 *	58.6	106.1
Ecart (%)	31.5%	47.7%	47.0%
Coefficient de correction	0.69	0.52	0.53

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.

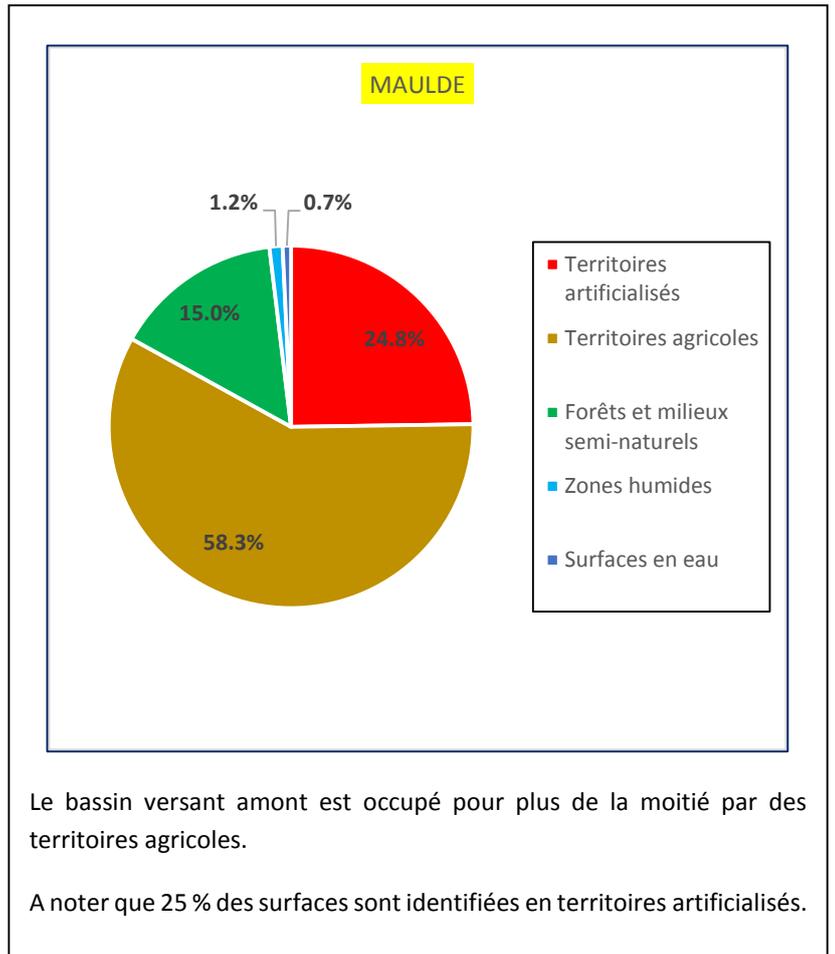


### 3.2 STATION DE MAULDE SUR L'ESCAUT

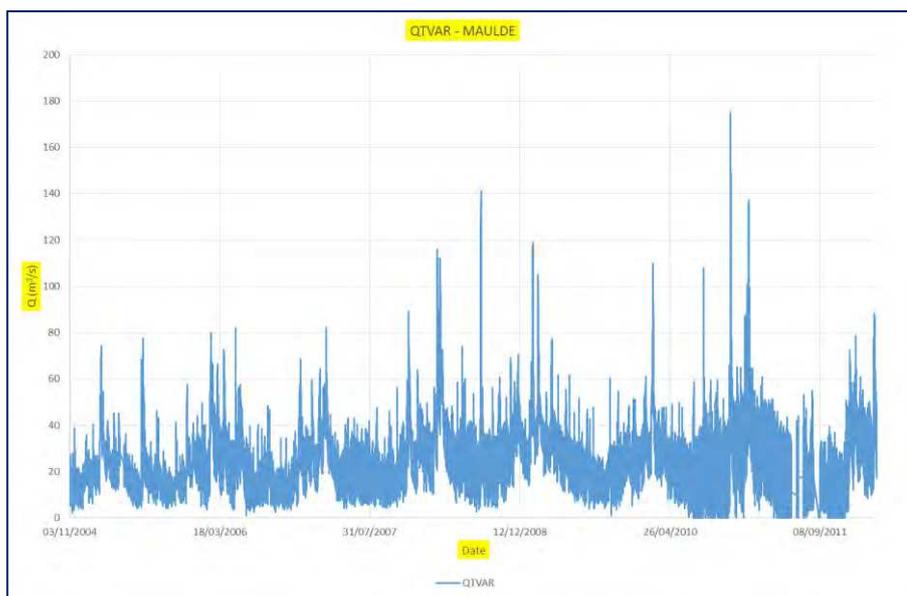
Paramètres	Valeur
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	4 217.8
Plus Long Chemin Hydraulique (km)	121.5
Altitude max (m)	146
Altitude min (m)	12
Pente moyenne (%)	0.11%

Chroniques de débit disponibles	
Année fin	Année fin
2005	2012



#### 3.2.1 DESCRIPTIF



Les enregistrements des débits sont disponibles depuis le 03/11/2004.

La plus forte crue s'est produite le 14/11/2010 avec un débit de pointe de 175 m<sup>3</sup>/s.

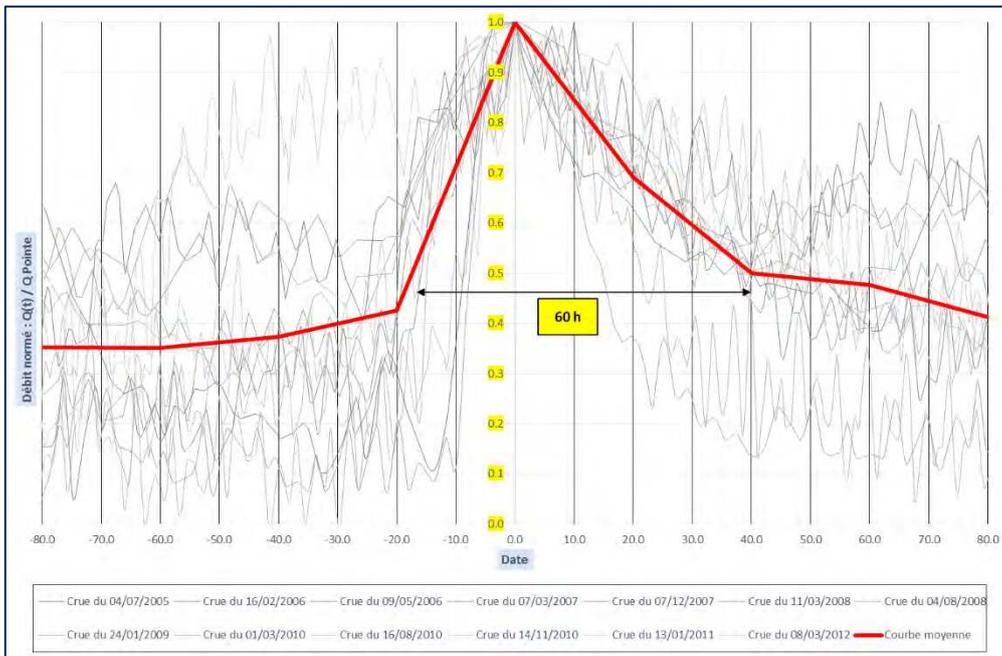


ID_Crue	Q pointe	Ds (h)	Q moyen (2.5 j)	C pointe (2.5 j)	Mois	Saison
Crue du 04/07/2005	77.4	128.7	50.5	1.5	juillet	été
Crue du 16/02/2006	79.7	234.2	64.4	1.2	février	hiver
Crue du 09/05/2006	82.1	62.7	60.2	1.4	mai	printemps
Crue du 07/03/2007	82.4	322.3	64.8	1.3	mars	hiver
Crue du 07/12/2007	89.2	163.6	63.1	1.4	décembre	hiver
Crue du 11/03/2008	116	187.1	88.6	1.3	mars	hiver
Crue du 04/08/2008	141	22.8	63.8	2.2	août	été
Crue du 24/01/2009	119	75.5	92.0	1.3	janvier	hiver
Crue du 01/03/2010	110	177.5	84.8	1.3	mars	hiver
Crue du 16/08/2010	108	40.1	65.8	1.6	août	été
Crue du 14/11/2010	175	62.8	133.9	1.3	novembre	automne
Crue du 13/01/2011	137	88.9	107.8	1.3	janvier	hiver
Crue du 08/03/2012	88.4	140.2	71.9	1.2	mars	hiver

Les principales crues enregistrées depuis 2005 se produisent sur l'ensemble des saisons, avec des temps de réponse très variables.

### 3.2.2 CALCUL DE Q100 ANS ET Q1000 ANS AVEC LA METHODE DU GRADEX ESTHETIQUE

#### 3.2.2.1 DUREE CARACTERISTIQUE DES CRUES

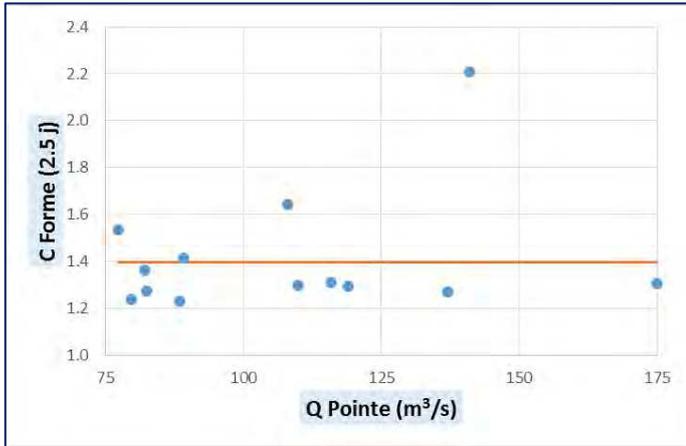


Le temps de montée moyen est évalué à 20 h.  
Le temps caractéristique des crues est estimé à 60 h (2.5 jours).

Figure 23 : Hydrogramme moyen des crues normées à Maulde



### 3.2.2.2 COEFFICIENT DE FORME



Le coefficient de forme sur 80 h est compris entre [1.23 ; 2.21], le coefficient de 2.25 correspondant à une crue estivale.

**La valeur retenue est de 1.39.**

Figure 24 : Coefficient de forme sur plusieurs crues à Maulde

### 3.2.2.3 EXTRAPOLATION Q100 ANS ET Q1000 ANS

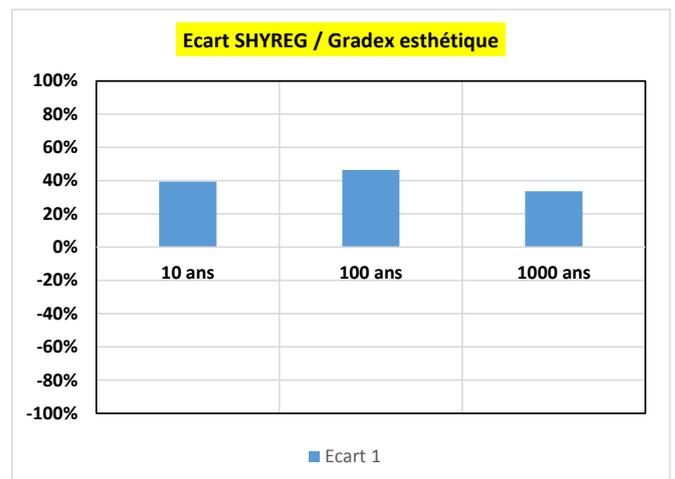
Hypothèses retenues	
d	2.5 j
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	212.4 m³/s
K	0.644
K.ap (d)	128.9 m³/s
aq (d)	28.0 m³/s
C Forme	1.39

Avec pour rappel :

- Tg : temps de saturation du bassin versant amont,
- ap (d) : gradex des pluies maximales pour les intensités relatives à la durée caractéristique d,
- aq (d) : gradex des débits relatif à la durée caractéristique d.

QIX (T)	10 ans	100 ans	1000 ans
SHYREG	269.3	462.8	761.4
Gradex esthétique	163 *	247.6	505.3
Ecart (%)	39.5%	46.5%	33.6%
Coefficient de correction	<b>0.61</b>	<b>0.53</b>	<b>0.66</b>

(\*) la valeur proposée est issue de l'ajustement statistique réalisé sur un échantillon de débits supérieurs à un seuil.



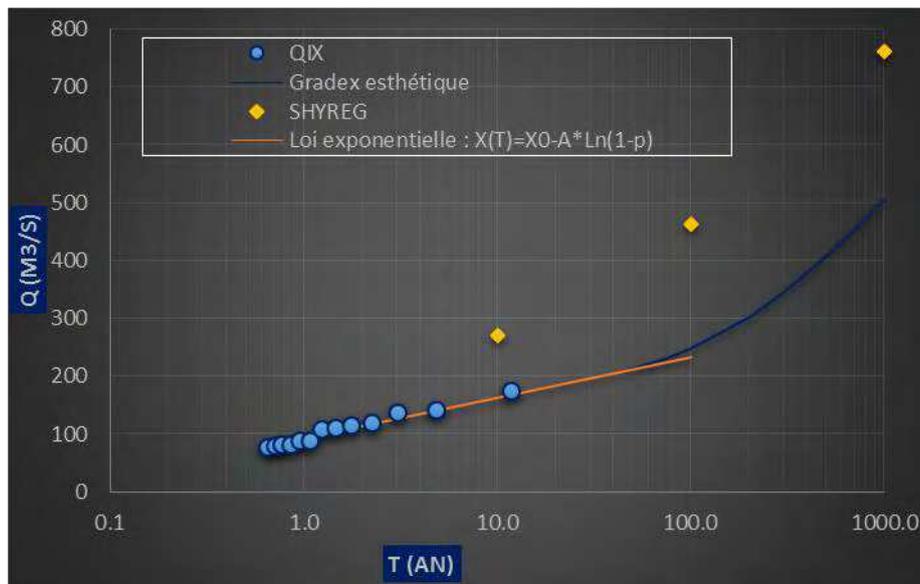
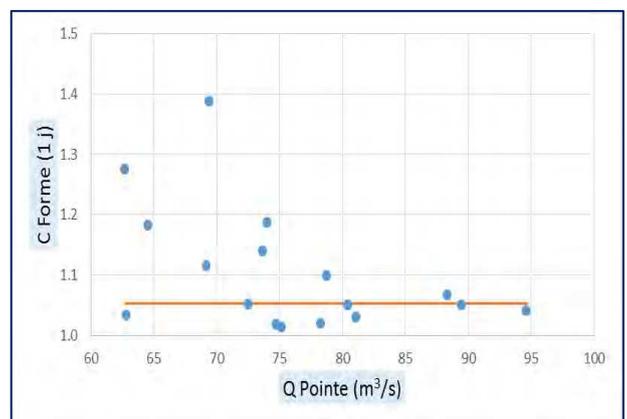


Figure 25 : Quantiles de crue à Maulde (Shyreg – Gradex esthétique)

## 4 TESTS COMPLEMENTAIRES

### 4.1 ANCIENNE STATION D'ARMENTIERES (1970 – 1994)

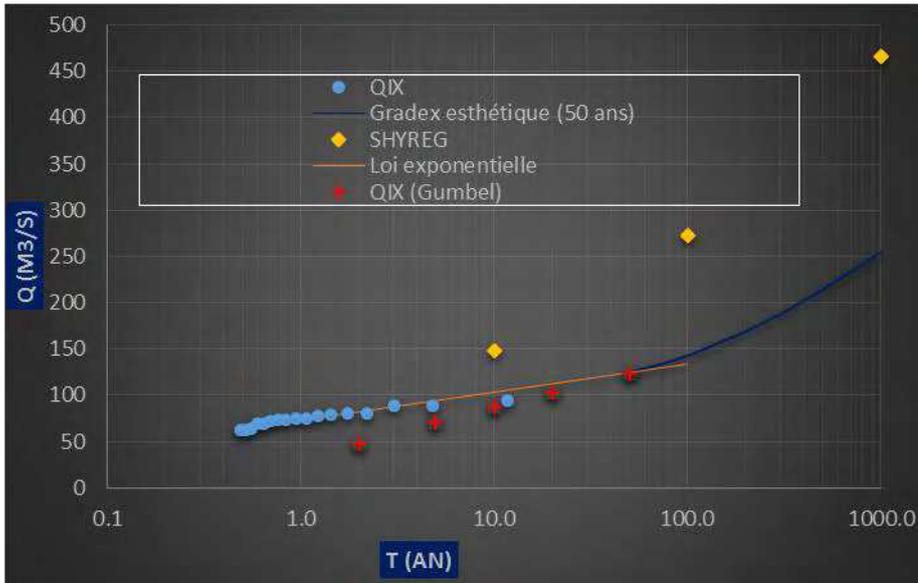
Une analyse complémentaire est tout d'abord réalisée sur Armentières, à partir d'une station de mesure positionnée en amont de l'écluse. Cette station a été installée en 1969 et a fonctionné jusqu'en 1994. 23 années de données sont ainsi exploitables. Les quantiles fournis sur la banque hydro sont exploités par la suite (Ajustement de Gumbel). A noter que les données restituées sont des débits moyens journaliers. A partir des crues exploitées précédemment (cf. paragraphe sur la station d'Armentières), une évaluation du coefficient de pointe journalier a été réalisée (1.05). Cette valeur sera par la suite appliquée pour passer des quantiles sur les débits moyens journaliers aux débits instantanés, faisant l'hypothèse que ce paramètre est invariant avec la fréquence.



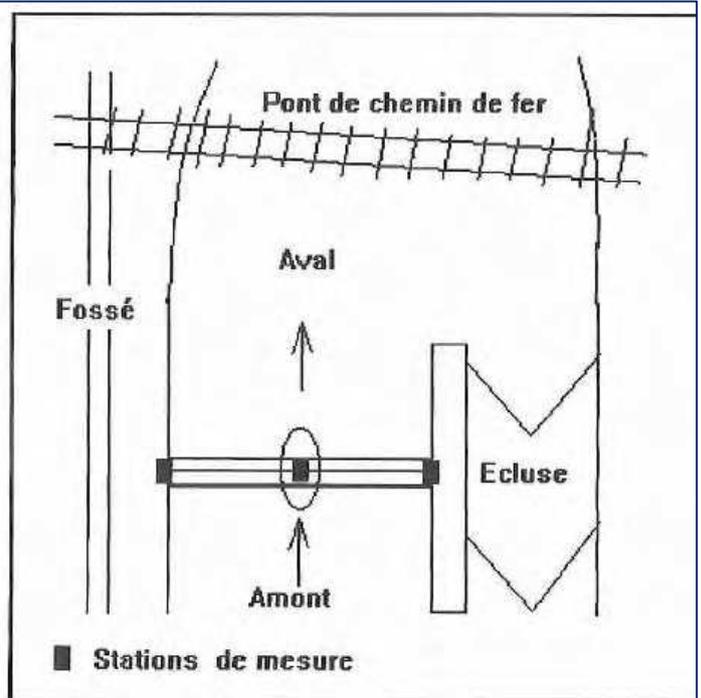
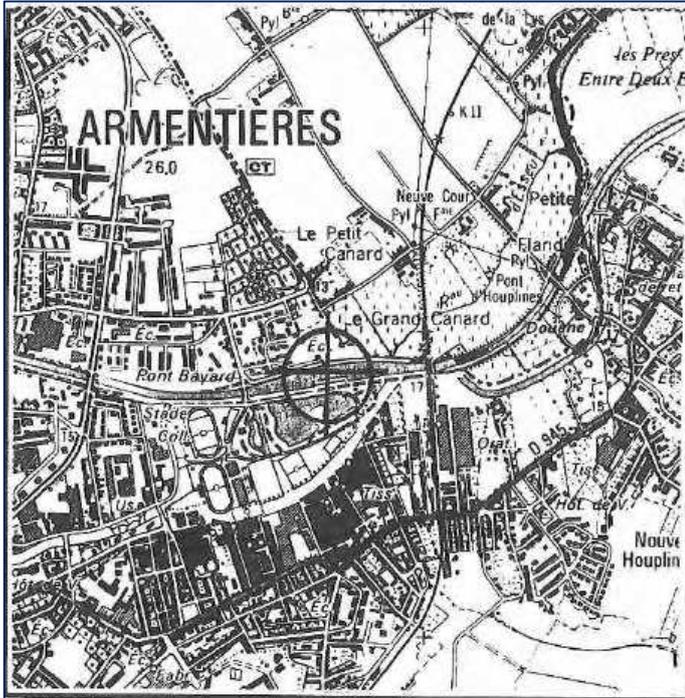
Une comparaison entre les quantiles fréquents (issus d'un ajustement sur les valeurs anciennes) est ensuite réalisée avec les valeurs obtenues à partir de l'ajustement sup-seuil sur les données enregistrées sur la nouvelle station de 2005 à 2012.

T (an)	QJ (1970 – 1994 / Gumbel)	QIX (1970 – 1994)	QIX (2005-2012 / Exponentielle)	Ecart (%)
10	83	87.2	102.9	-18.0%
20	98	102.9	112.0	-8.8%
50	117.0	122.8	124	-1.0%





Les écarts entre les deux séries de quantiles sont assez marqués pour les faibles occurrences, mais limités à 1 % pour le Q50 ans (*points en rouge pour les données issues de l'ajustement de Gumbel sur les données anciennes*).



## 4.2 STATIONS HYDROMETRIQUES DE GEMY, WIZERNES ET DELETTES

Trois stations hydrométriques complémentaires sont notamment exploitées pour compléter les tests réalisés sur les données SHYREG. Les valeurs des Q1000 ans utilisées par la suite pour les stations de Wizernes sur l'Aa et de Delettes sur la Lys sont issues d'un calcul via la méthode du gradex esthétique explicité ci-après.

Code_station	Nom_station	Superficie bassin versant	Période
E4306010	LA HEM à TOURNEHEM-SUR-LA-HEM [GUEMY]	105 km <sup>2</sup>	[1966 – 1978] et [1981-2012]
E4035710	L'AA à WIZERNES	392 km	[1964 - 2012]
E3511220	LA LYS à DELETTES	158 km <sup>2</sup>	[1954 - 2012]

Ces trois points de calcul disposent de séries de débit plus conséquentes, de l'ordre d'une cinquantaine d'années et de fait propose des quantiles pour les crues fréquentes plus fiables. On notera cependant que ces points sont intégrateurs de superficie de bassins versant inférieurs à 400 km<sup>2</sup>.

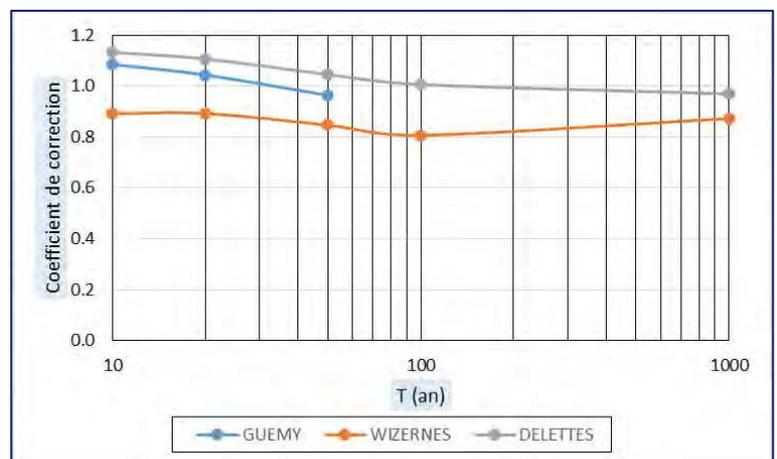
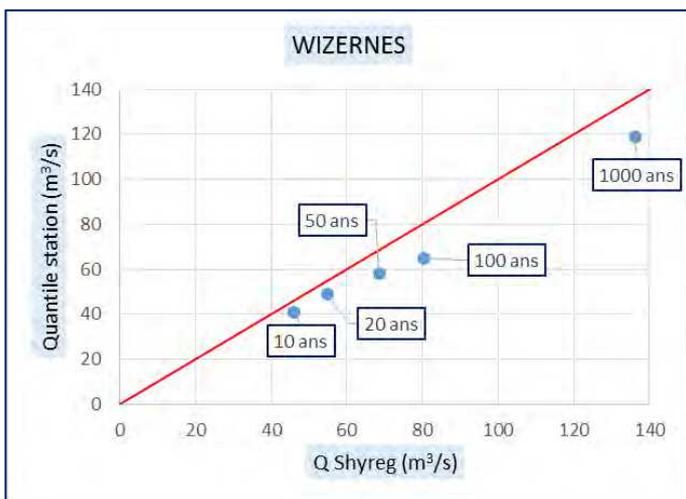
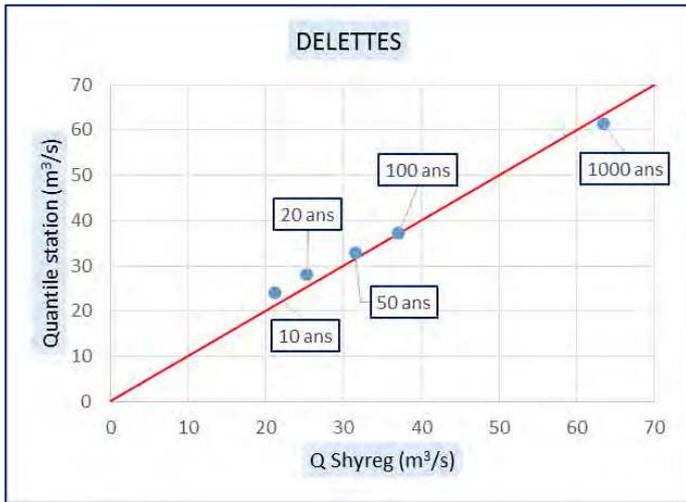


Figure 26 : Correction sur les données SHYREG vs Quantiles de crue

- 1) Sur la Hem, les débits SHYREG sont proches des quantiles de crue issus des ajustements, sachant que les quantiles couvrent l'intervalle [10 – 50 ans].
- 2) Sur l'Aa, les corrections à apporter aux débits SHYREG sont assez homogènes selon la fréquence, compris entre 0.81 à 0.89.
- 3) Sur la Lys (point en amont d'Armentières), les corrections à apporter sont comprises entre 0.97 et 1.13.

On constate donc une bonne cohérence d'ensemble entre les données SHYREG et les débits statistiques calculés, pour ces trois points de calcul.





Nom_station	Nom_cours_eau	ID_Shyreg	S_Shyreg	Débits SHYREG					S_BD_Hydro (km <sup>2</sup> )	Quantiles				
				QP10	QP20	QP50	QP100	QP1000		10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
GUEMY	HEM	AS_1484	106.355	23.3	28.1	35.6	42.5	74.7	105	25	29	34	/	/
				<b>23.0</b>	<b>27.8</b>	<b>35.3</b>	<b>42.1</b>	<b>73.9</b>	Correction	<b>1.08</b>	<b>1.04</b>	<b>0.96</b>		
WIZERNES	AA	AS_912	390.5475	45.8	54.8	68.3	80.2	135.8	392	41	49	58	64.9	118.8
				<b>46.0</b>	<b>54.9</b>	<b>68.5</b>	<b>80.5</b>	<b>136.2</b>	Correction	<b>0.89</b>	<b>0.89</b>	<b>0.85</b>	<b>0.81</b>	<b>0.87</b>
DELETTES	LYS	AS_2816	160.9825	21.5	25.7	32.0	37.6	64.4	158	24	28	33	37.3	61.4
				<b>21.2</b>	<b>25.3</b>	<b>31.6</b>	<b>37.1</b>	<b>63.4</b>	Correction	<b>1.13</b>	<b>1.11</b>	<b>1.05</b>	<b>1.01</b>	<b>0.97</b>

Nota : Une correction au prorata de la surface est appliquée aux valeurs SHYREG pour tenir compte des différences de surface ( $S_{\text{calcul}} / S_{\text{Shyreg}}$ )<sup>0.8</sup>.

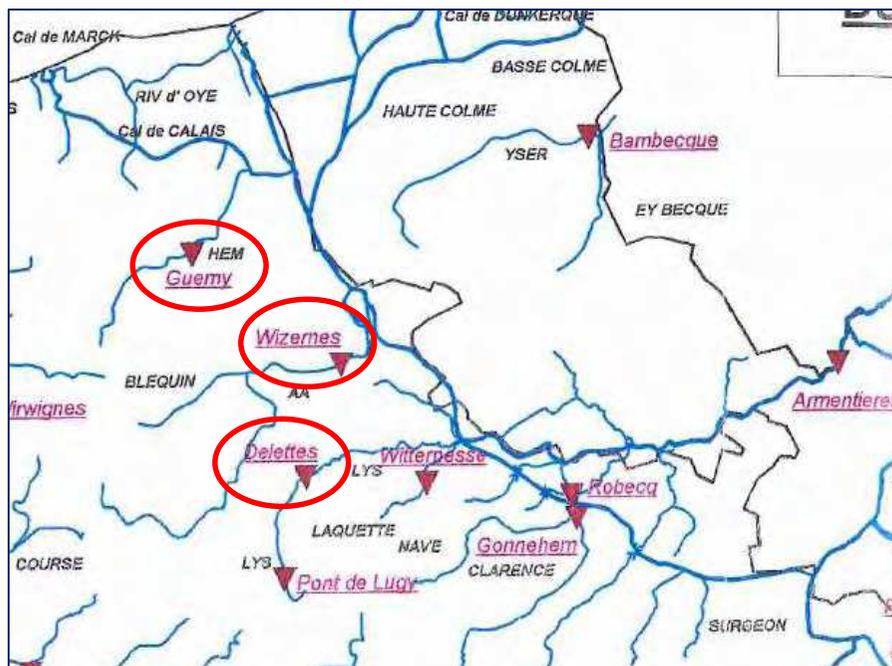


Figure 27 : Localisation des trois stations hydrométriques de Guemy, Wizernes, et Delettes.



Nota : un calcul des débits de fréquence rare est réalisé dans le livre « Estimation de la crue centennale pour les plans de prévention des risques d’inondations – Michel Lang et Jacques Lavabre », sur l’Aa à Wizernes. La méthode du gradex esthétique a été appliquée pour réaliser cette évaluation. Les résultats et principales hypothèses sont repris et rappelés ci-après :

Hypothèses retenues	
d	1.5 j
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	57.2 m <sup>3</sup> /s
K	1
K.ap (d)	26.48 m <sup>3</sup> /s
aq (d)	10.5 m <sup>3</sup> /s
C <sub>Forme</sub>	1.22

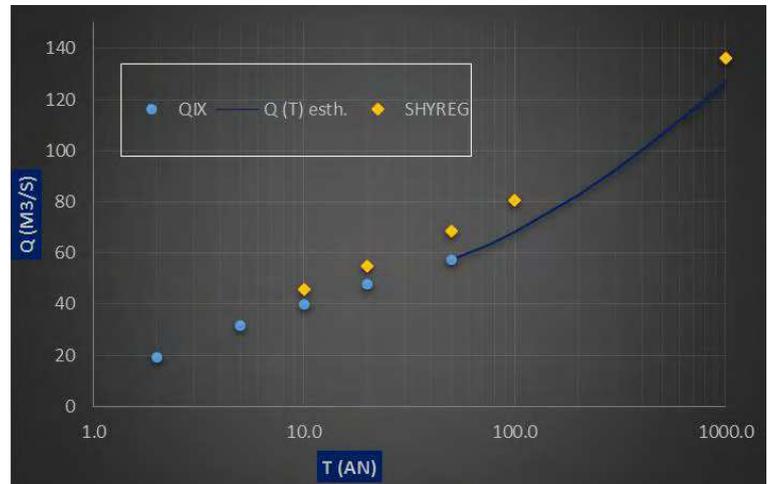


Figure 28 : Quantiles de crue à Wizernes (Shyreg – Gradex esthétique)

Un calcul des débits rares à Delettes a également été réalisé afin de compléter l’information sur les quantiles de crue.

Hypothèses retenues	
d	1 j
Tg	50 ans
QIX (Tg = 50 ans)	33 m <sup>3</sup> /s
K	1
K.ap (d)	9.9 m <sup>3</sup> /s
aq (d)	3.63 m <sup>3</sup> /s
C <sub>Forme</sub>	1.39

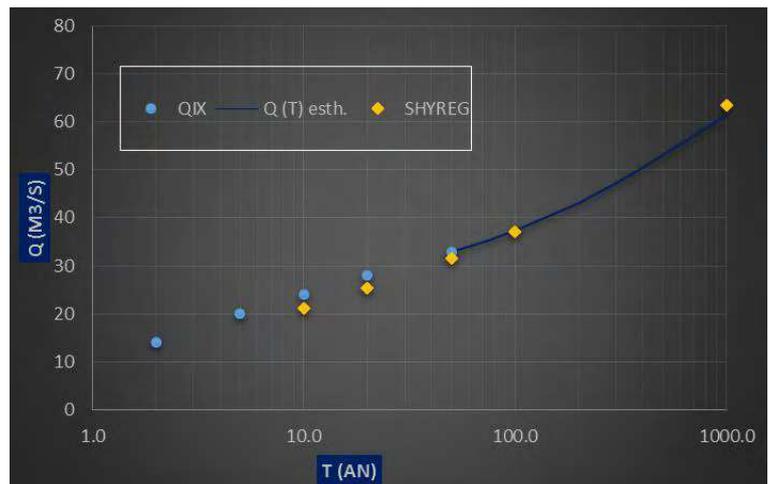


Figure 29 : Quantiles de crue à Delettes (Shyreg – Gradex esthétique)



4.3 STATION DE MENIN SUR LA LYS

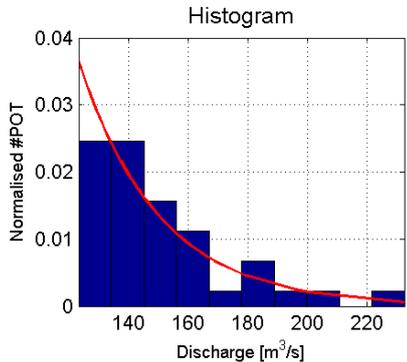
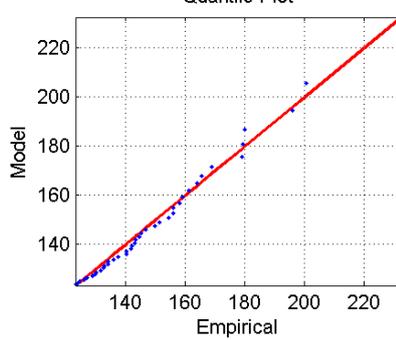
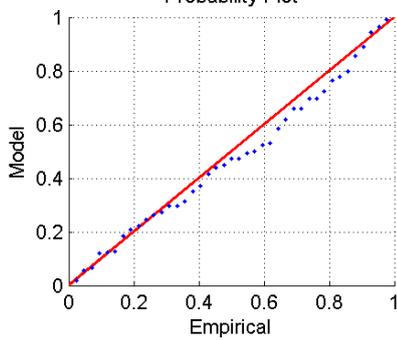
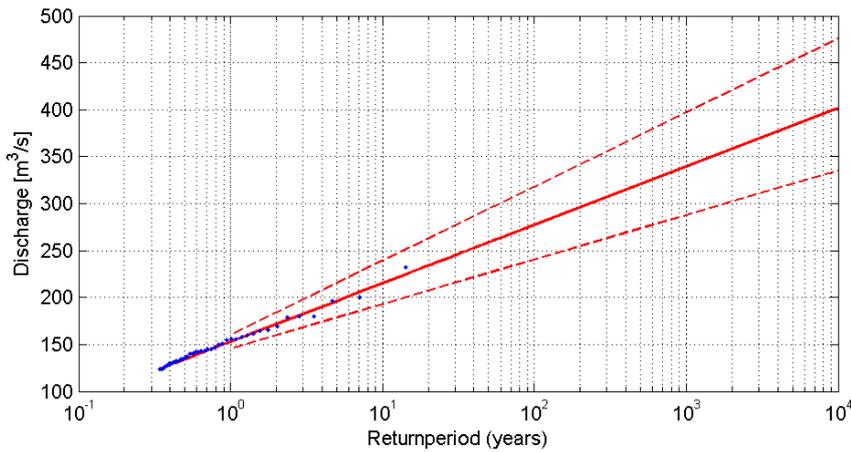
### Exponential distribution

$cdf : 1 - Pr(x > u + y | x > u) = 1 - exp(-\lambda(x - u))$

$\lambda = 0.036993$   
 $u = 123.07$   
 $A = 13.7825$   
 $k = 41$

Returnlevel :  $X = u + \frac{1}{\lambda} \log(\frac{T+1}{A})$

Des quantiles de crue ont été fournis par les services belges des voies navigables pour la station de Menin sur la Lys. Il s'agit d'un ajustement par une loi exponentielle des valeurs de débit supérieures à 123 m<sup>3</sup>/s, avec 41 valeurs sur 13.8 ans. Les résultats peuvent être utilisés jusqu'à une période de retour 10-50 ans pour comparaison avec SHYREG, au-delà, il est vraisemblable que l'ajustement avec une loi exponentielle sous-estime les quantiles forts.



T	X	UPCI	LOCI
1.00e+000	1.53e+002	1.60e+002	1.46e+002
2.00e+000	1.71e+002	1.84e+002	1.60e+002
5.00e+000	1.96e+002	2.16e+002	1.79e+002
1.00e+001	2.15e+002	2.39e+002	1.93e+002
2.50e+001	2.40e+002	2.71e+002	2.12e+002
5.50e+001	2.61e+002	2.98e+002	2.28e+002
1.00e+002	2.77e+002	3.18e+002	2.40e+002
5.00e+002	3.21e+002	3.73e+002	2.74e+002
1.00e+003	3.39e+002	3.97e+002	2.88e+002
2.50e+003	3.64e+002	4.29e+002	3.07e+002
4.00e+003	3.77e+002	4.45e+002	3.16e+002
1.00e+004	4.02e+002	4.76e+002	3.35e+002

© JRC/CEC/WZL





T (an)	SHYREG (m <sup>3</sup> /s)	Ajustement Loi Exponentielle (m <sup>3</sup> /s)	Correction
10	305.0	209.3	<b>0.69</b>
50	450.3	230.0	<b>0.51</b>

La comparaison avec les données SHYREG concluent à une correction de 0.69 pour la période de retour 10 ans, même ordre de grandeur qu'à la station de Maulde sur l'Escaut en amont.



## 5 CONCLUSIONS

### 5.1 ANALYSE DES DEBITS SPECIFIQUES PAR POINT DE CALCUL

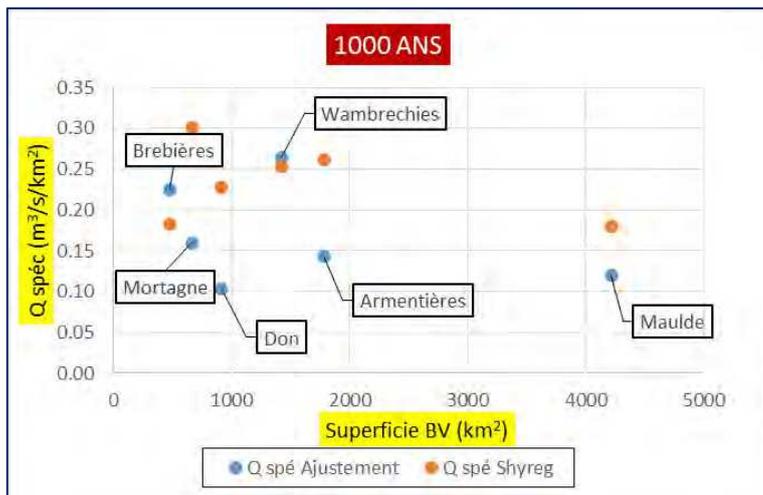
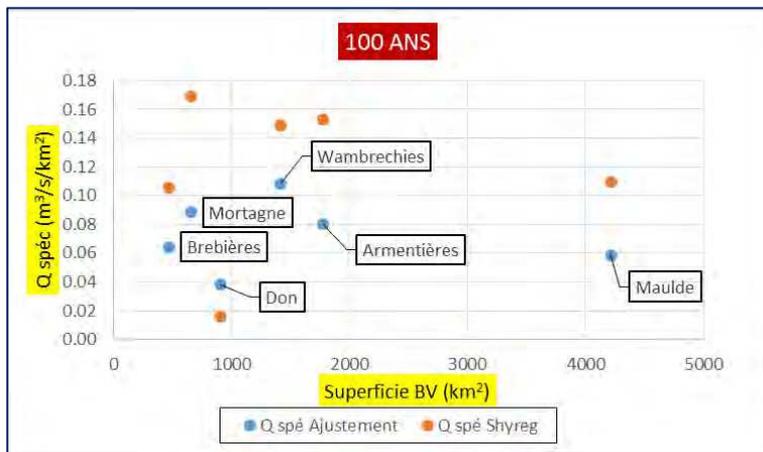
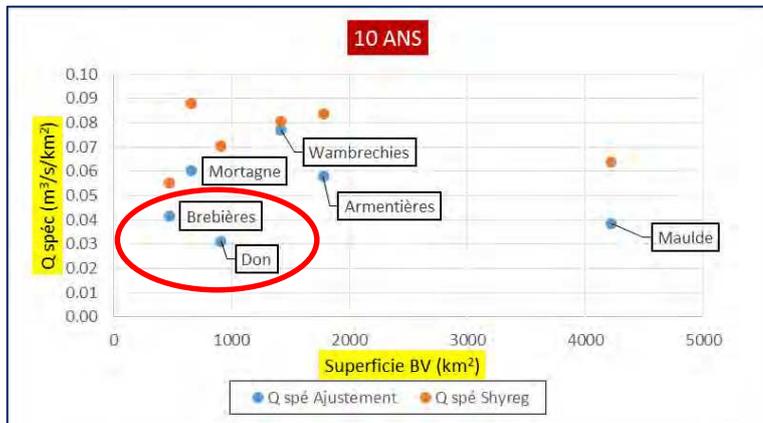


Figure 30 : Débits spécifiques issus des ajustements et de SHYREG

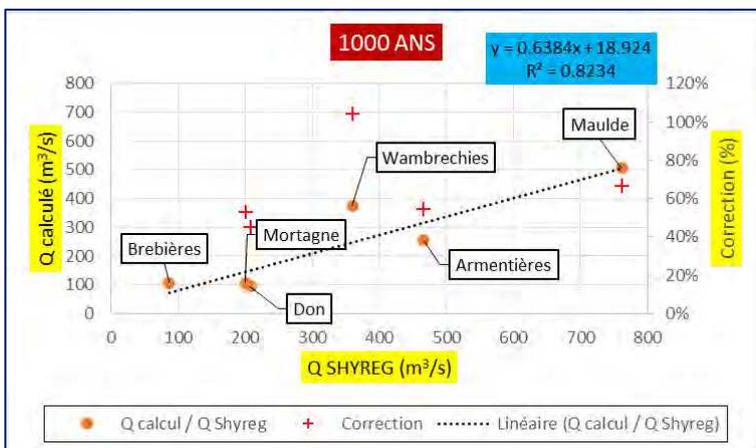
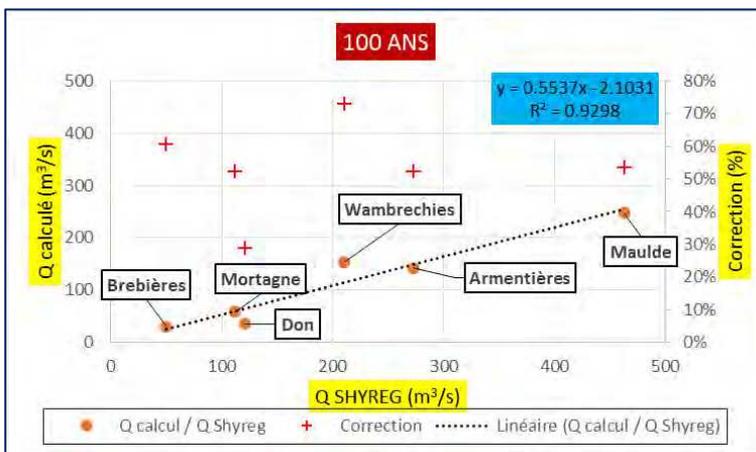
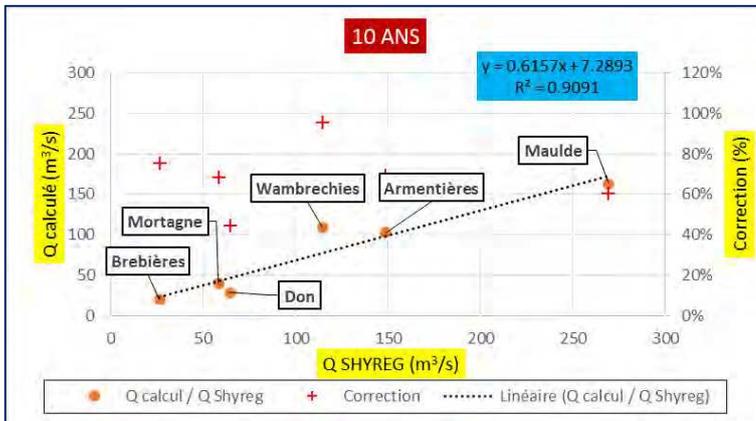
Le débit spécifique renseigne sur le niveau de productivité du bassin versant considéré et permet ainsi une comparaison entre les différents bassins versant analysés.

Sont ainsi présentées sur les figures ci-jointes les débits spécifiques pour les trois périodes de retour analysées 10, 100 et 1000 ans pour les jeux de données issus d'une part des calculs réalisés dans le présent rapport (ajustement statistique + gradex esthétique) et d'autre part de SHYREG.

- T = 10 ans : il est étonnant de constater que les débits spécifiques à Brebières et à Don sont inférieurs à des bassins versant beaucoup plus importants. Cette observation est commune au jeu de données SHYREG. Pour cette période de retour, l'influence de l'échantillon de données est primordiale. Il est probable que l'absence d'évènements importants dans l'échantillon aboutisse à une certaine sous-estimation des quantiles de crue pour cette fréquence. Pour les autres points, on retrouve une certaine cohérence avec des débits spécifiques sur Wambrechies et Mortagne du Nord supérieurs à ceux observés sur la Lys à Armentières et sur l'Escaut à Maulde.
- T = 100 ans : observations similaires à T = 10 ans.
- T = 1000 ans : On constate que le débit spécifique à Brebières se rapproche de celui à Wambrechies contrairement aux autres périodes de retour, s'expliquant par une pente d'accroissement plus forte (étroitement liée pour ce point à la faible durée caractéristique de crue considérée : 10 h et au gradex des débits moyens).

*Nota : Evoqué précédemment le point de Don n'est pas retenu pour les corrections à apporter à SHYREG.*

## 5.2 CORRECTION BRUTE PAR POINT DE CALCUL ET PERIODE DE RETOUR



Dans ce paragraphe, les corrections qu'il faudrait apporter aux débits SHYREG pour retrouver les valeurs obtenues par le gradex esthétique sont abordés. Il s'agit donc simplement de calculer ce facteur de correction aux points de contrôle qui devraient être appliqués pour les trois périodes de retour étudiées.

- T = 10 ans : pour la plupart des points hormis Don (56 %), la correction est inférieure à 39 %.
- T = 100 ans : pour la plupart des points hormis Don (71 %), la correction est inférieure à 48 %.
- T = 1000 ans : pour la plupart des points, la correction est inférieure à 45 %.

Difficile de dégager une règle commune pour l'ensemble des points de calcul. Il serait préférable d'appliquer une correction par zone d'influence des différents points considérés :

- Mortagne : bassin de la Scarpe aval,
- Maulde : bassin de l'Escaut
- Armentières : bassin de la Lys
- Wambrechies : bassin de la Deûle.

Figure 31 : Correction par point de calcul et par période de retour

En synthèse, nous proposons de rappeler les corrections constatées par point de calcul pour les périodes de retour 10, 100 et 1000 ans :

Nom_Point	Surface du bassin versant associé (km <sup>2</sup> )	10 ANS	100 ANS	1000 ANS
Scarpe à Brebières	473	0.75	0.61	<b>1.23</b>
Deûle à Don	911.3	0.44	0.29	0.44
Deûle à Wambrechies (hiver)	1 419.2	0.77	0.61	0.71
Lys à Armentières	1 779.8	0.69	0.52	0.55
Scarpe canalisée à Mortagne	663.1	0.69	0.52	0.53
Escaut à Maulde	4 217.8	0.61	0.53	0.66
	Moyenne	0.66	0.51	0.69
	Ecart-Type	0.09	0.07	0.19
Nom_Point	Surface du bassin versant associé (km <sup>2</sup> )	10 ANS	100 ANS	1000 ANS
La Lys à Delettes	105	1.13	1.01	0.97
L'Aa à Wizernes	392	0.89	0.81	0.87
La Hem à Guemy	158	1.08	/	/
Lys à Menin	3 493.6	0.62	/	/
Escaut à Tournai	4 922	0.69	/	/

L'écart-type maximal est constaté pour l'occurrence 1000 ans, lié à la présence de la valeur de Brebières. Cette valeur n'est pas retenue par la suite. Sans cette valeur, on retrouve une valeur de 0.58 pour la correction moyenne et un écart type de 0.08.



### 5.3 AUTRES OBSERVATIONS

Il est dommageable de constater que les crues les plus importantes (juillet 2005 et mars 2012) n'ont pas toujours pu être enregistrées. De manière générale, la finesse des analyses hydrologiques est étroitement liée à la qualité et l'exhaustivité des chroniques de débit existantes. Il s'agit d'une donnée de base dont on peut difficilement se passer. Bon nombre d'enregistrements hydrométriques n'ont débuté que depuis 2005, et malheureusement la faible taille des échantillons analysés rend les extrapolations statistiques parfois incertaines.

Il faut continuer à améliorer et contrôler les mesures de débit aux différentes stations pour consolider les séries de débit (quelques cas où des événements qui visiblement ne se sont pas produits sont présents dans les chroniques de débit), et disposer dans quelques années d'échantillons plus représentatifs. Quelques vérifications, qui ne peuvent être réalisées dans la présente démarche semble s'imposer, notamment concernant l'analyse de l'influence réelle des manœuvres au niveau des écluses sur les débits de crue restituées par les stations hydrométriques. Certains enregistrements au niveau de la station Brebières et Wambrechies nous ont également posé des questionnements sur la validité des hydrogrammes des crues qui n'ont pu trouver de réponses dans la présente démarche.

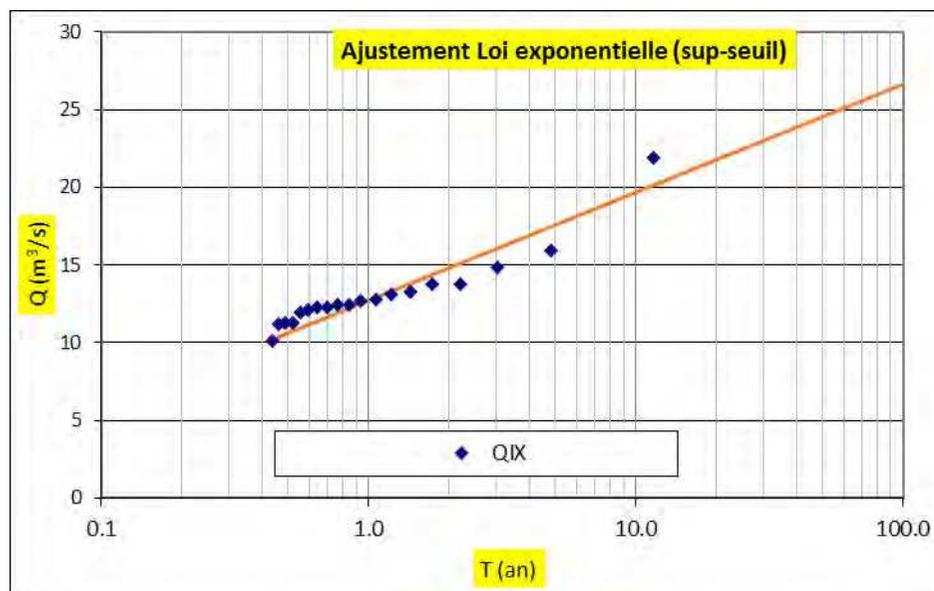


## 6 ANNEXES

### 6.1 ANNEXE N°1 : AJUSTEMENTS STATISTIQUES PAR STATION HYDROMETRIQUE

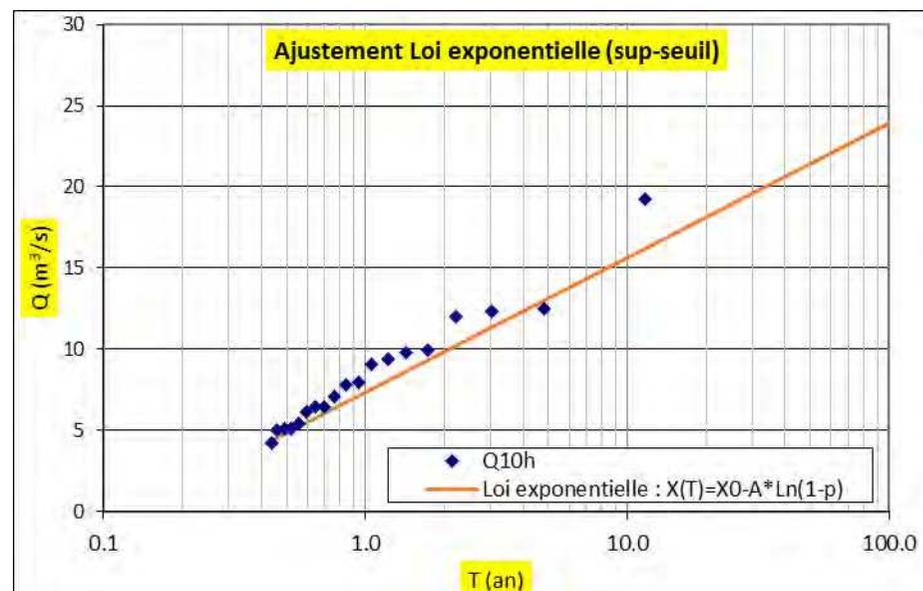
Station de Brebières sur la Scarpe

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	19
Pente de la loi exponentielle (A)	3.03

Ajustement des Qmoyen (d)

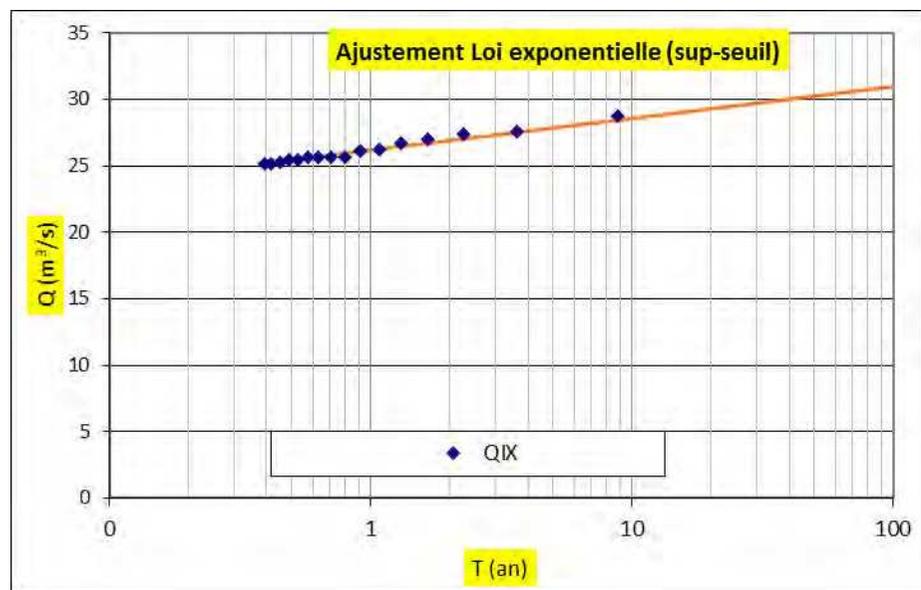


Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	19
Pente de la loi exponentielle (A)	3.60 valeur ajustée pour respecter Q moyen (T) < QIX (T)



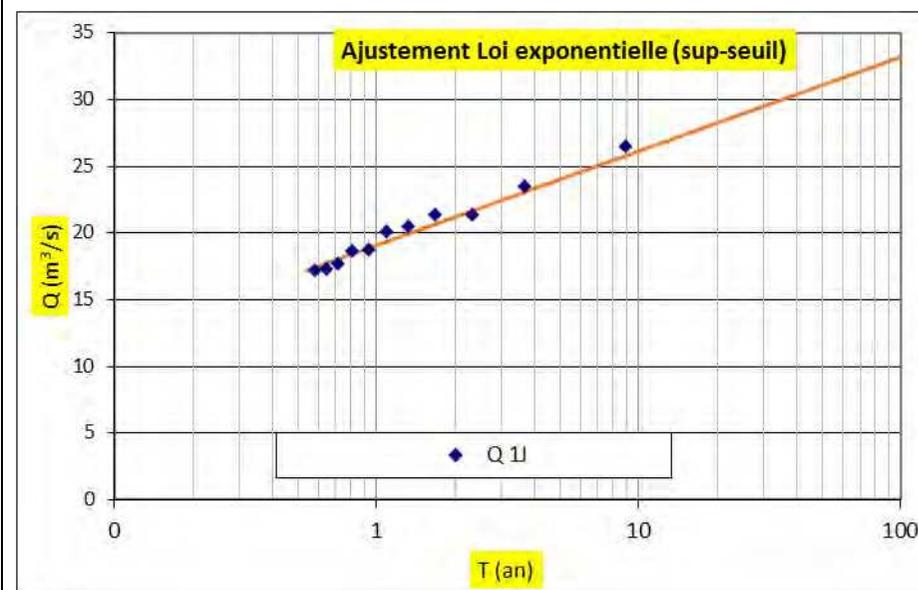
Station de Don sur la Deûle

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	6
Nombre de valeurs	16
Pente de la loi exponentielle (A)	1.04

Ajustement des Qmoyen (d)

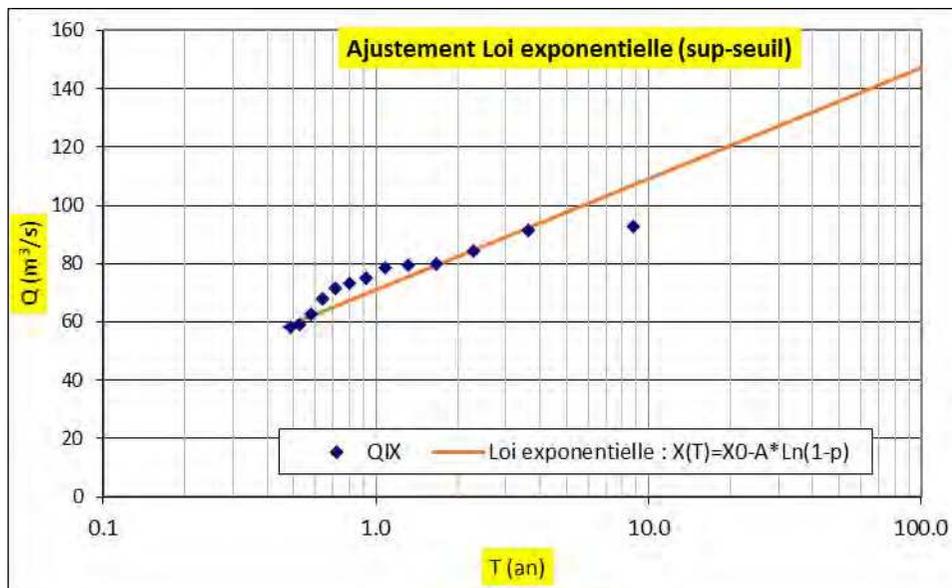


Nombre d'années exploitées	6
Nombre de valeurs	11
Pente de la loi exponentielle (A)	3.07



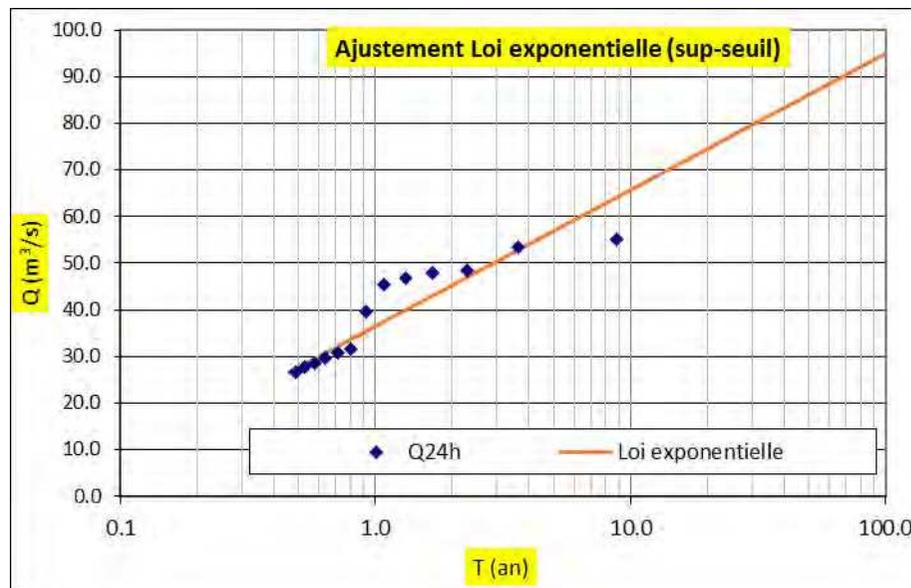
Station de Wambrechies sur la Deûle

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	6
Nombre de valeurs	10
Pente de la loi exponentielle (A)	13.17

Ajustement des Qmoyen (d)

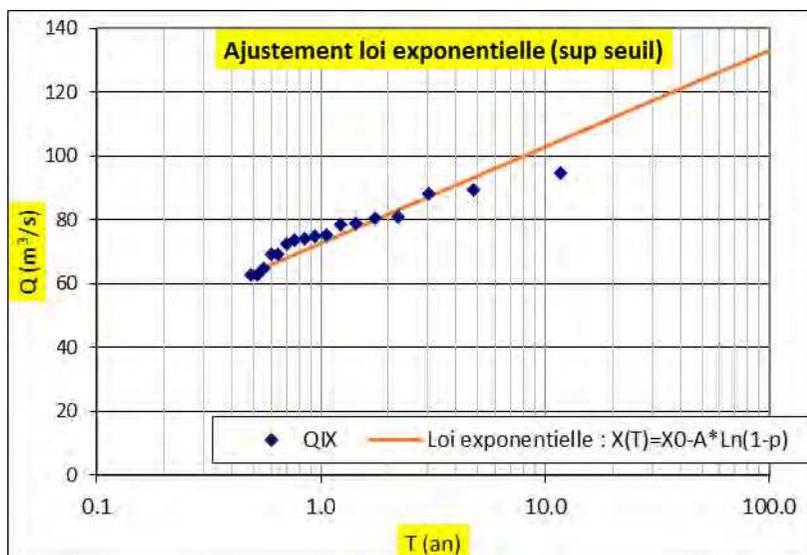


Nombre d'années exploitées	6
Nombre de valeurs	10
Pente de la loi exponentielle (A)	16.65



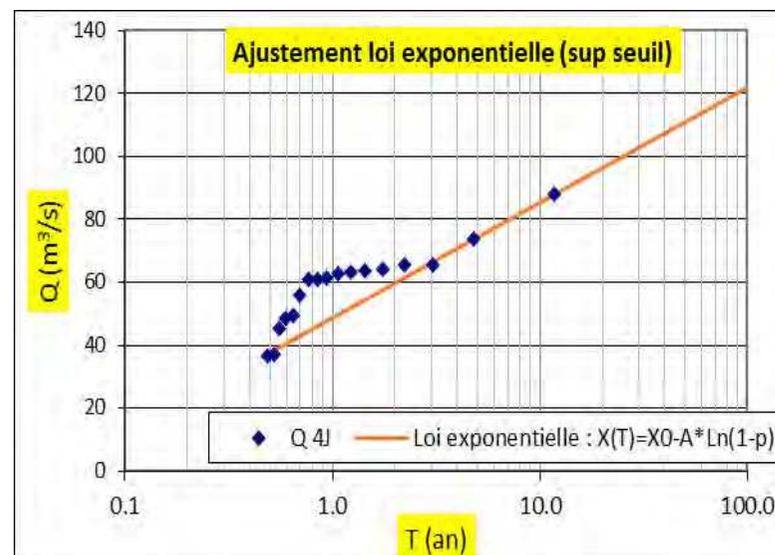
Station d'Armentières sur la Lys

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	17
Pente de la loi exponentielle (A)	13.14

Ajustement des Qmoyen (d)

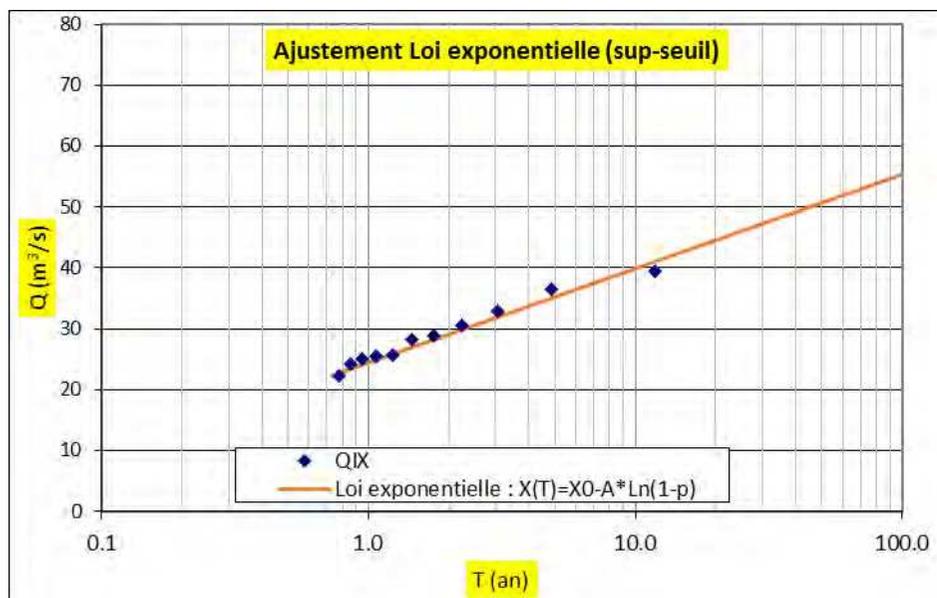


Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	17
Pente de la loi exponentielle (A)	16.00 (valeur ajustée pour respecter Q moyen (T) < QIX (T))



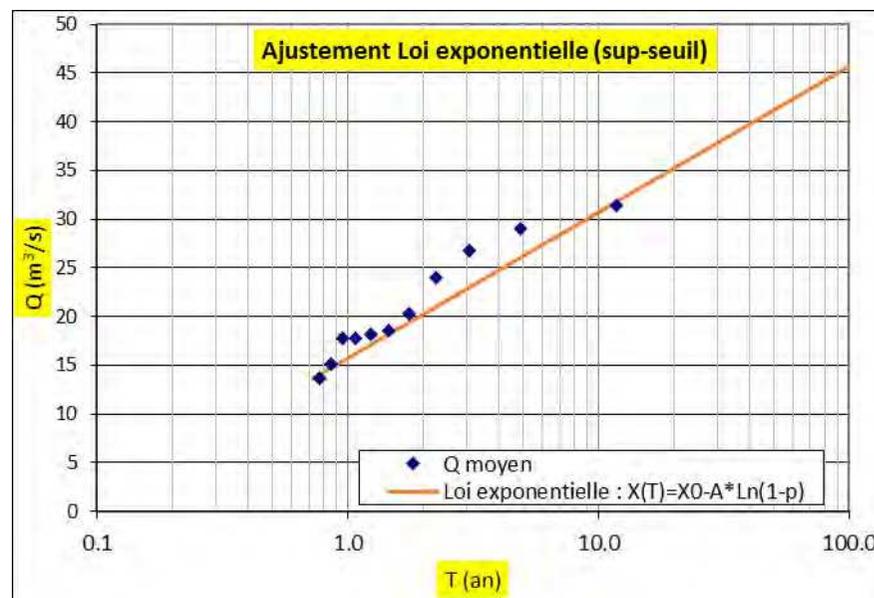
Station de Mortagne sur la Scarpe aval

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	11
Pente de la loi exponentielle (A)	6.71

Ajustement des Qmoyen (d)

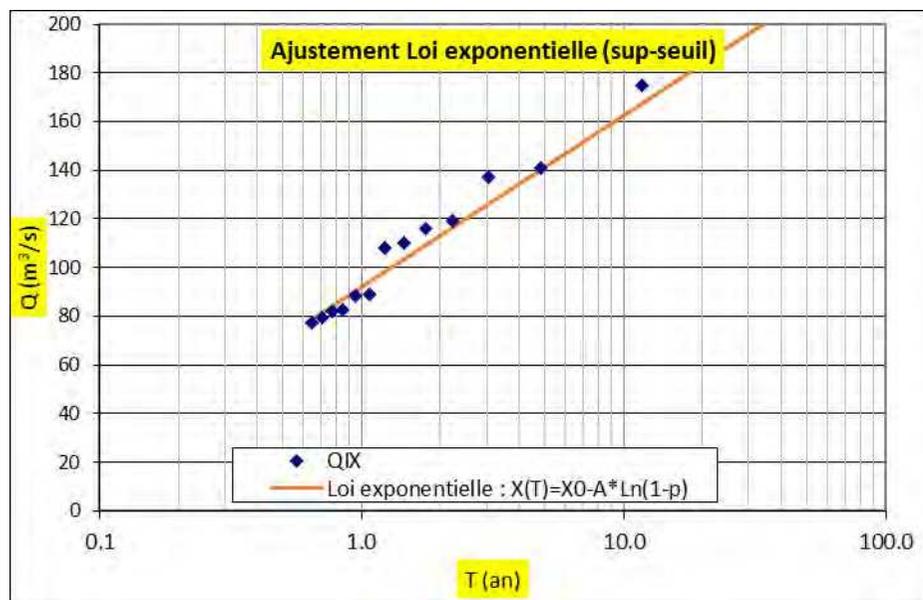


Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	11
Pente de la loi exponentielle (A)	6.50 valeur ajustée pour respecter Qmoyen (T) < QIX (T)



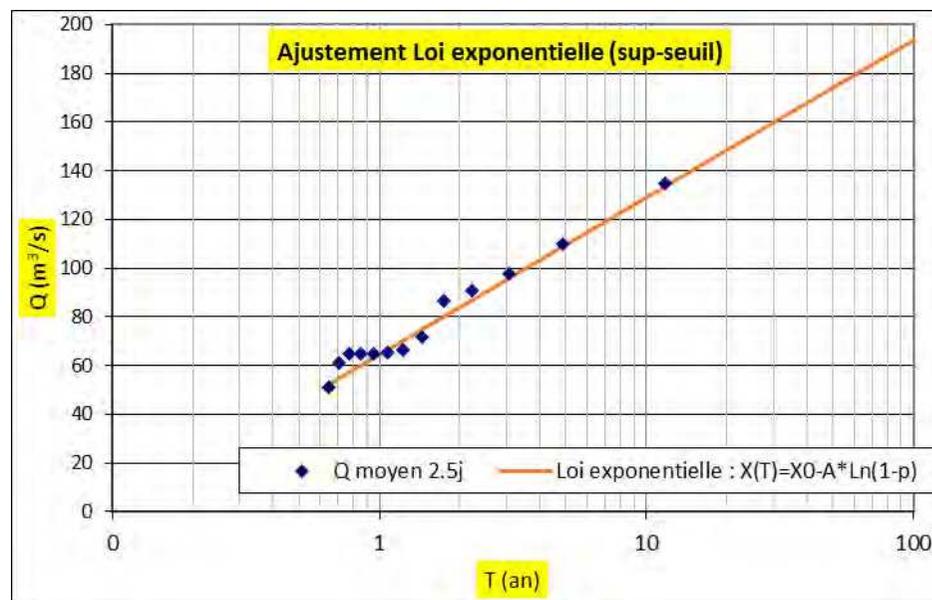
Station de Maulde sur l'Escaut

Ajustement de QIX



Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	13
Pente de la loi exponentielle (A)	30.69

Ajustement des Qmoyen (d)



Nombre d'années exploitées	8
Nombre de valeurs	13
Pente de la loi exponentielle (A)	28.00



## 6.2 ANNEXE N°2 : COEFFICIENTS DE PONDERATION APPLIQUES (METHODE DE THIESSEN)

Point de calcul : station de Brebières sur la Scarpe

Nom	%
AVESNES	34.4%
SAULTY	17.8%
ARRAS	47.8%

Point de calcul : station de Don sur la Deûle

Nom station	%
DOUAI	16.8%
GIVENCHY	32.8%
OURTON	1.4%
AVESNES	17.2%
ARRAS	22.1%
SAULTY	9.6%

Point de calcul : station de Wambrechies sur la Deûle

Nom station	%
DOUAI	10.3%
GIVENCHY	20.1%
LAMBERSART	9.8%
MONS-EN-PEVELE	9.7%
LESQUIN	15.1%
ROUBAIX	3.2%
OURTON	0.9%
AVESNES	10.5%
ARRAS	13.5%
ARMENTIERES	1.0%
SAULTY	5.9%

Point de calcul : station d'Armentières sur la Lys

Nom station	%
AIRE-SUR-LA-LYS	18.6%
RADINGHEM	9.8%
BORRE	11.0%
OURTON	16.3%
MERVILLE	18.9%
ARMENTIERES	10.9%
FIEFS	8.0%
GIVENCHY	6.5%



Point de calcul : station de Maulde sur l'Escaut

Nom	%
ACHIET	6.6%
EPINOY	8.0%
BOUCHAIN	6.2%
ESCAUDOEUVRES	3.3%
BONY	4.1%
CREVECOEUR	5.5%
TROISVILLES	9.5%
LE QUESNOY	30.7%
DOUAI	3.1%
PECQUENCOURT	5.2%
SAINT-AMAND LES EAUX	14.8%
ARRAS	3.1%

Point de calcul : station de Mortagne sur la Scarpe

Nom	%
PECQUENCOURT t	39.2%
SAINT-AMAND LES EAUX	43.1%
DOUAI	17.7%

