



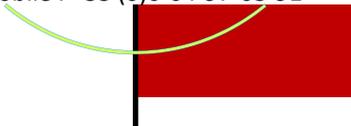
Design Hydraulique & Energie

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 4

Production d'hydrogrammes de référence pour une modélisation hydraulique en régime transitoire

Date	17 septembre 2013
Réalisation	Olivier SONNET
Modification	V4



 <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 Rapport Phase4 – Septembre 2013	Phase 4

Création - Modifications

Indice	Auteur(s)			Vérificateur(s)			Approbateur(s)		
	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date	Nom	Visa	Date
V1	Olivier SONNET		08/08/2013						
V2	Olivier SONNET		28/08/2013						
V3	Olivier SONNET		14/09/2013						
V4	Olivier SONNET		17/09/2013						

Historique des modifications

Indice	Date	Paragraphes modifiés / Objet
V2	28/08/2013	Prise en compte des remarques de l'IRSTEA
V3	14/09/2013	Intégration des nouveaux correctifs
V4	17/09/2013	Ajout d'une correction complémentaire pour prendre en compte l'écrêtement sur la Marque (Q100 et 1000 ans)

Diffusion

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



SOMMAIRE

1	BASE DE CRUE SHYREG.....	4
2	HORLOGE DES CRUES.....	5
2.1	DEULE ET LA LYS.....	5
2.2	SCARPE AVAL ET ESCAUT.....	6
2.3	CORRECTION COMPLEMENTAIRE SUR LA DEULE A WAMBRECHIES (D11).....	8
2.4	SCENARIOS DE CRUE POUR LES CONFLUENCES.....	9
2.4.1	CONFLUENCE DEULE – LYS.....	9
2.4.2	CONFLUENCE SCARPE - ESCAUT.....	11
3	CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE CRUE.....	12
3.1	DEMARCHE PRECONISEE.....	12
3.2	RESULTATS.....	14

Table des illustrations

<i>Figure 1 : Hydrogramme mono-fréquence extrait de la base SHYREG.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Hydrogrammes mono-fréquence sur la Deûle à Wambrechies.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 : Hydrogramme mono-fréquence au niveau de la confluence Deûle – Lys.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 4 : Hydrogramme mono-fréquence au niveau de la confluence Scarpe aval - Escaut.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 5 : Station de Don.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 6 : Station de Wambrechies.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 7 : Hydrogrammes mono-fréquence 10 ans – bassin de la Deûle.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 8 : Hydrogrammes mono-fréquence 100 ans – bassin de la Deûle.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 9 : Hydrogrammes mono-fréquence 1000 ans – bassin de la Deûle.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 10 : Station d’Armentières.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 11 : Hydrogrammes mono-fréquence 10, 100 et 1000 ans à Armentières (avant et après correction de la forme).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 12 : Station de Maulde.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 13 : Hydrogrammes mono-fréquence 10 ans – Escaut.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 14 : Hydrogrammes mono-fréquence 100 ans – Escaut.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 15 : Hydrogramme mono-fréquence 1000 ans – Escaut.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 16 : Station de Mortagne.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 17 : Station de Brebières sur la Scarpe amont.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 18 : Hydrogramme mono-fréquence 10 ans – Scarpe aval.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 19 : Hydrogramme mono-fréquence 100 ans – Scarpe aval.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 20 : Hydrogramme mono-fréquence 1000 ans – Scarpe aval.....</i>	<i>22</i>



1 BASE DE CRUE SHYREG

Une base de crue de projet mono-fréquence pour les périodes de retour 10, 100 et 1000 ans est fournie avec la base SHYREG. Ces hydrogrammes sont construits de façon à respecter les quantiles de crue SHYREG fournis aux différents points de calcul.

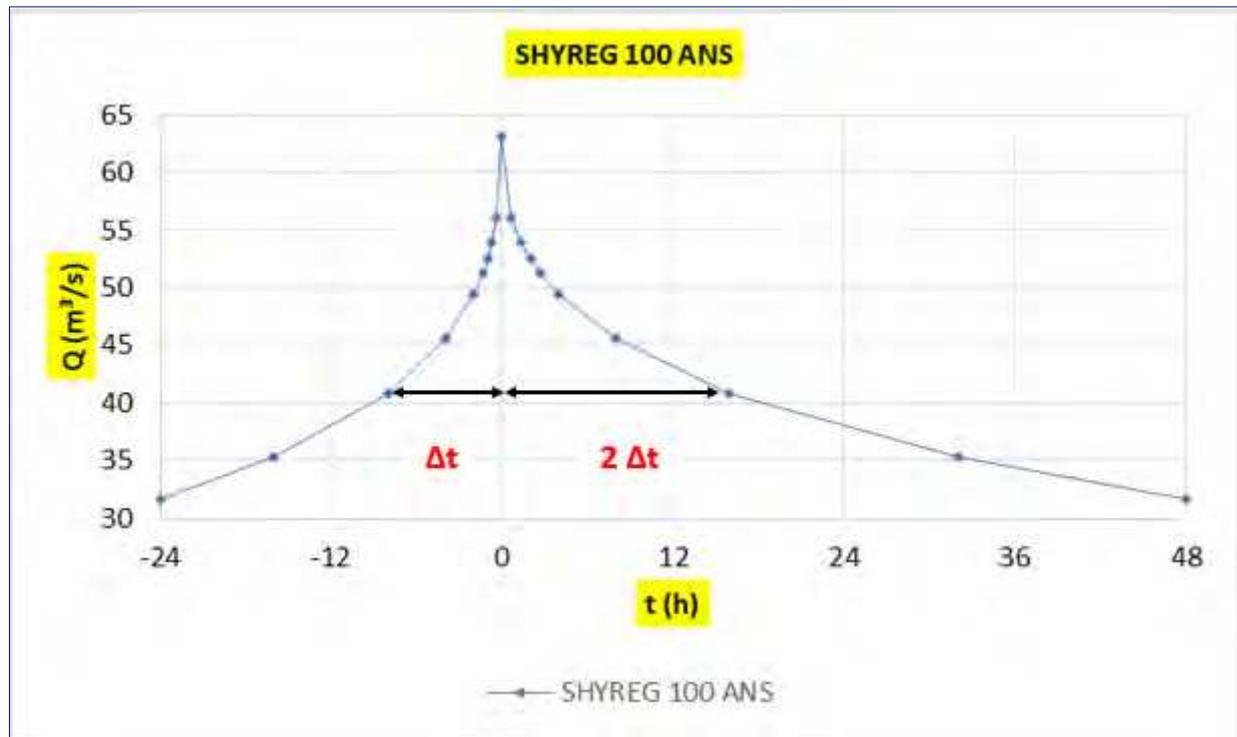


Figure 1 : Hydrogramme mono-fréquence extrait de la base SHYREG

Les hydrogrammes mono-fréquence proposés dans SHYREG (HMF) sont définis sur une base de temps de 72 h, le pic de crue étant centré à $t = 0$ h.

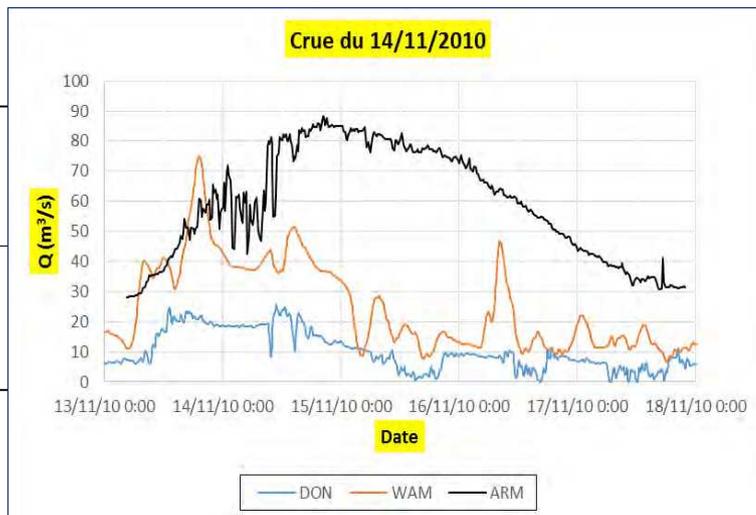
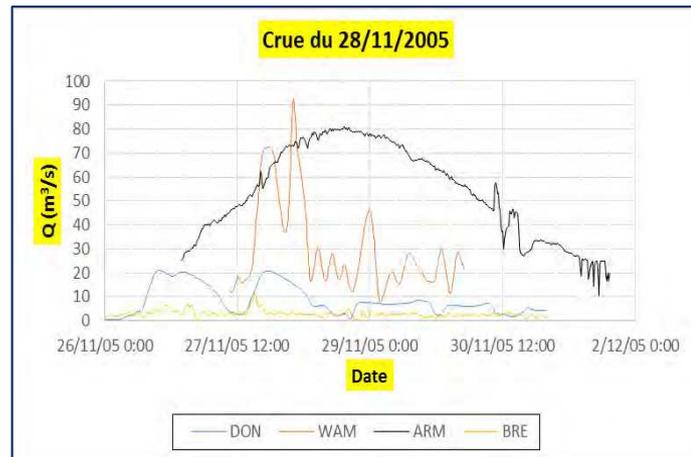
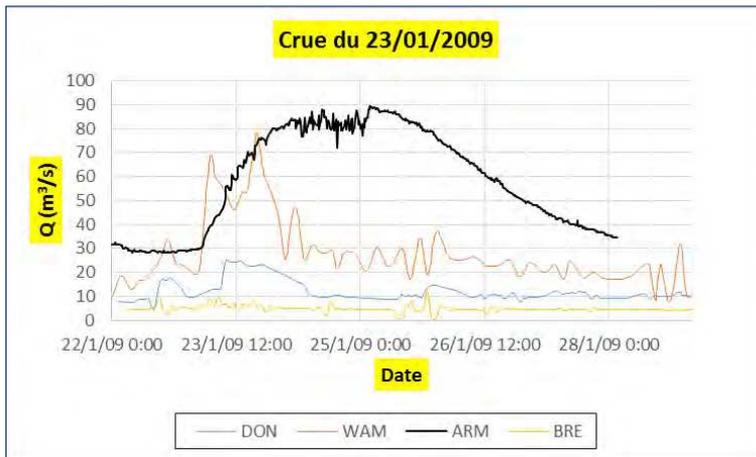
Ces derniers vont donc être exploités afin de définir des hydrogrammes de crue cohérents aux différents points de calcul précédemment évoqués.



2 HORLOGE DES CRUES

2.1 DEULE ET LA LYS

Les stations hydrométriques de Wambrechies sur la Deûle et d'Armentières sur la Lys permettent d'apprécier le décalage des pointes de crue. Cette analyse est réalisée à partir des principales crues enregistrées depuis 2005.



Les pics de crue sur la Deûle sont systématiquement en avance sur les pics de crue sur la Lys, pour la période analysée qui reste courte (2005 à 2012), avec quelques crues non présentes dans les enregistrements (exemple : mars 2012).

Cette avance exprime également des dynamiques de crue bien différentes entre le bassin de la Deûle et de la Lys, avec une montée de la crue sur le bassin de la Lys qui est en moyenne de l'ordre de 40 h (presque 2 jours) contre 10 h pour la Deûle à Wambrechies. Il est probable que l'urbanisation sur le bassin de la Deûle (notamment sur la métropole Lilloise) accentue les pics de crue et de fait la vitesse de montée. En résumé, l'évènement pluviométrique intense qui va occasionner les pics de crue, se fera ressentir plus tardivement sur le bassin de la Lys que sur le bassin de la Deûle, ce que tendraient à montrer les enregistrements à disposition.

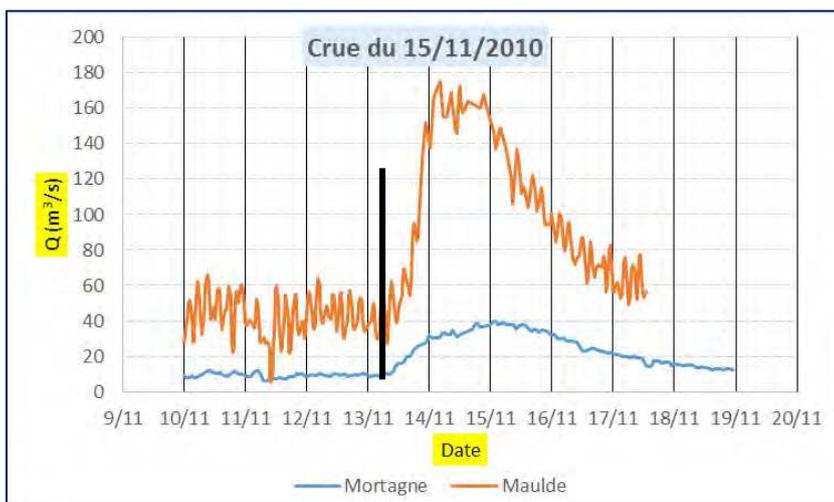
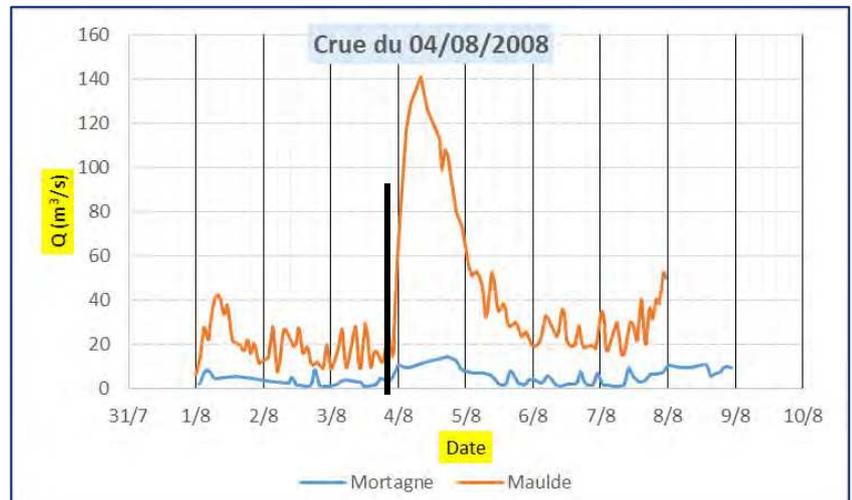
Le plus faible écart constaté sur les crues analysées concerne l'évènement de novembre 2005, avec un décalage de l'ordre de 14 h.



ID_Crue	Date Pointe de crue		Débit de pointe associé		Décalage entre les pointes de crue
	Wambrechies	Armentières	Wambrechies	Armentières	
Crue du 19-21/08/2005	19/08/2005 23:09	21/08/2005 12:31	91.4	43.6	+37.4 h
Crue du 28/11/2005	28/11/2005 03:16	28/11/2005 16:54	92.6	81.1	+13.6 h
Crue du 08-09/05/2006	08/05/2006 17:41	09/05/2006 09:14	84.1	37.0	+15.6 h
Crue du 20-21/07/2007	20/07/2007 08:34	21/07/2007 09:48	71.4	56.2	+25.2 h
Crue du 23-25/01/2009	23/01/2009 18:04	25/01/2009 02:50	78.5	89.4	+32.8 h
Crue du 13-14/11/2010	13/11/2010 19:15	14/11/2010 20:20	74.8	88.3	+25.1 h
Moyenne					≈ 25 h

2.2 SCARPE AVAL ET ESCAUT

Les stations hydrométriques de Mortagne sur la Scarpe aval et de Maulde sur l'Escaut permettent d'apprécier le décalage des pics de crue. Les trois crues principales depuis 2005 sont analysées.

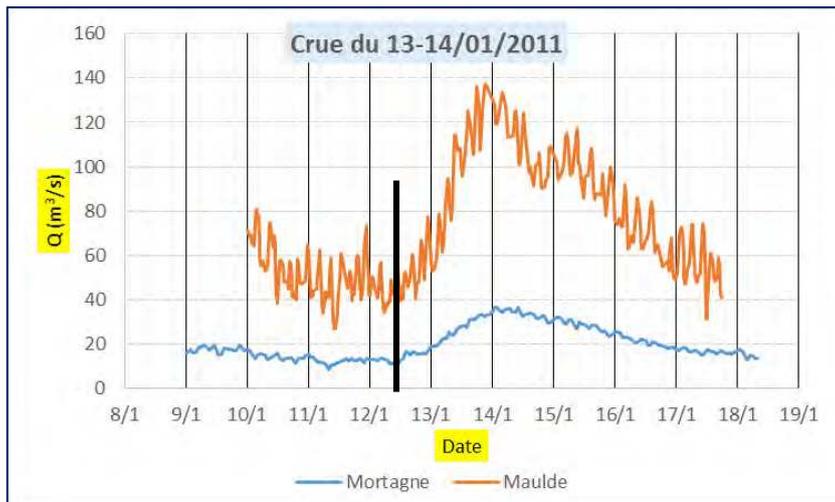


Les pics de crue sont relativement bien synchronisés, avec des débits de montée très proches.

Il est vrai que la crue de 2010 (la plus importante enregistrée depuis 2005) est en avance de l'ordre de 21 h. Ce résultat est toutefois à relativiser, car les débits sur l'Escaut sont restés haut jusqu'au pic de crue sur la Scarpe.

Il semble cohérent de considérer une synchronisation des pics de crue pour un évènement important entre la Scarpe aval et l'Escaut.





ID_Crue	Date Pointe de crue		Décalage entre les pointes de crue
	Wambrechies	Armentières	
Crue du 04/08/2008	04/08/2008 17:30	04/08/2008 08:10	9.3
Crue du 15/11/2010	15/11/2010 01:00	14/11/2010 04:03	21.0
Crue du 14/01/2011	14/01/2011 01:00	13/01/2011 21:30	3.5



2.3 CORRECTION COMPLEMENTAIRE SUR LA DEULE A WAMBRECHIES (D11)

Comme évoqué dans les conclusions du rapport de phase 3, une correction de $-10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ est appliquée pour le Q100 ans. Cette valeur est également conservée pour la crue Q1000 ans faute de disposer d'un résultat sur les débits de sortie de la Marque (hypothèse est donc faite de supposer qu'il y a un écrêtement au moins de $10.5 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une crue 1000 ans).

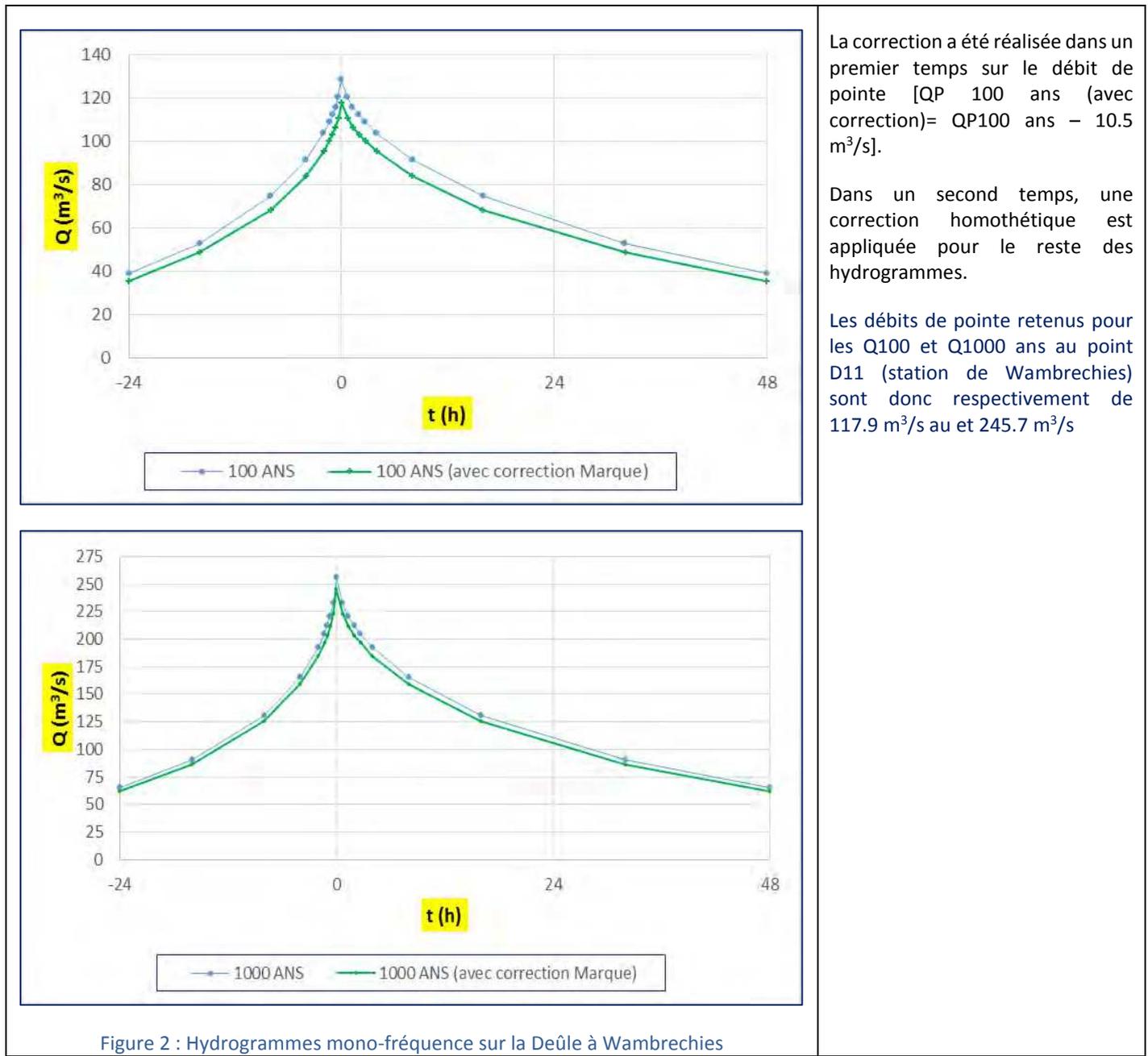
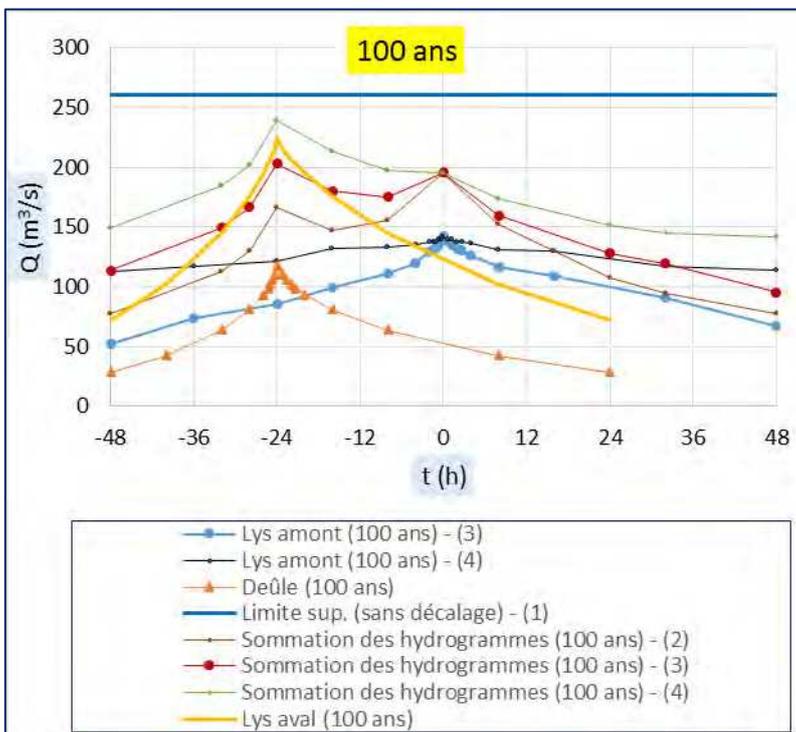
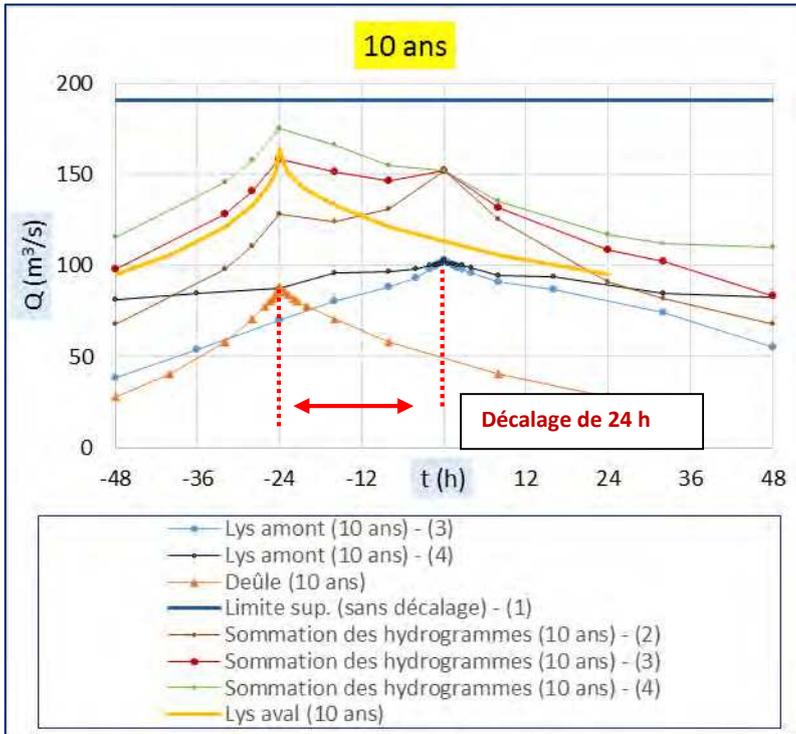


Figure 2 : Hydrogrammes mono-fréquence sur la Deûle à Wambrechies



2.4 SCENARIOS DE CRUE POUR LES CONFLUENCES

2.4.1 CONFLUENCE DEULE – LYS



Les hydrogrammes décalés de 24 h (pointe de crue sur la Deule en avance de 24h), amèneraient à considérer un débit pointe résultant plus bas que les résultats obtenus en aval à partir des données SHYREG (avec la correction sur la Lys amont). L'hypothèse considérant un décalage de 24 h ne crée donc pas de dérives statistiques en aval de la confluence entre la Deule et la Lys.

On le verra plus précisément dans le chapitre sur la construction des hydrogrammes, mais deux facteurs sont bien entendus déterminant pour le débit de pointe résultant en aval :

- Le décalage entre les pointes des crues de la Deule et de la Lys,
- La forme des hydrogrammes, notamment ceux sur la Lys. En effet, on le verra dans le chapitre suivant la forme des hydrogrammes obtenus avec SHYREG apparaît trop pointue.

Plusieurs tests sont proposés par la suite pour apprécier la pertinence de travailler sur la composition des hydrogrammes sur la Deule et la Lys pour la Lys aval :

- (1) Sommation des hydrogrammes sans décalage (permet de disposer d'une limite supérieure des débits).
- (2) Sommation des hydrogrammes SHYREG avec un décalage de 24 h sans déformation des hydrogrammes à Armentières.
- (3) Sommation des hydrogrammes SHYREG avec un décalage de 24 h et une déformation des hydrogrammes à Armentières (par rapport à l'hydrogramme moyen).
- (4) Sommation des hydrogrammes SHYREG avec un décalage de 24 h et une déformation des hydrogrammes à Armentières (par rapport à la plus forte crue enregistrée à savoir celle du 28/12/2012).



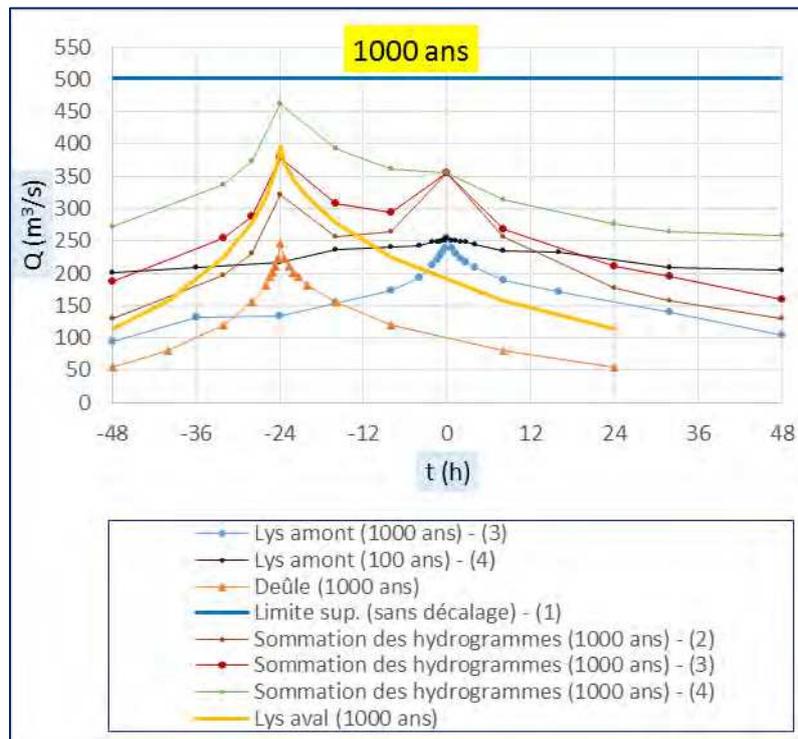


Figure 3 : Hydrogramme mono-fréquence au niveau de la confluence Deûle – Lys

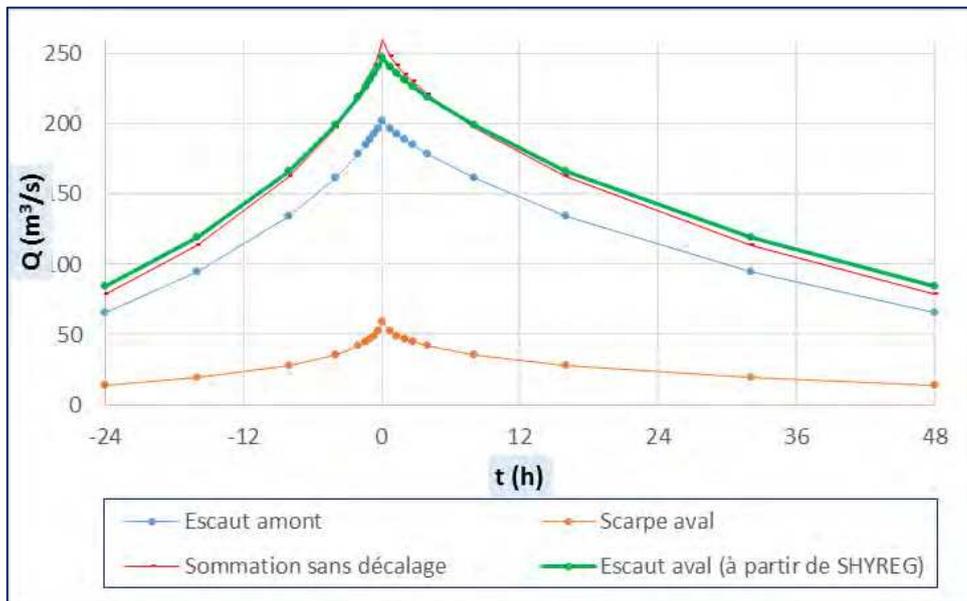
Q Pointe	10 ans	100 ans	1000 ans
(1) Sommation des hydrogrammes sans décalage	190.8	260.2	500.9
(2) Décalage 24 h / sans déformation	152.4	195.6	355.4
(3) Décalage 24 h / déformation par rapport à l'hydrogramme moyen	158.1	203.3	378.7
(4) Décalage 24 h / déformation par rapport à la crue de décembre 2012	175.4	238.8	462.6
Résultats en aval de la confluence après correction sur les données SHYREG	163.7	224.2	396.9

Choix a été fait de conserver des scénarios hydrologiques de même fréquence sur la Deûle et la Lys, considérant que la sommation de hydrogrammes avec un décalage de 24 h ne crée pas de dérive statistique importante en aval et reste conforme à la directive cadre sur les inondations.

Le scénario (4) semble le plus vraisemblable avec le choix de considérer un hydrogramme de crue sur la Lys à Armentières, dont la forme est basée sur la crue de décembre 2012 (hypothèse considérant un hydrogramme plus plat que SHYREG, ou en d'autres termes une crue longue d'hiver avec des débits stabilisés). *Autre exemple, pour la crue de décembre 1993-janvier 1994 (sur la Lys à Armentières) on retrouve un débit journalier moyen supérieur à 95 m³/s pendant 10 jours successifs (du 26 décembre. au 3 janvier).*

Au vu des apports limités sur le secteur aval de la Lys, on pourra travailler avec les hydrogrammes en provenance d'Armentières et de Wambrechies pour caractériser les débits sur le tronçon en aval de la confluence.

2.4.2 CONFLUENCE SCARPE - ESCAUT



On constate une bonne adéquation entre la sommation (sans décalage) des hydrogrammes Escaut amont + Scarpe aval, avec les résultats obtenus sur l'Escaut à Maulde à partir des données SHYREG (avec la correction sur l'Escaut). L'hypothèse considérant qu'il n'y a pas de décalage semble donc cohérente et ne crée pas de dérive statistique en aval de la confluence entre la Scarpe et l'Escaut.

Figure 4 : Hydrogramme mono-fréquence au niveau de la confluence Scarpe aval - Escaut

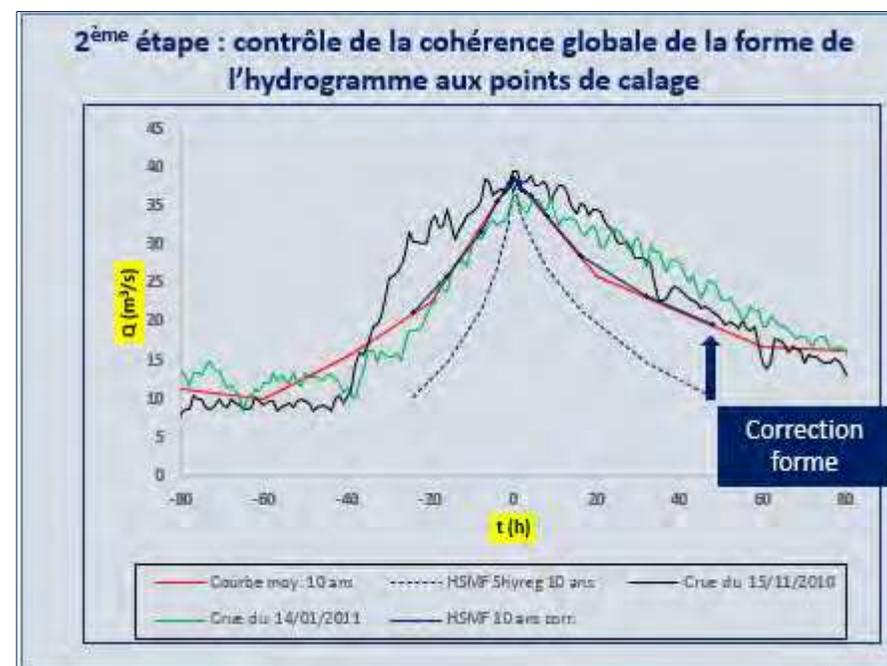
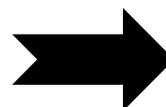
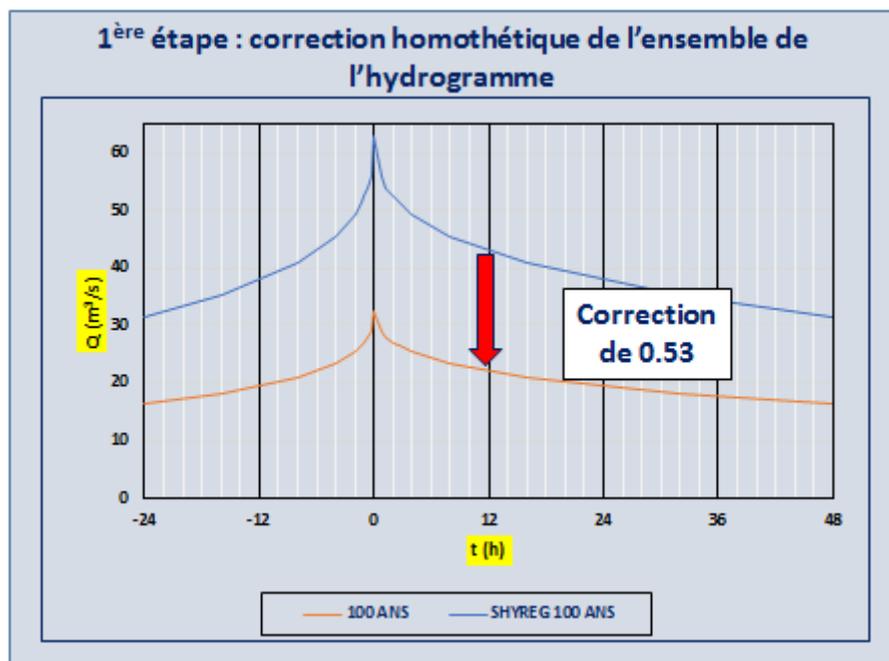


3 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE CRUE

3.1 DEMARCHE PRECONISEE

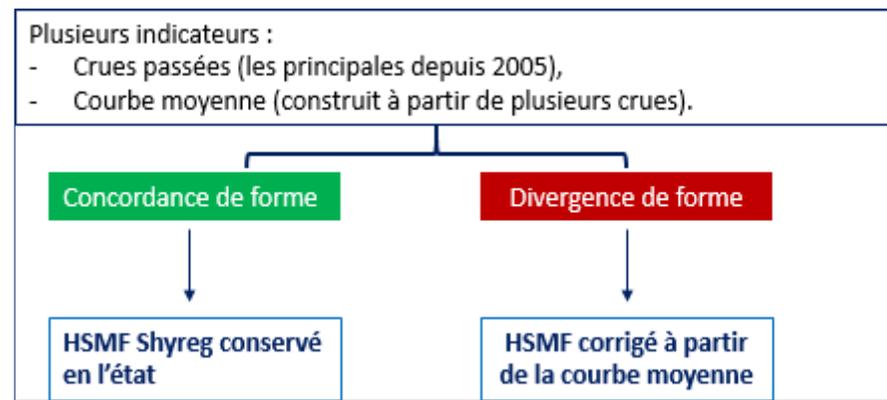
Pour la production des hydrogrammes de crue, nous proposons de travailler en deux temps avec une calibration initiale au niveau de points de calage (stations hydrométriques exploitables) :

- 1^{ère} étape : correction des HSMF Shyreg à partir de la correction sur le débit de pointe (cf. phase 2 et 3),
- 2^{ème} étape : contrôle de la cohérence de la forme des hydrogrammes obtenus à partir des crues enregistrées et de la courbe moyenne des crues (cf. rapport de phase 2). En cas de divergence, les hydrogrammes sont modifiés avec comme référence la courbe moyenne pour l'occurrence décennale.



L'analyse de la cohérence de la forme des hydrogrammes se fait à partir des HSMF Shyreg 10 ans. Si ces derniers nécessitent une correction, cette dernière est réalisée de façon à ce que l'HSMF corrigé rejoigne la courbe moyenne (forme calculée à partir des principales crues).

Cette correction appliquée pour l'occurrence 10 ans, est ensuite appliquée aux HSMF 100 et 1000 ans. Une variante pourrait consister à imposer la courbe moyenne pour toutes les occurrences. Ce choix n'a pas été privilégié afin de conserver la tendance au raidissement des hydrogrammes avec l'augmentation de l'occurrence des crues, mis en exergue par les résultats SHYREG.



3.2 RESULTATS

TRI de Lens et Lille – bassin de la Deûle

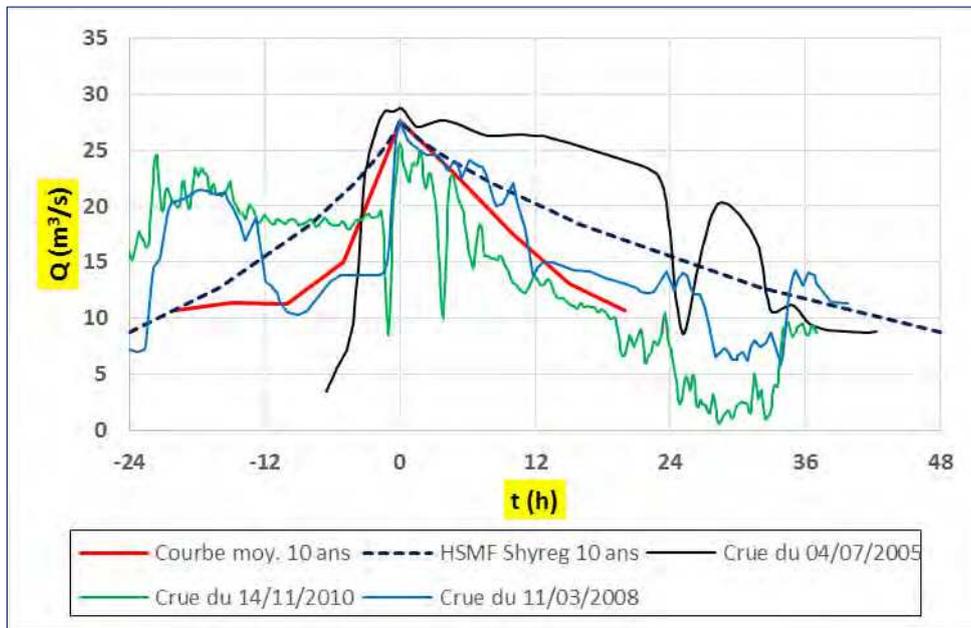


Figure 5 : Station de Don

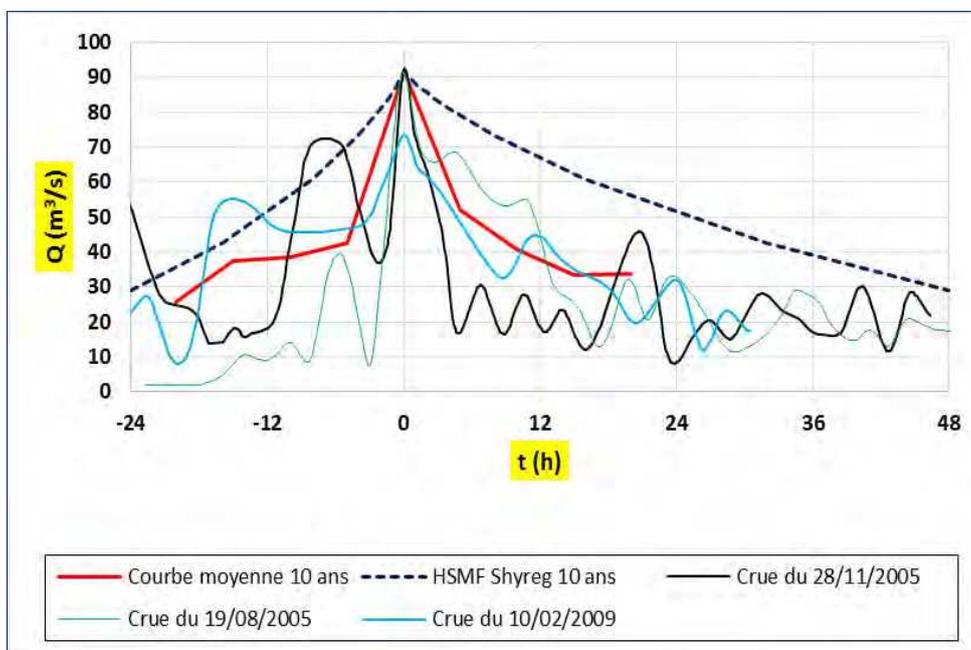


Figure 6 : Station de Wambrechies

Globalement, on se retrouve avec des hydrogrammes qui ont tendance à englober les crues enregistrées (sauf pour la crue de juillet 2005 à la station de Don).

De prime abord, les évènements mesurés à Wambrechies mettent en avant des montées et redescentes rapides des pics de crue, attestant peut-être de volumes de crue moindres que ceux des HSMF.

Toutefois, il est cohérent de conserver ces hydrogrammes à l'issu de la première étape de calcul.



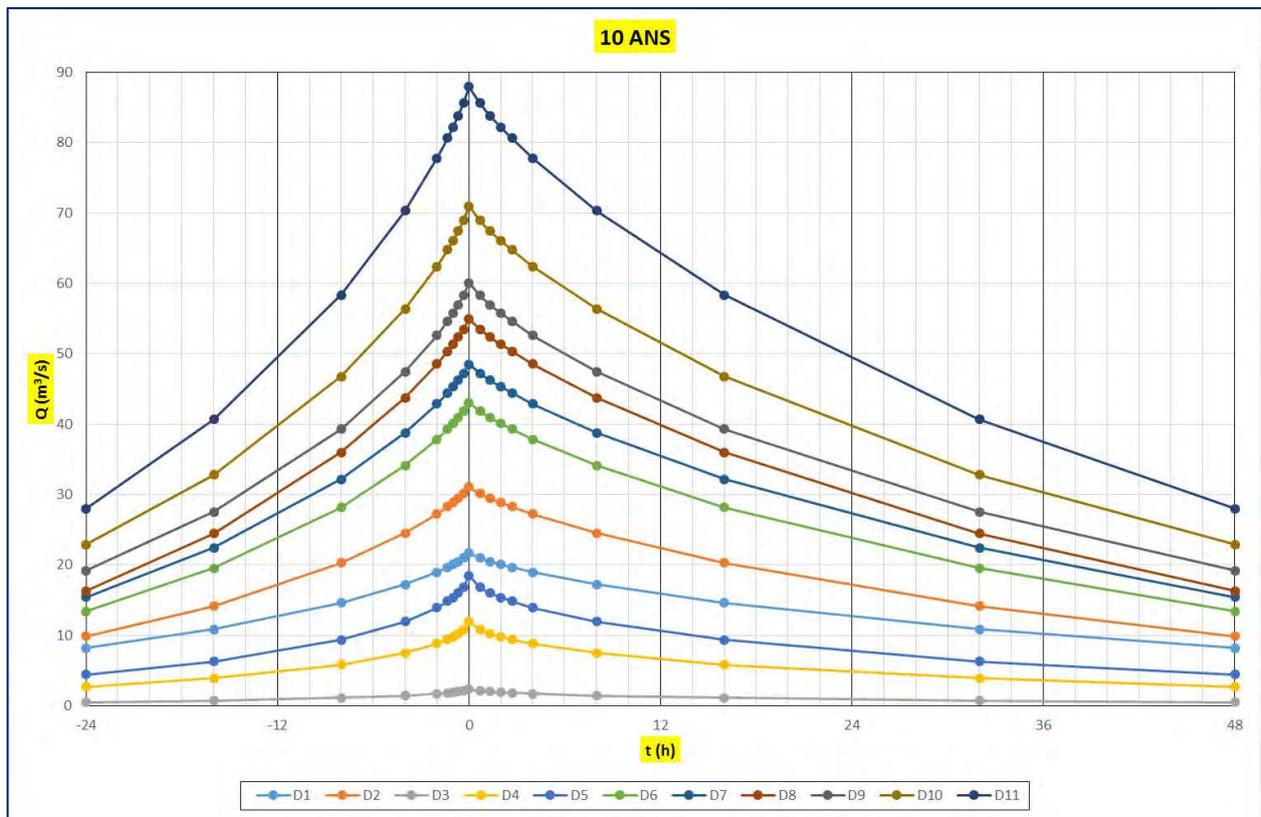


Figure 7 : Hydrogrammes mono-fréquence 10 ans – bassin de la Deûle



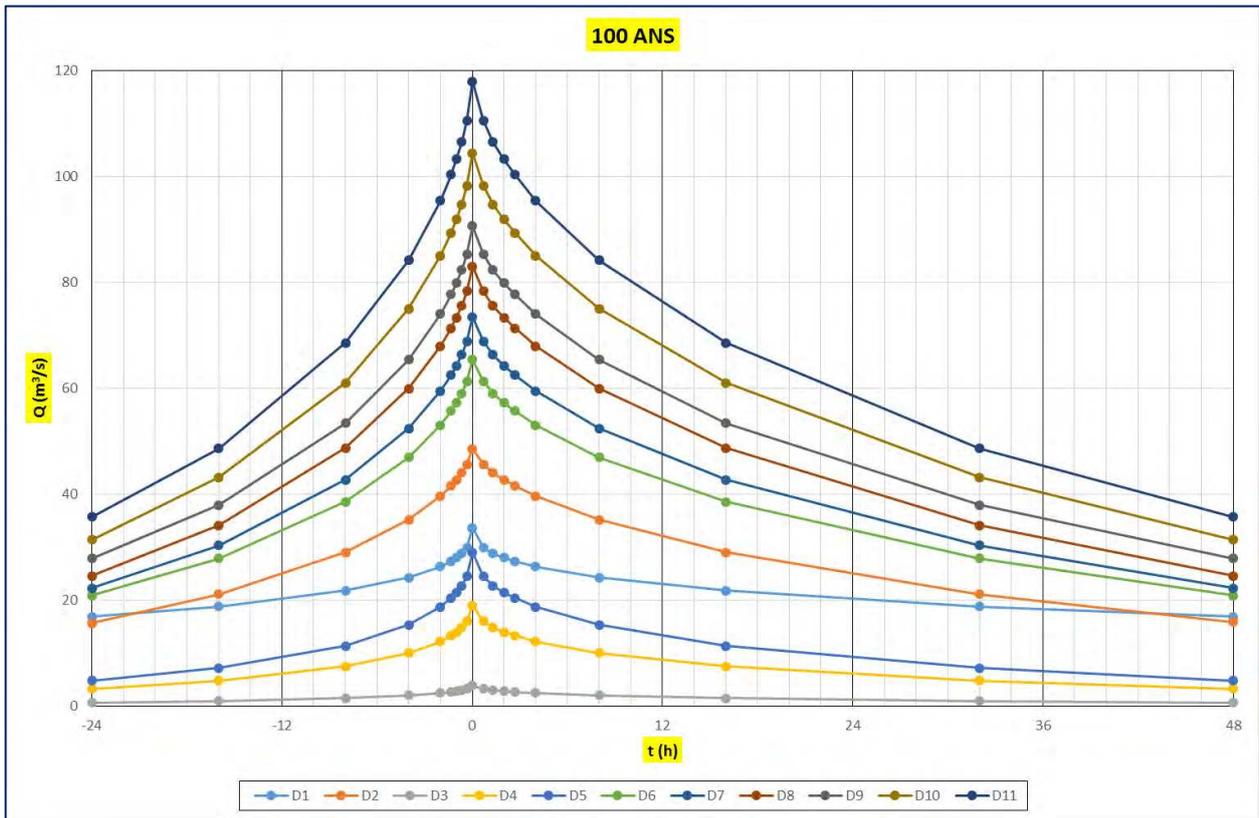


Figure 8 : Hydrogrammes mono-fréquence 100 ans – bassin de la Deûle

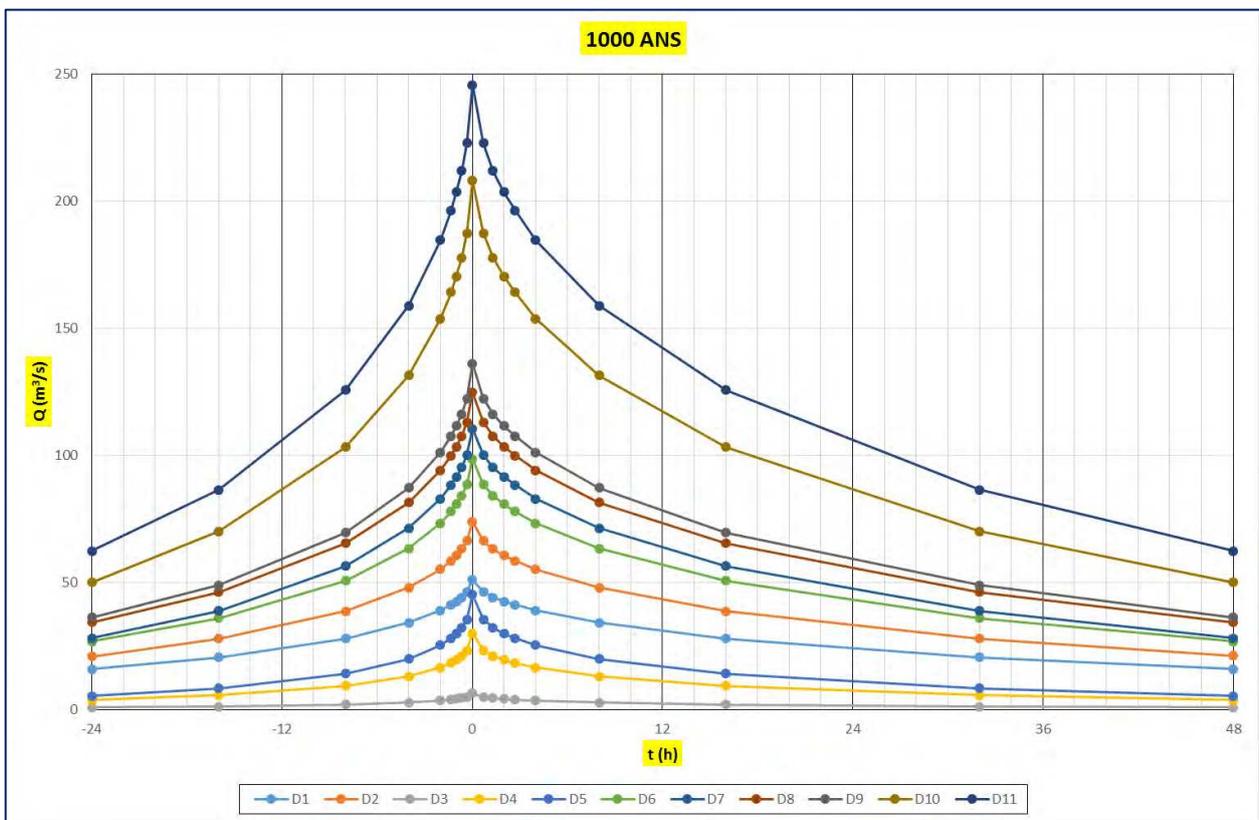


Figure 9 : Hydrogrammes mono-fréquence 1000 ans – bassin de la Deûle



TRI de Lille – bassin de la Lys

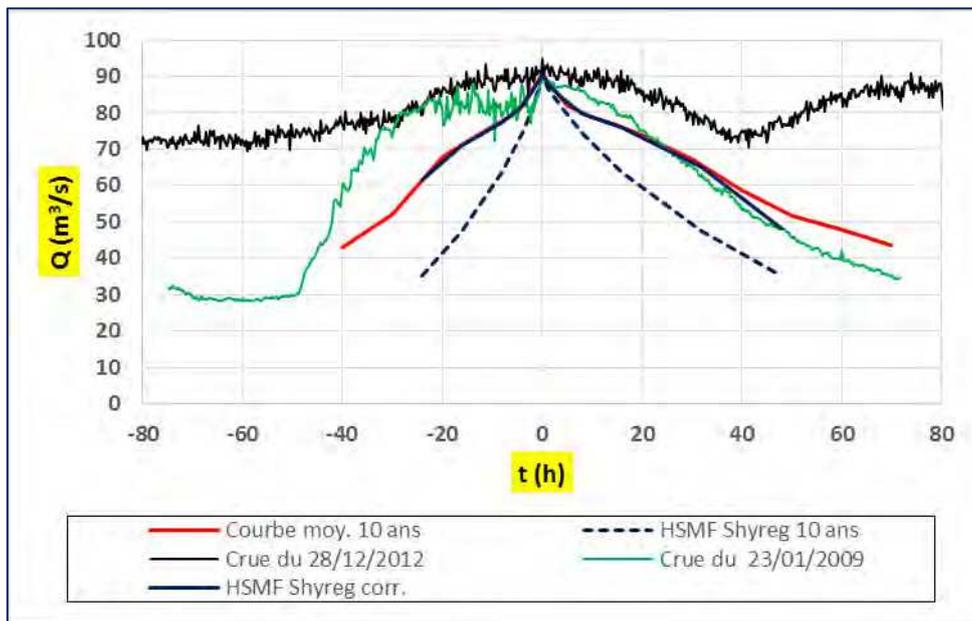


Figure 10 : Station d'Armentières

On constate clairement que l'hydrogramme résultant est beaucoup trop marqué, les crues sur la Lys connaissant plutôt des crues et décrues plus progressives (bassin mis en saturation par des pluies longues).

Il est donc proposé d'affecter une correction complémentaire sur la forme de l'hydrogramme mono-fréquence, pour retranscrire cette dynamique de crue.

Choix a été fait, après l'analyse de la concomitance des crues Deûle-Lys, de conserver une forme pour les crues de la Lys à Armentières calquée sur la crue de décembre 2012.



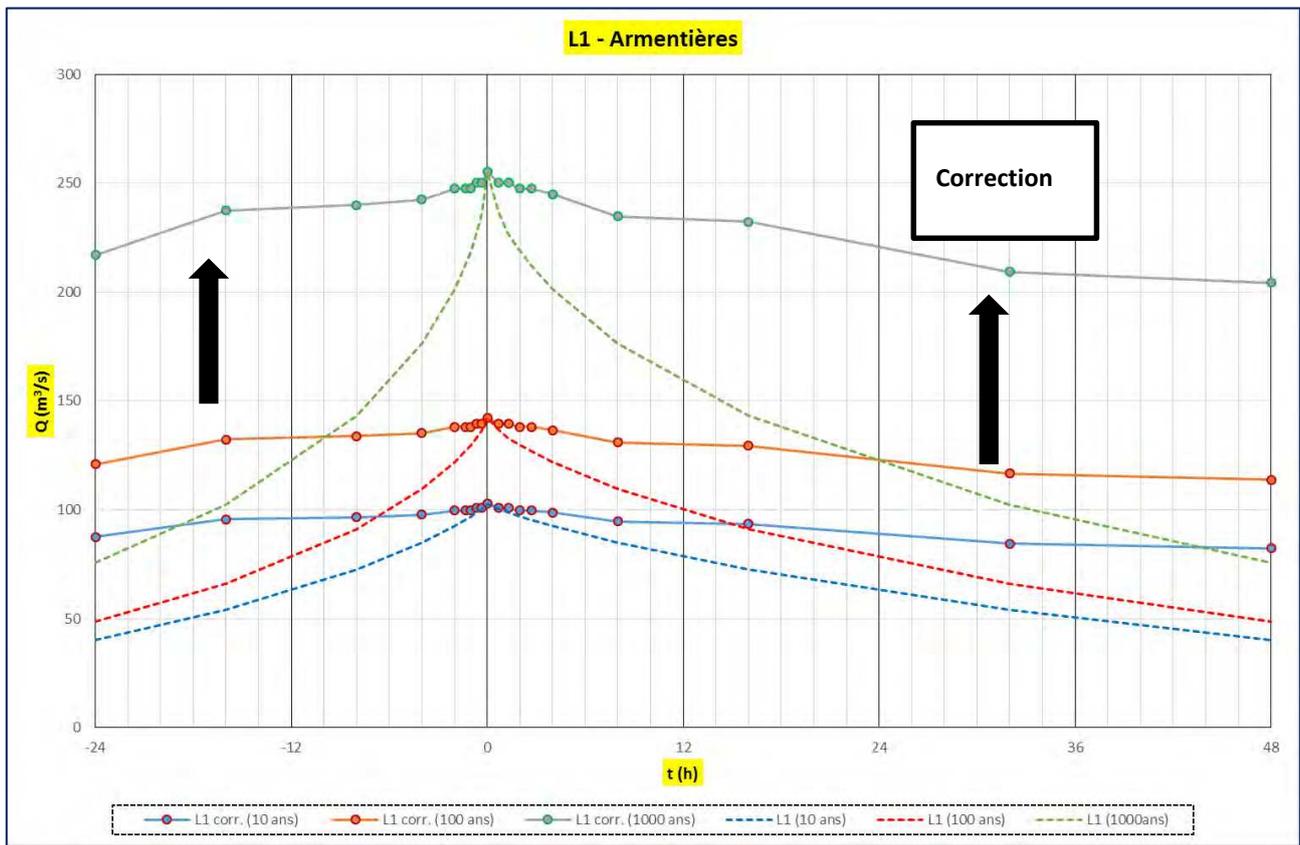


Figure 11 : Hydrogrammes mono-fréquence 10, 100 et 1000 ans à Armentières (avant et après correction de la forme)

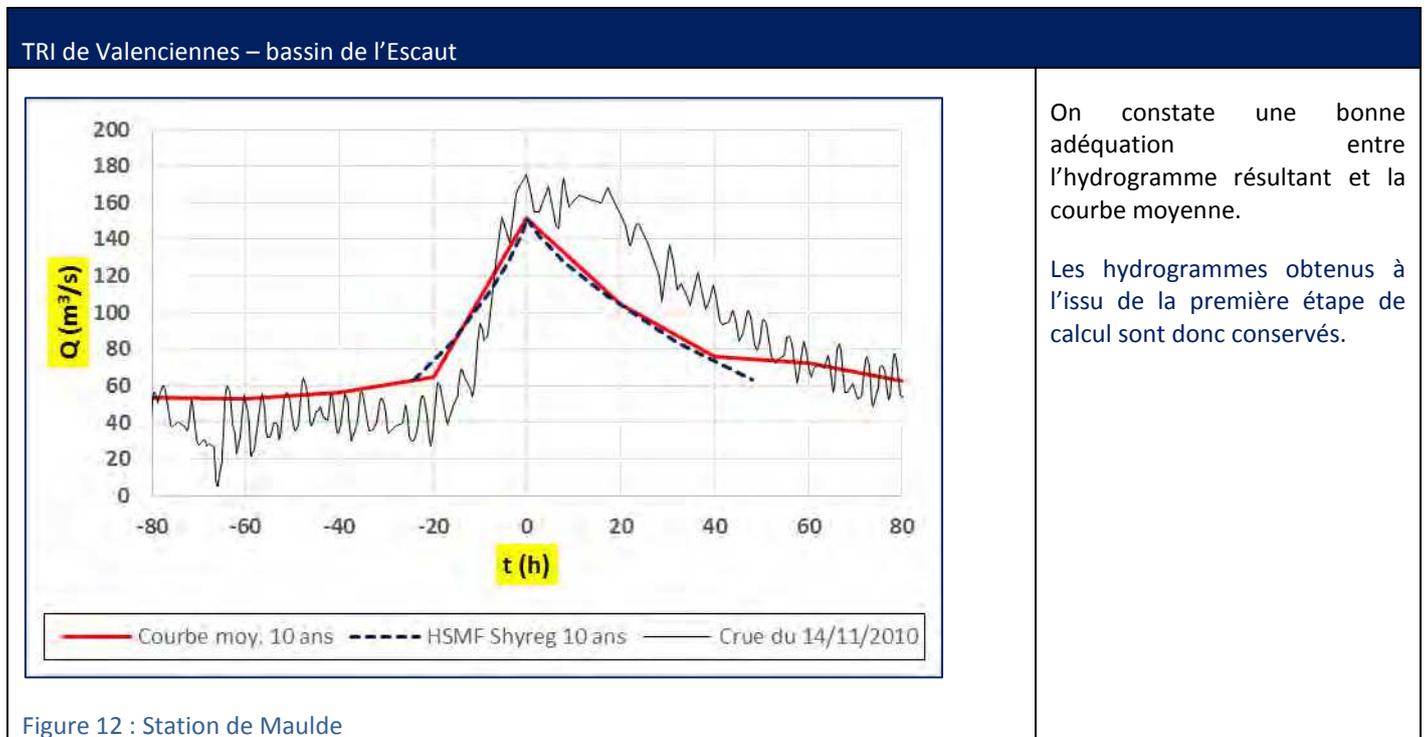


Figure 12 : Station de Maulde



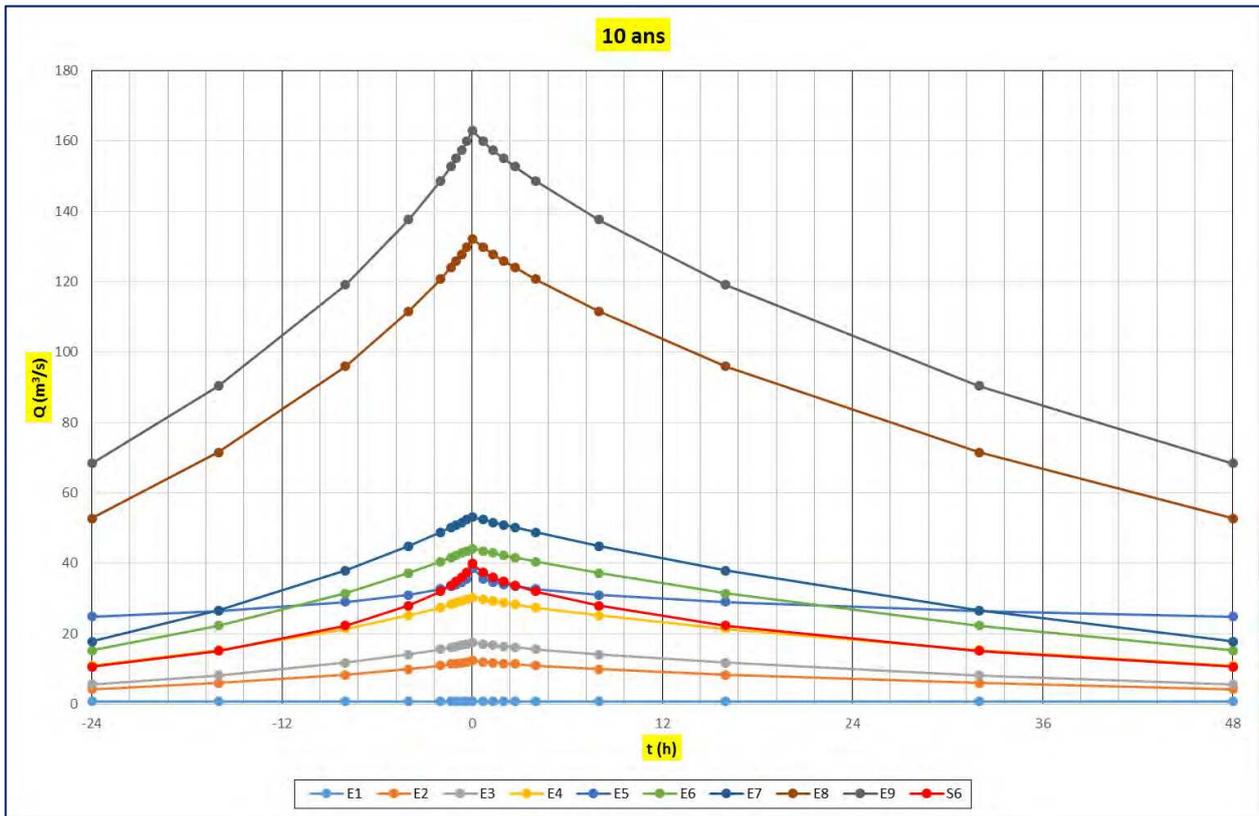


Figure 13 : Hydrogrammes mono-fréquence 10 ans – Escout

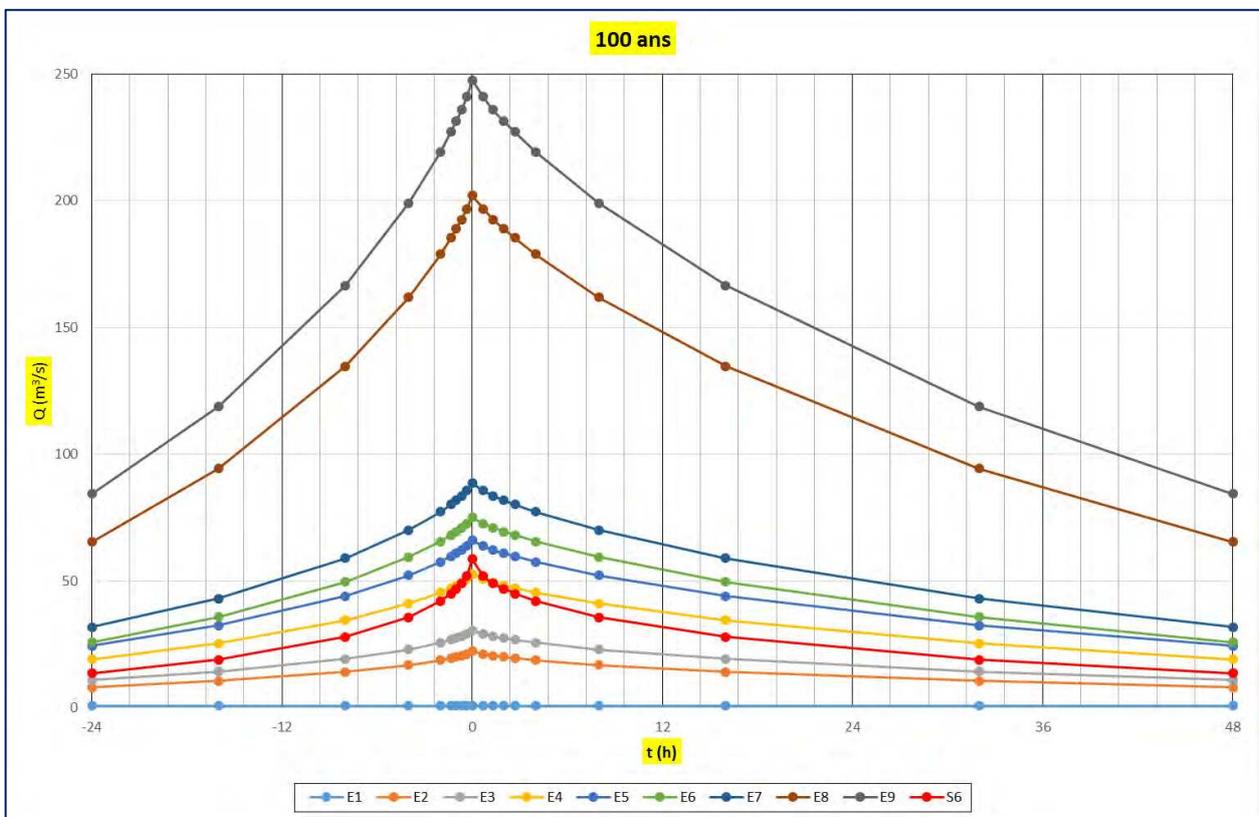


Figure 14 : Hydrogrammes mono-fréquence 100 ans – Escout



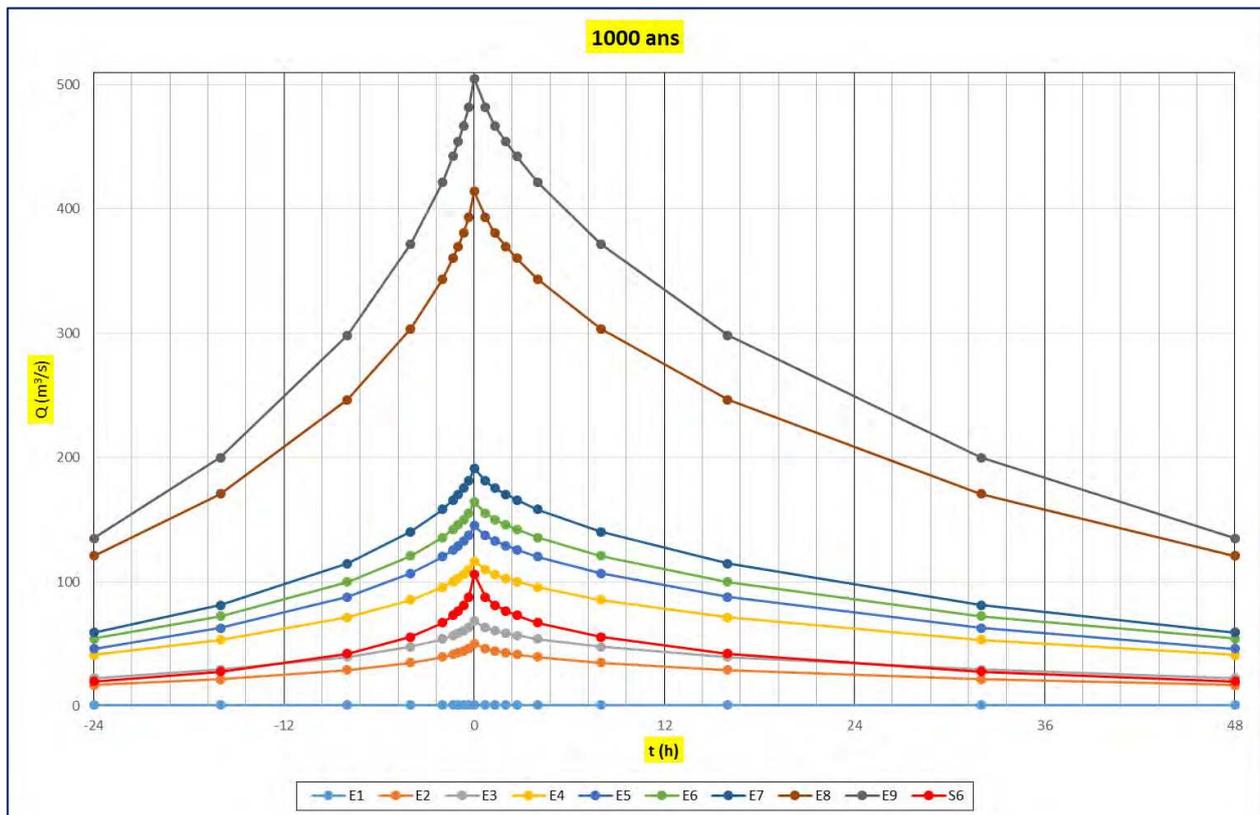


Figure 15 : Hydrogramme mono-fréquence 1000 ans – Escaut

TRI de Douai – bassin de la Scarpe aval

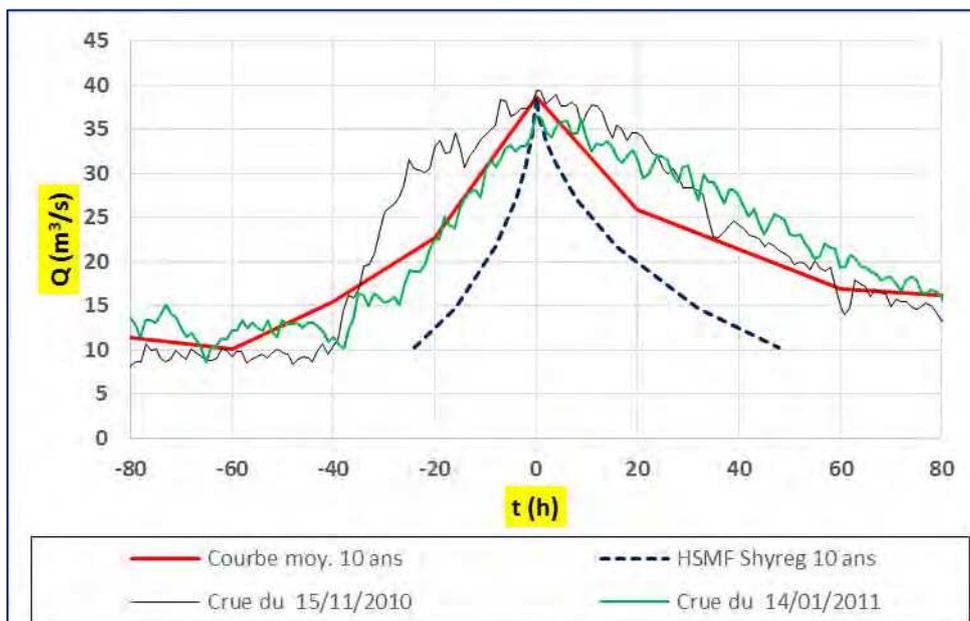


Figure 16 : Station de Mortagne

On constate une mauvaise représentation des crues de la Scarpe aval par l'HSMF résultant, ces dernières apparaissant avec une dynamique de crue moins rapide.

Il est donc proposé d'affecter une correction supplémentaire sur la forme de l'hydrogramme mono-fréquence



Nota :

Pour le secteur de la Scarpe moyenne, la station de Brebières est exploitée afin d'analyser la cohérence des hydrogrammes mono-fréquences. Ces derniers encadrent les principales crues, et sont donc conservés en l'état.

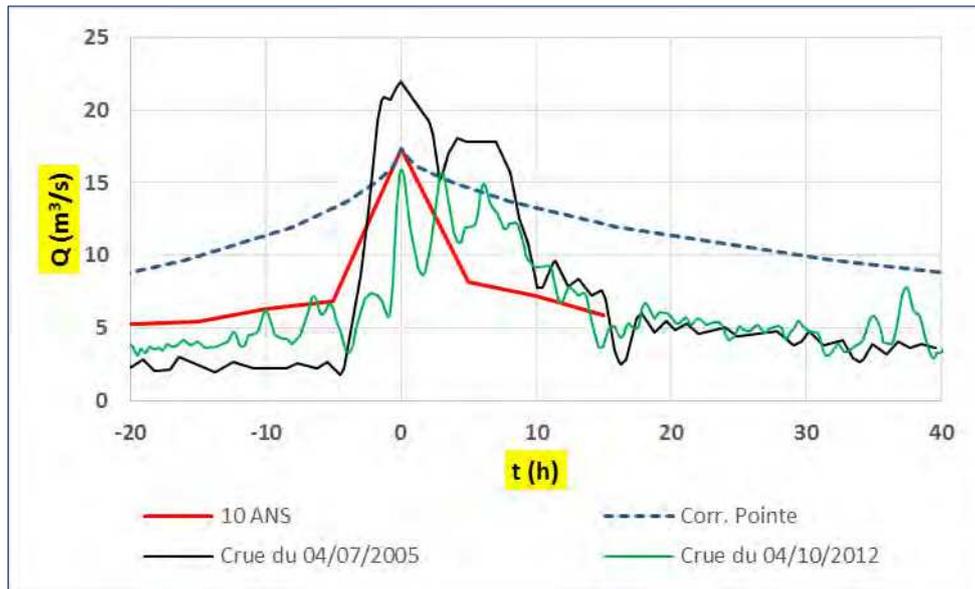


Figure 17 : Station de Brebières sur la Scarpe amont

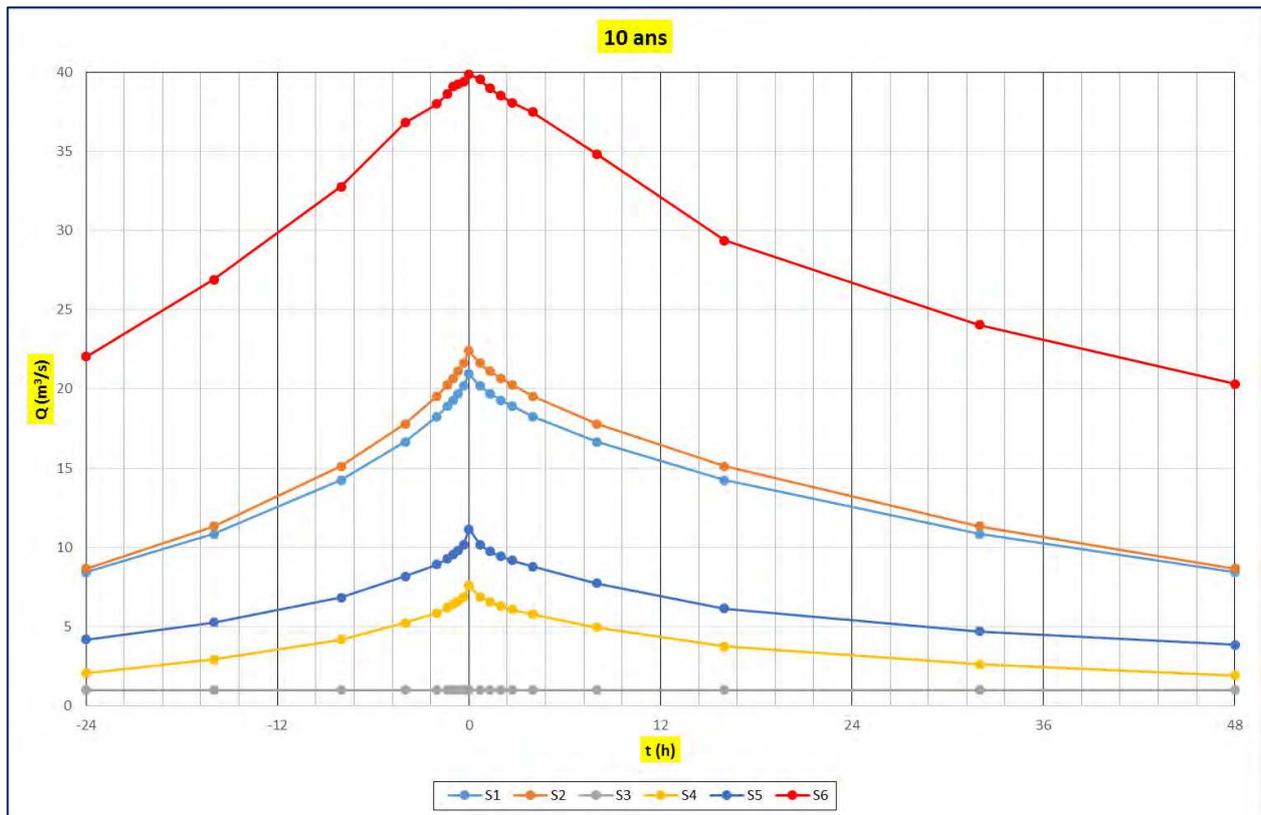


Figure 18 : Hydrogramme mono-fréquence 10 ans – Scarpe aval



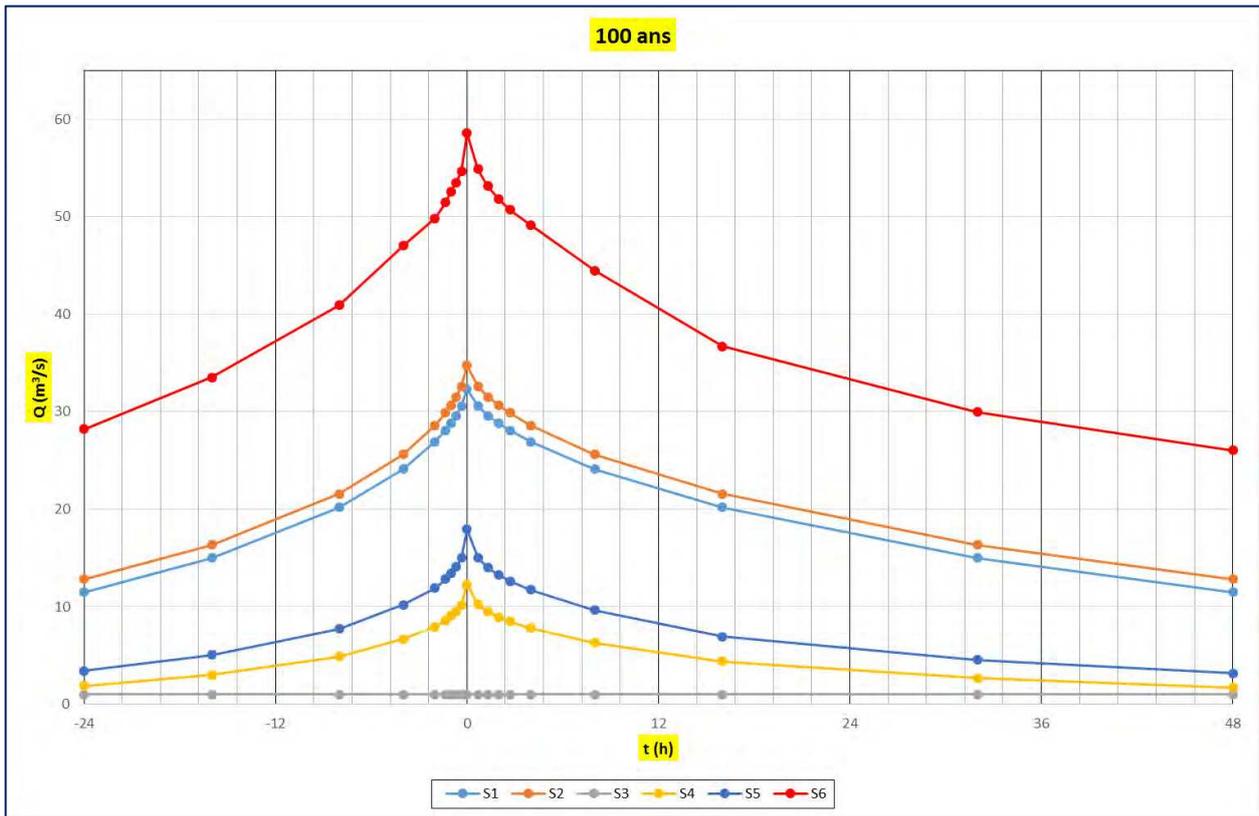


Figure 19 : Hydrogramme mono-fréquence 100 ans – Scarpe aval

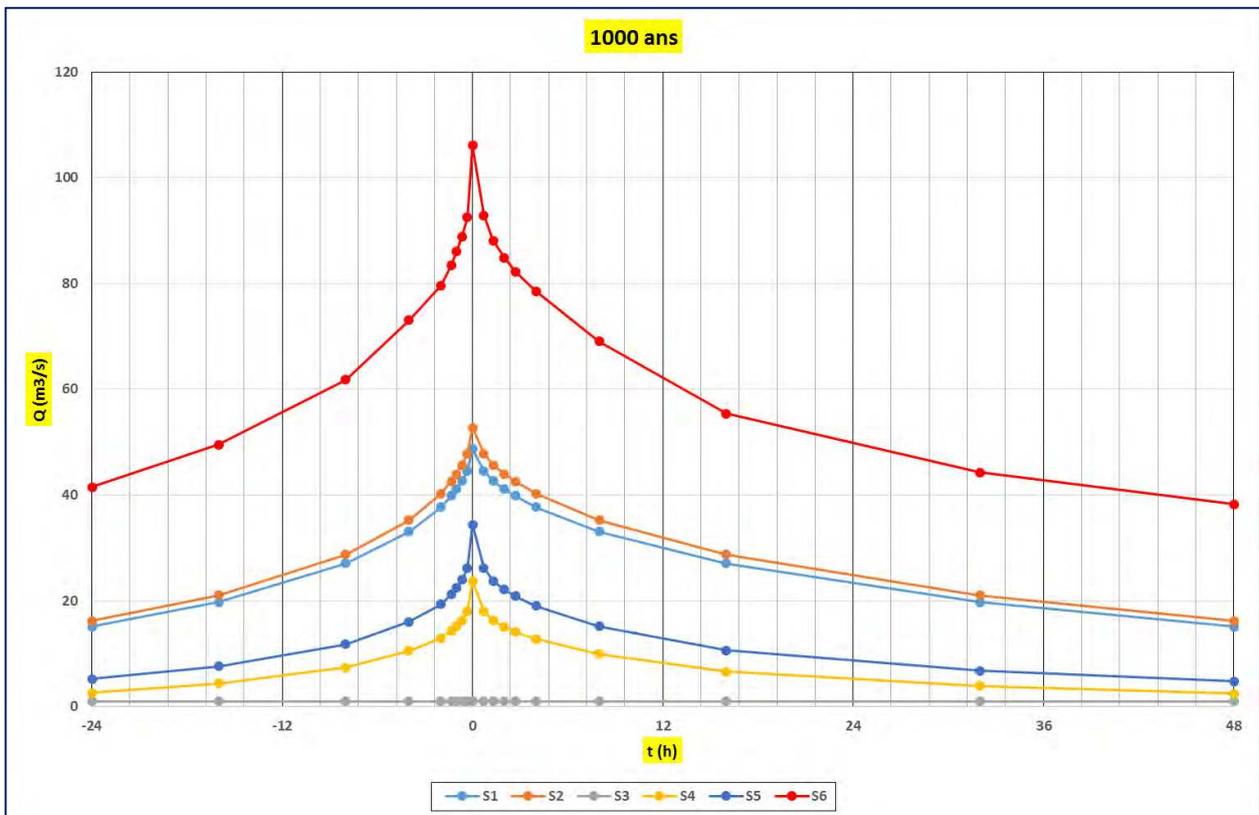


Figure 20 : Hydrogramme mono-fréquence 1000 ans – Scarpe aval

