

Eau
Environnement

Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE



⊕
REGION GRAND EST

ETUDE HYDROLOGIQUE GLOBALE DU BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE

Rapport de mission 1-2 : étiages de référence

Rapport n° : 20F-085-RP-3
Révision n° : C
Date : 17/06/2022

Votre contact :
Olivier BARBET
barbet@isl.fr

Rapport

ISL Ingénierie SAS - PARIS
75 boulevard Mac Donald
75019 - Paris
FRANCE
Tel. : +33.1.55.26.99.99
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

ISL
Ingénierie

Visa

Document verrouillé du 17/06/2022.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	24/02/2022	OBA	OBA	OBA	
B	17/06/2022	OBA	OBA	BSE	Intégration remarques suite COPIL du 13 janvier 2022 Version finale
C	17/06/2022	OBA	OBA	BSE	Version finale

BSE : SEUROT Benjamin

OBA : BARBET Olivier



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	1
1.1	CONTEXTE GENERAL	1
1.2	OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
1.3	PERIMETRE DE L'ETUDE	1
1.4	ORGANISATION DE L'ETUDE	3
1.5	PILOTAGE ET ETAPES DE VALIDATION	3
2	RESUME ET SYNTHESE	5
2.1	METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE	5
2.2	SYNTHESE DES VALEURS PROPOSEES	6
2.2.1	DEBITS MOYENS INTERANNUELS – MODULES	6
2.2.2	DEBIT MOYEN MENSUEL D'ETIAGE – QMNA	9
2.2.3	DEBIT D'ETIAGE DE 10 JOURS CONSECUTIFS – VCN10	12
2.2.4	DEBIT D'ETIAGE DE 3 JOURS CONSECUTIFS – VCN3	15
3	METHODOLOGIE	18
3.1	ESTIMATION DES DEBITS MOYENS ET DES DEBITS D'ETIAGE – PREAMBULE	18
3.2	ECHANTILLONNAGE DES DEBITS MOYENS ET D'ETIAGE	18
3.2.1	CHRONIQUES DE DEBITS OBSERVES	18
3.2.1.1	Constitution de l'échantillon	18
3.2.1.2	Limites	19
3.2.2	CHRONIQUES DE DEBITS RECONSTITUES	19
3.2.2.1	Constitution de l'échantillon	19
3.2.2.2	Limites	19
3.3	ANALYSE STATISTIQUE DES SERIES DES DEBITS JOURNALIERS	20
3.3.1	FREQUENCE EMPIRIQUE	20
3.3.2	LOIS D'AJUSTEMENTS	20
3.3.2.1	Loi normale ou loi de Gauss	20
3.3.2.2	Loi log-normale ou loi de Galton	21
3.4	MODELISATION PLUIE-DEBIT	21
3.4.1	PRESENTATION DU LOGICIEL GESRES _{ISL}	21

3.4.2	PRESENTATION DU MODELE GR4J	22
3.4.3	PRISE EN COMPTE DE LA NEIGE – MODULE CEMANEIGE	24
3.4.4	CRITERES DE QUALITE	25
4	CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE	26
4.1	CONSTRUCTION DU MODELE HYDROLOGIQUE	26
4.2	CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE	26
4.2.1	PERIODE D'ANALYSE	26
4.2.2	INTEGRATION DES DONNEES RELATIVES AUX PRELEVEMENTS	27
4.2.2.1	Répartition mensuelle des prélèvements	27
4.2.2.2	Prélèvements intégrés dans la modélisation	27
4.2.3	RESULTATS DU CALAGE	28
5	ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS OBSERVES	30
5.1	MOSELLE AMONT	30
5.1.1	POINTS DE CALCUL	30
5.1.2	MODULES INTER-ANNUELS	30
5.1.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	32
5.1.3.1	QMNA	32
5.1.3.2	VCN10	33
5.1.3.3	VCN3	34
5.2	MEURTHE ET SES AFFLUENTS	35
5.2.1	POINTS DE CALCUL	35
5.2.2	MODULES INTER-ANNUELS	35
5.2.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	36
5.2.3.1	QMNA	36
5.2.3.2	VCN10	38
5.2.3.3	VCN3	39
5.3	MOSELLE AVAL	41
5.3.1	POINTS DE CALCUL	41
5.3.2	MODULES INTER-ANNUELS	41
5.3.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	42
5.3.3.1	QMNA	42
5.3.3.2	VCN10	44
5.3.3.3	VCN3	45
5.4	SEILLE	47

5.4.1	POINTS DE CALCUL _____	47
5.4.2	MODULES INTER-ANNUELS _____	47
5.4.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	49
5.4.3.1	QMNA _____	49
5.4.3.2	VCN10 _____	50
5.4.3.3	VCN3 _____	51
5.5	ORNE ET SES AFFLUENTS _____	52
5.5.1	POINTS DE CALCUL _____	52
5.5.2	MODULES INTER-ANNUELS _____	52
5.5.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	54
5.5.3.1	QMNA _____	54
5.5.3.2	VCN10 _____	56
5.5.3.3	VCN3 _____	57
5.6	FENSCH _____	59
5.6.1	POINTS DE CALCUL _____	59
5.6.2	MODULES INTER-ANNUELS _____	59
5.6.3	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	60
6	ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS « NATURELS » RECONSTITUES _____	61
6.1	MISE EN ŒUVRE _____	61
6.2	MOSELLE AMONT _____	62
6.2.1	MODULES INTER-ANNUELS _____	62
6.2.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	63
6.2.2.1	QMNA _____	63
6.2.2.2	VCN10 _____	64
6.2.2.3	VCN3 _____	65
6.3	MEURTHE ET SES AFFLUENTS _____	66
6.3.1	MODULES INTER-ANNUELS _____	66
6.3.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	67
6.3.2.1	QMNA _____	67
6.3.2.2	VCN10 _____	68
6.3.2.3	VCN3 _____	69
6.4	MOSELLE AVAL _____	70
6.4.1	MODULES INTER-ANNUELS _____	70
6.4.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES _____	71

6.4.2.1	QMNA	71
6.4.2.2	VCN10	72
6.4.2.3	VCN3	73
6.5	SEILLE	74
6.5.1	MODULES INTER-ANNUELS	74
6.5.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	75
6.5.2.1	QMNA	75
6.5.2.2	VCN10	76
6.5.2.3	VCN3	77
6.6	ORNE ET SES AFFLUENTS	78
6.6.1	MODULES INTER-ANNUELS	78
6.6.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	79
6.6.2.1	QMNA	79
6.6.2.2	VCN10	81
6.6.2.3	VCN3	82
6.7	FENSCH	84
6.7.1	MODULES INTER-ANNUELS	84
6.7.2	DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES	84
7	BIBLIOGRAPHIE	85

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 FICHES DE CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE

ANNEXE 2 INTEGRATION DES PRELEVEMENTS DANS LE MODELE HYDROLOGIQUE

ANNEXE 3 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – MODULE

ANNEXE 4 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – QMNA

ANNEXE 5 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – VCN10

ANNEXE 6 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – VCN3

TABLE DES FIGURES

Figure 3-1 : schéma de base d'un modèle GESRES _{ISL} .	22
Figure 3-2 : schéma du modèle hydrologique GR4J.	23
Figure 3-3 : illustration des paramètres entrés pour la modélisation de la neige.	24
Figure 4-1 : schématisation du modèle hydrologique.	26
Figure 5-1 : module sur la Moselle amont.	31
Figure 5-2 : QMNA sur la Moselle amont.	32
Figure 5-3 : VCN10 sur la Moselle amont.	33
Figure 5-4 : VCN3 sur la Moselle amont.	34
Figure 5-5 : module sur la Meurthe.	36
Figure 5-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.	37
Figure 5-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.	38
Figure 5-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.	39
Figure 5-9 : module sur la Moselle aval.	42
Figure 5-10 : QMNA sur la Moselle aval.	43
Figure 5-11 : VCN10 sur la Moselle aval.	44
Figure 5-12 : VCN3 sur la Moselle aval.	45
Figure 5-13 : module sur la Seille.	48
Figure 5-14 : QMNA sur la Seille.	49
Figure 5-15 : VCN10 sur la Seille.	50
Figure 5-16 : VCN3 sur la Seille.	51
Figure 5-17 : module sur l'Orne.	53
Figure 5-18 : QMNA sur l'Orne.	54
Figure 5-19 : VCN10 sur l'Orne.	56
Figure 5-20 : VCN3 sur l'Orne.	57
Figure 6-1 : module sur la Moselle amont.	62
Figure 6-2 : QMNA sur la Moselle amont.	63
Figure 6-3 : VCN10 sur la Moselle amont.	64
Figure 6-4 : VCN3 sur la Moselle amont.	65
Figure 6-5 : module sur la Meurthe.	66
Figure 6-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.	67
Figure 6-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.	68
Figure 6-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.	69
Figure 6-9 : module sur la Moselle aval.	70
Figure 6-10 : QMNA sur la Moselle aval.	71
Figure 6-11 : VCN10 sur la Moselle aval.	72

Figure 6-12 : VCN3 sur la Moselle aval.	73
Figure 6-13 : module sur la Seille.	74
Figure 6-14 : QMNA sur la Seille.	75
Figure 6-15 : VCN10 sur la Seille.	76
Figure 6-16 : VCN3 sur la Seille.	77
Figure 6-17 : module sur l'Orne.	78
Figure 6-18 : QMNA sur l'Orne.	79
Figure 6-19 : VCN10 sur l'Orne.	81
Figure 6-20 : VCN3 sur l'Orne.	82

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : liste des points de calcul des débits.	2
Tableau 2-1 : module sur la Moselle amont.....	6
Tableau 2-2 : module sur la Meurthe et ses affluents.	6
Tableau 2-3 : Module sur la Moselle aval.	7
Tableau 2-4 : module sur la Seille.	7
Tableau 2-5 : module sur l'Orne.	7
Tableau 2-6 : module sur les affluents de l'Orne.	8
Tableau 2-7 : module sur la Fensch.	8
Tableau 2-8 : QMNA sur la Moselle amont.....	9
Tableau 2-9 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.	9
Tableau 2-10 : QMNA sur la Moselle aval.	9
Tableau 2-11 : QMNA sur la Seille.	10
Tableau 2-12 : QMNA sur l'Orne.	10
Tableau 2-13 : QMNA sur les affluents de l'Orne.	10
Tableau 2-14 : QMNA sur la Fensch.	11
Tableau 2-15 : VCN10 sur la Moselle amont.	12
Tableau 2-16 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.	12
Tableau 2-17 : VCN10 sur la Moselle aval.	12
Tableau 2-18 : VCN10 sur la Seille.	13
Tableau 2-19 : VCN10 sur l'Orne.	13
Tableau 2-20 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.	13
Tableau 2-21 : VCN10 sur la Fensch.	14
Tableau 2-22 : VCN3 sur la Moselle amont.....	15

Tableau 2-23 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.	15
Tableau 2-24 : VCN3 sur la Moselle aval.	15
Tableau 2-25 : VCN3 sur la Seille.	16
Tableau 2-26 : VCN3 sur l'Orne.	16
Tableau 2-27 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.	16
Tableau 2-28 : débits caractéristiques VCN3 sur la Fensch.	17
Tableau 4-1 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour l'alimentation en eau potable (source : [2]).	27
Tableau 4-2 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements industriels (source : [2]).	27
Tableau 4-3 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour le refroidissement des centrales de production d'énergie (source : [2]).	27
Tableau 4-4 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour l'alimentation des canaux.	27
Tableau 4-5 : critères de qualité du calage du modèle hydrologique.	29
Tableau 5-1 : points de calcul des débits sur la Moselle amont.	30
Tableau 5-2 : stations hydrométriques sur le cours principal de la Moselle amont.	30
Tableau 5-3 : module sur la Moselle amont.	31
Tableau 5-4 : QMNA sur la Moselle amont.	32
Tableau 5-5 : VCN10 sur la Moselle amont.	33
Tableau 5-6 : VCN3 sur la Moselle amont.	34
Tableau 5-7 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Meurthe.	35
Tableau 5-8 : stations hydrométriques sur la Meurthe et ses affluents.	35
Tableau 5-9 : module sur la Meurthe et ses affluents.	36
Tableau 5-10 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.	37
Tableau 5-11 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.	37
Tableau 5-12 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.	38
Tableau 5-13 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.	39
Tableau 5-14 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.	40
Tableau 5-15 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.	40
Tableau 5-16 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Moselle aval.	41
Tableau 5-17 : stations hydrométriques sur la Moselle aval.	41
Tableau 5-18 : Module sur la Moselle aval.	42
Tableau 5-19 : QMNA sur la Moselle aval – avant 1993.	43
Tableau 5-20 : QMNA sur la Moselle aval – après 1993.	43
Tableau 5-21 : VCN10 sur la Moselle aval – avant 1993.	44
Tableau 5-22 : VCN10 sur la Moselle aval – après 1993.	45
Tableau 5-23 : VCN3 sur la Moselle aval – avant 1993.	46

Tableau 5-24 : VCN3 sur la Moselle aval – après 1993.....	46
Tableau 5-25 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Meurthe.	47
Tableau 5-26 : stations hydrométriques sur le bassin versant de la Seille.....	47
Tableau 5-27 : module sur la Seille.....	48
Tableau 5-28 : QMNA sur la Seille.....	49
Tableau 5-29 : VCN10 sur la Seille.....	50
Tableau 5-30 : VCN3 sur la Seille.....	51
Tableau 5-31 : points de calcul des débits sur le bassin versant de l'Orne.....	52
Tableau 5-32 : stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Orne.....	52
Tableau 5-33 : module sur l'Orne.....	53
Tableau 5-34 : module sur les affluents de l'Orne.	54
Tableau 5-35 : QMNA sur l'Orne.....	55
Tableau 5-36 : QMNA sur les affluents de l'Orne.	55
Tableau 5-37 : VCN10 sur l'Orne.....	56
Tableau 5-38 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.	57
Tableau 5-39 : VCN3 sur l'Orne.....	58
Tableau 5-40 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.	58
Tableau 5-41 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Fensch.....	59
Tableau 5-42 : stations hydrométriques sur le bassin versant de la Fensch.....	59
Tableau 5-43 : module sur la Fensch.....	59
Tableau 5-44 : débits caractéristiques d'étiages sur la Fensch.	60
Tableau 6-1 : module sur la Moselle amont.....	62
Tableau 6-2 : QMNA sur la Moselle amont.....	63
Tableau 6-3 : VCN10 sur la Moselle amont.....	64
Tableau 6-4 : VCN3 sur la Moselle amont.....	65
Tableau 6-5 : module sur la Meurthe et ses affluents.....	66
Tableau 6-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.....	67
Tableau 6-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.....	68
Tableau 6-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.....	69
Tableau 6-9 : Module sur la Moselle aval.....	70
Tableau 6-10 : QMNA sur la Moselle aval.....	71
Tableau 6-11 : VCN10 sur la Moselle aval.....	72
Tableau 6-12 : VCN3 sur la Moselle aval.....	73
Tableau 6-13 : module sur la Seille.....	74
Tableau 6-14 : QMNA sur la Seille.....	75
Tableau 6-15 : VCN10 sur la Seille.....	76

Tableau 6-16 : VCN3 sur la Seille.	77
Tableau 6-17 : module sur l'Orne.	78
Tableau 6-18 : module sur les affluents de l'Orne.	79
Tableau 6-19 : QMNA sur l'Orne.	80
Tableau 6-20 : QMNA sur les affluents de l'Orne.	80
Tableau 6-21 : VCN10 sur l'Orne.	81
Tableau 6-22 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.	82
Tableau 6-23 : VCN3 sur l'Orne.	83
Tableau 6-24 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.	83
Tableau 6-25 : module sur la Fensch.	84
Tableau 6-26 : débits caractéristiques d'étiages sur la Fensch.	84

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GENERAL

Le bassin versant de la Moselle couvre un bassin versant d'environ 28 000 km² réparti sur les territoires français (pour sa partie amont), luxembourgeois et allemands où elle conflue avec le Rhin à Coblenz (Koblenz).

Sa source est située dans les Vosges sur les hauteurs de Bussang.

Le bassin versant subit régulièrement des « crises hydrologiques », crues et étiages. Les crues sont susceptibles d'impacter un total d'environ 69 000 habitants et 42 000 emplois répartis sur les 5 territoires à risque important d'inondation (TRI). Les périodes d'étiages prononcées peuvent altérer la ressource en eau (quantitativement et qualitativement) et impacter les activités économiques sur le bassin.

De nombreuses démarches d'études et de programmes d'actions portées par différents maîtres d'ouvrage sont en cours sur le bassin versant. Dans un souci de cohérence, la Région Grand Est (au titre de sa compétence animation-concertation dans le domaine de la ressource en eau) et la DREAL ont initié depuis 2019 une démarche afin de mutualiser les projets et sujets à l'échelle du bassin versant de la Moselle française.

Le premier sujet mis en commun fait l'objet de la présente consultation : il s'agit de l'étude du fonctionnement hydrologique global du bassin versant de la Moselle. Cette étude constitue l'action 1.5 du PAPI d'intention du bassin versant de la Moselle aval porté par le Syndicat Mixte Moselle Aval.

1.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE

La présente étude a pour objet de préciser le fonctionnement hydrologique global du bassin versant de la Moselle française.

Il s'agit :

- De synthétiser les données hydrologiques existantes en période de crue et en période d'étiage, sur les événements historiques ;
- D'actualiser et/ou déterminer un ensemble de débits caractéristiques en période de crue et en période d'étiage, actuelles et futures.

La présente étude a vocation à fournir les débits de référence, aussi bien en crues et en étiages, à l'échelle du bassin français de la Moselle pour alimenter de futures études (études hydrauliques, locales, globales, disponibilité des ressources en eau, ...).

1.3 PERIMETRE DE L'ETUDE

Le périmètre d'étude se limite au bassin versant français de la Moselle, couvrant une superficie d'environ 11 500 km². Le bassin versant français de la Sarre, principal affluent de la Moselle, ne fait pas partie du périmètre de l'étude.

La détermination des débits de référence est menée en 38 points de calcul pour les crues et en 19 points de calcul pour les étiages. Ces points de calcul sont répertoriés dans le Tableau 1-1 :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
1	L'Ingressin à Toul	Moselle amont	X	
2	L'Euron à Lorey	Moselle amont	X	
3	Le Terrouin à Villey-Saint-Etienne	Moselle amont	X	
4	Le Durbion à Châtel-sur-Moselle	Moselle amont	X	
5	La Vologne à Jarménil	Moselle amont	X	
6	La Moselotte à Saint-Etienne-lès-Remiremont	Moselle amont	X	
7	La Moselle à Remiremont	Moselle amont	X	X
8	La Moselle à Epinal	Moselle amont	X	X
9	La Moselle à Pont-Saint-Vincent	Moselle amont	X	
10	Le Madon à Pont-Saint-Vincent	Moselle amont	X	
11	La Meurthe à Saint-Dié-des-Vosges	Meurthe	X	X
12	La Meurthe à Raon-l'Etape	Meurthe	X	
13	La Plaine à Raon-l'Etape	Meurthe	X	
14	La Meurthe à Lunéville	Meurthe	X	
15	La Vezouze à Lunéville	Meurthe	X	X
16	Le Sânon à Dombasle-sur-Meurthe	Meurthe	X	
17	La Meurthe à Laneuveville-devant-Nancy	Meurthe	X	X
18	La Moselle à Custines	Moselle amont	X	X
19	Le Rupt de Mad à Arnaville	Moselle aval	X	
20	La Seille à Metz	Moselle aval	X	X
21	L'Orne à Moyeuvre-Grande	Moselle aval	X	X
22	L'Orne à son exutoire	Moselle aval	X	X
23	L'Orne à Jarny (amont confluence Yron)	Moselle aval	X	X
24	La Moselle à Metz	Moselle aval	X	
25	La Moselle à Uckange	Moselle aval	X	X
26	La Moselle à Apach	Moselle aval	X	
27	Le ruisseau d'Olima (ruisseau de Gandrupt)	Moselle amont	X	
28	La Meurthe à Damelevières	Meurthe	X	X
29	La Moselle à Toul	Moselle amont	X	X
30	Le ruisseau d'Esch à Pont-à-Mousson	Moselle aval	X	
31	La Moselle en amont de Pont-à-Mousson	Moselle aval	X	X
32	La Petite Seille	Moselle aval	X	
33	La Seille à Salonnnes (amont Petite Seille)	Moselle aval	X	X
34	La Seille à Nomeny	Moselle aval	X	
35	Le Woigot	Moselle aval	X	X
36	Le Longeau	Moselle aval	X	X
37	L'Yron	Moselle aval	X	X
38	La Fensch à Knutange	Moselle aval	X	X

Tableau 1-1 : liste des points de calcul des débits.

1.4 ORGANISATION DE L'ETUDE

L'étude comporte 3 missions. La mission 1 est organisée en deux étapes :

- Mission 1-1 : Synthèse des études et données existantes ;
- Mission 1-2 : Détermination des débits de références.

Le présent rapport traite de la mission 1-2 de l'étude pour la partie débits moyens et débits d'étiages. Il comprend les chapitres suivants :

- Chapitre 2 : Résumé et synthèse ;
- Chapitre 3 : Méthodologie ;
- Chapitre 4 : Calage du modèle hydrologique ;
- Chapitre 5 : Analyse des chroniques de débits observés
- Chapitre 6 : Analyse des chroniques de débits « naturels » reconstitués ;

1.5 PILOTAGE ET ETAPES DE VALIDATION

L'étude hydrologique du bassin versant de la Moselle a été suivie par un comité de pilotage (COPIL) en charge de valider les grandes étapes de la mission, ainsi que par un comité technique (COTECH) en charge du suivi de l'étude et de la préparation des réunions du COPIL.

Le COPIL, co-présidé par le Président de la Région Grand-Est ou son représentant et par le Président du Syndicat Mixte Moselle Aval ou son représentant, est constitué par :

- Le Service Eaux et Biodiversité de la Région Grand-Est ;
- Le Syndicat Mixte Moselle Aval ;
- L'EPTB Meurthe-Madon ;
- Le Service Prévention des Risques Naturels et Hydrauliques de la DREAL Grand-Est ;
- Le Service de Prévision des Crues Meuse-Moselle de la DREAL Grand-Est ;
- Les Directions Départementales des Territoires de Meurthe-et-Moselle, Moselle et Vosges ;
- L'Agence de l'eau Rhin-Meuse ;
- La Communauté d'Agglomération d'Epinal, représentant les collectivités du bassin amont de la Moselle.

Le COTECH, co-présidé par le Service Eaux et Biodiversité de la Région Grand-Est et par le Syndicat Mixte Moselle Aval, est constitué par au moins un agent :

- Du Service Eaux et Biodiversité de la Région Grand-Est ;
- Du Syndicat Mixte Moselle Aval ;
- De l'EPTB Meurthe-Madon ;
- Du Service Prévention des Risques Naturels et Hydrauliques de la DREAL Grand-Est ;
- Du Service de Prévision des Crues Meuse-Moselle de la DREAL Grand-Est ;
- Des Directions Départementales des Territoires de Meurthe-et-Moselle, Moselle et Vosges ;
- De l'Agence de l'eau Rhin-Meuse.

Le CEREMA et le LOTERR (Université de Lorraine) ont également participé à plusieurs COPIL et/ou COTECH afin d'apporter leur expertise de l'hydrologie du bassin versant de la Moselle.

Le COPIL s'est réuni à 3 reprises au cours de l'étude.

Le COTECH s'est réuni à 4 reprises au cours de l'étude.

La figure suivante illustre les différentes étapes de validation ayant jalonné l'étude :



2 RESUME ET SYNTHÈSE

2.1 METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE

La méthodologie mise en œuvre pour l'estimation des débits moyens et d'étiages sur la Moselle est détaillée au chapitre 3.

L'estimation des débits moyens et d'étiages repose sur une approche statistique. Deux types d'échantillons sont constitués, chacun ayant ses avantages et inconvénients :

- **Echantillonnage à partir des observations aux stations hydrométriques** (cf. chapitre 5) : il s'agit d'utiliser les observations de débits aux stations hydrométriques. Les échantillons sont ainsi construits sur des débits « réels observés ». Pour l'étude des débits d'étiages, l'utilisation des observations présente plusieurs inconvénients. L'estimation des débits en basses eaux à partir des courbes de tarage souffre d'incertitudes assez importantes mises en évidence lors de l'analyse des courbes de tarage menée dans le cadre de la mission 1. Les débits en basses eaux sont fortement influencés par les usages sur le bassin versant (prélèvements, soutien d'étiage, exhaure des mines) qui eux-mêmes évoluent dans le temps : sur les bassins fortement influencés (par exemple, la Meurthe en aval de la confluence avec la Plaine, l'Orne, la Fensch, etc.), les conditions de stationnarité et/ou d'homogénéité des échantillons sont mal ou pas respectées ;
- **Echantillonnage à partir de débits reconstitués par modélisation hydrologique** (cf. chapitre 6) : la modélisation hydrologique permet de reconstituer de longues séries de débits « naturels », indépendamment de l'influence des usages (prélèvements, rejets, gestion des réservoirs, ...). Le principal avantage de cette méthode est de pouvoir disposer de données homogènes à l'échelle du bassin versant sur une période commune. Néanmoins, la modélisation reste une simplification des processus naturels et, par définition, est imparfaite. Par ailleurs, la qualité des reconstitutions dépend de la qualité et de la complétude des données utilisées pour le calage du modèle.

Les échantillons sont constitués en considérant les sous-périodes suivantes :

- Débits moyens annuels : année hydrologique, du mois de septembre de l'année N au mois d'août de l'année N+1 ;
- Débits d'étiage : année civile, du mois de janvier de l'année N au mois de décembre de l'année N.

Au regard des avantages et inconvénients des différentes méthodes, **il est proposé de retenir les chroniques reconstituées par modélisation pour la caractérisation des débits moyens et d'étiages** : le calage du modèle montre des performances plutôt bonnes dans l'ensemble. Les écarts relatifs en basses eaux peuvent être importants mais sont dans l'ordre de grandeur des incertitudes liées aux observations elles-mêmes.

Sur plusieurs sous-bassins, l'indice de confiance accordée aux reconstitutions est modéré : il s'agit en particulier des bassins versants du bassin ferrifère (Orne et affluents, Fensch) pour lesquels les débits sont fortement influencés et pour lesquels les données pour le calage sont peu nombreuses, en dehors des observations aux stations hydrométriques.

Pour l'analyse statistique, la loi log-normale (loi de Galton) a été systématiquement retenue. Pour les débits moyens, les valeurs sont très proches de celles de la loi normale (loi de Gauss). Pour les débits d'étiages, la qualité des ajustements est globalement meilleure avec la loi log-normale.

2.2 SYNTHÈSE DES VALEURS PROPOSÉES

Les tableaux suivants récapitulent l'ensemble des débits moyens et d'étiages qu'il est proposé de retenir sur le bassin versant de la Moselle.

Les intervalles d'incertitudes correspondent aux intervalles de confiance à 70 % sur les ajustements statistiques.

L'ensemble des débits présentés dans les tableaux suivants sont exprimés en m³/s.

2.2.1 DÉBITS MOYENS INTERANNUELS – MODULES

Module (m ³ /s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	16.8 [15.6-17.9]	26.6 [24.7-28.3]	40.8 [37.4-43.8]	74.1 [68.4-79.1]
10 ans sec	18.5 [17.4-19.5]	29.3 [27.5-30.9]	45.5 [42.4-48.3]	82.0 [76.7-86.7]
5 ans sec	20.7 [19.6-21.6]	32.8 [31.1-34.3]	51.6 [48.7-54.2]	92.2 [87.4-96.7]
Mediane	25.1 [24.2-26]	40.0 [38.5-41.6]	64.2 [61.6-66.9]	114.1 [109.5-118.7]

Tableau 2-1 : module sur la Moselle amont.

Module (m ³ /s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	5.3 [4.9-5.6]	4.3 [4-4.7]	22.4 [20.7-23.8]	25.4 [23.4-27.2]
10 ans sec	5.8 [5.4-6.1]	4.9 [4.5-5.2]	24.7 [23.1-26.1]	28.3 [26.4-30]
5 ans sec	6.4 [6.1-6.7]	5.5 [5.2-5.8]	27.8 [26.3-29.2]	32.1 [30.3-33.7]
Mediane	7.9 [7.6-8.3]	7.0 [6.7-7.3]	34.7 [33.2-36.2]	40.2 [38.5-41.9]

Tableau 2-2 : module sur la Meurthe et ses affluents.

Module (m3/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km ²	6925 km ²	10770 km ²
20 ans sec	74.1 [68.4-79.1]	74.6 [68.9-79.7]	95.2 [87.8-101.7]
10 ans sec	82.0 [76.7-86.7]	82.6 [77.3-87.4]	105.5 [98.5-111.6]
5 ans sec	92.2 [87.4-96.7]	92.9 [88-97.4]	118.9 [112.5-124.8]
Mediane	114.1 [109.5-118.7]	115.0 [110.4-119.7]	147.9 [141.8-154.2]

Tableau 2-3 : Module sur la Moselle aval.

Module (m3/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km ²	1280 km ²
20 ans sec	2.1 [2-2.3]	6.6 [5.9-7.1]
10 ans sec	2.4 [2.2-2.6]	7.5 [6.9-8]
5 ans sec	2.7 [2.6-2.9]	8.6 [8.1-9.2]
Mediane	3.6 [3.4-3.8]	11.2 [10.7-11.8]

Tableau 2-4 : module sur la Seille.

Module (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	2.1 [1.8-2.3]	5.5 [4.8-6.1]	6.5 [5.7-7.1]
10 ans sec	2.5 [2.2-2.7]	6.5 [5.8-7]	7.5 [6.8-8.1]
5 ans sec	2.9 [2.7-3.1]	7.6 [7.1-8.1]	8.8 [8.2-9.4]
Mediane	3.9 [3.7-4.1]	10.0 [9.5-10.5]	11.6 [11-12.1]

Tableau 2-5 : module sur l'Orne.

Module (m ³ /s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	1.9 [1.7-2.1]	1.1 [0.9-1.2]	0.53 [0.46-0.58]
10 ans sec	2.2 [2-2.4]	1.3 [1.1-1.4]	0.61 [0.56-0.66]
5 ans sec	2.6 [2.4-2.8]	1.5 [1.4-1.6]	0.72 [0.67-0.76]
Mediane	3.4 [3.2-3.6]	2.0 [1.9-2.1]	0.93 [0.89-0.97]

Tableau 2-6 : module sur les affluents de l'Orne.

Module (m ³ /s)	Fensch à Knutange
Bassin versant	29 km ²
20 ans sec	0,25 [0,22-0,27]
10 ans sec	0,29 [0,26-0,31]
5 ans sec	0,33 [0,31-0,35]
Médiane	0,42 [0,40-0,44]

Tableau 2-7 : module sur la Fensch.

2.2.2 DEBIT MOYEN MENSUEL D'ETIAGE – QMNA

QMNA (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.7 [1.2-2]	3.1 [2.5-3.7]	4.0 [3-4.9]	11.6 [10-13]
10 ans sec	2.2 [1.8-2.6]	4.0 [3.4-4.6]	5.4 [4.4-6.3]	13.8 [12.3-15.2]
5 ans sec	3.0 [2.7-3.4]	5.2 [4.7-5.8]	7.3 [6.4-8.1]	16.9 [15.4-18.2]
Mediane	4.8 [4.4-5.2]	8.0 [7.4-8.7]	11.3 [10.5-12.2]	23.8 [22.3-25.4]

Tableau 2-8 : QMNA sur la Moselle amont.

QMNA (m3/s)	Meurthe à Saint- Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	0.8 [0.7-0.9]	0.3 [0.3-0.4]	2.7 [2.1-3.2]	2.9 [2.4-3.5]
10 ans sec	0.9 [0.8-1]	0.4 [0.3-0.5]	3.5 [2.9-4]	3.8 [3.2-4.3]
5 ans sec	1.2 [1-1.3]	0.5 [0.5-0.6]	4.6 [4-5.1]	5.0 [4.4-5.5]
Mediane	1.8 [1.6-1.9]	0.9 [0.8-1]	7.1 [6.6-7.7]	7.7 [7.1-8.4]

Tableau 2-9 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.

QMNA (m3/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km ²	6925 km ²	10770 km ²
20 ans sec	11.6 [10-13]	11.7 [10.1-13.1]	14.1 [12.2-15.7]
10 ans sec	13.8 [12.3-15.2]	13.9 [12.4-15.3]	16.7 [14.9-18.4]
5 ans sec	16.9 [15.4-18.2]	17.0 [15.5-18.3]	20.3 [18.6-21.9]
Mediane	23.8 [22.3-25.4]	23.9 [22.4-25.5]	28.6 [26.8-30.5]

Tableau 2-10 : QMNA sur la Moselle aval.

QMNA (m3/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km ²	1280 km ²
20 ans sec	0.22 [0.19-0.24]	0.64 [0.57-0.71]
10 ans sec	0.25 [0.23-0.28]	0.75 [0.68-0.83]
5 ans sec	0.31 [0.28-0.33]	0.91 [0.84-0.99]
Mediane	0.44 [0.41-0.47]	1.32 [1.23-1.42]

Tableau 2-11 : QMNA sur la Seille.

QMNA (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.44 [0.38-0.48]	0.65 [0.58-0.71]
10 ans sec	0.15 [0.14-0.17]	0.51 [0.46-0.57]	0.75 [0.68-0.82]
5 ans sec	0.19 [0.17-0.21]	0.63 [0.57-0.69]	0.91 [0.83-0.98]
Mediane	0.29 [0.27-0.32]	0.93 [0.86-1]	1.30 [1.21-1.39]

Tableau 2-12 : QMNA sur l'Orne.

QMNA (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.12 [0.11-0.14]	0.07 [0.06-0.08]	0.11 [0.1-0.12]
10 ans sec	0.15 [0.13-0.17]	0.09 [0.08-0.1]	0.12 [0.11-0.13]
5 ans sec	0.19 [0.17-0.21]	0.11 [0.1-0.12]	0.14 [0.13-0.15]
Mediane	0.29 [0.26-0.31]	0.17 [0.15-0.18]	0.19 [0.18-0.2]

Tableau 2-13 : QMNA sur les affluents de l'Orne.

VCN3 (m³/s)	QMNA
Bassin versant	29 km ²
20 ans sec	0,06 [0,06-0,07]
10 ans sec	0,07 [0,07-0,08]
5 ans sec	0,08 [0,08-0,09]
Médiane	0,11 [0,11-0,12]

Tableau 2-14 : QMNA sur la Fensch.

2.2.3 DEBIT D'ETIAGE DE 10 JOURS CONSECUTIFS – VCN10

VCN10 (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.4 [1.1-1.6]	2.4 [2-2.8]	3.2 [2.5-3.9]	10.4 [9.3-11.3]
10 ans sec	1.7 [1.5-2]	3.1 [2.6-3.4]	4.2 [3.6-4.8]	11.9 [10.9-12.8]
5 ans sec	2.2 [2-2.4]	3.9 [3.5-4.2]	5.5 [4.9-6]	13.9 [12.9-14.8]
Mediane	3.2 [3-3.5]	5.7 [5.3-6.1]	8.1 [7.6-8.6]	18.2 [17.3-19.2]

Tableau 2-15 : VCN10 sur la Moselle amont.

VCN10 (m3/s)	Meurthe à Saint- Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	0.6 [0.6-0.7]	0.3 [0.2-0.3]	2.4 [2.1-2.7]	2.7 [2.3-3]
10 ans sec	0.7 [0.7-0.8]	0.3 [0.3-0.4]	2.9 [2.6-3.2]	3.2 [2.8-3.5]
5 ans sec	0.9 [0.8-1]	0.4 [0.4-0.5]	3.6 [3.2-3.9]	3.9 [3.5-4.2]
Mediane	1.3 [1.2-1.4]	0.7 [0.6-0.7]	5.1 [4.8-5.5]	5.6 [5.2-6]

Tableau 2-16 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.

VCN10 (m3/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km ²	6925 km ²	10770 km ²
20 ans sec	10.4 [9.3-11.3]	10.4 [9.4-11.4]	12.5 [11.1-13.7]
10 ans sec	11.9 [10.9-12.8]	12.0 [10.9-12.9]	14.5 [13.2-15.6]
5 ans sec	13.9 [12.9-14.8]	14.0 [13-14.9]	17.0 [15.8-18]
Mediane	18.2 [17.3-19.2]	18.3 [17.4-19.3]	22.3 [21.1-23.4]

Tableau 2-17 : VCN10 sur la Moselle aval.

VCN10 (m3/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km ²	1280 km ²
20 ans sec	0.20 [0.18-0.21]	0.58 [0.53-0.63]
10 ans sec	0.22 [0.21-0.24]	0.66 [0.61-0.71]
5 ans sec	0.26 [0.24-0.28]	0.78 [0.72-0.83]
Mediane	0.36 [0.34-0.38]	1.06 [0.99-1.12]

Tableau 2-18 : VCN10 sur la Seille.

VCN10 (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.39 [0.35-0.42]	0.58 [0.53-0.63]
10 ans sec	0.13 [0.12-0.14]	0.45 [0.41-0.48]	0.66 [0.61-0.72]
5 ans sec	0.16 [0.14-0.17]	0.53 [0.49-0.57]	0.78 [0.72-0.83]
Mediane	0.22 [0.21-0.24]	0.73 [0.69-0.78]	1.05 [0.99-1.11]

Tableau 2-19 : VCN10 sur l'Orne.

VCN10 (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.07 [0.06-0.07]	0.10 [0.09-0.11]
10 ans sec	0.13 [0.12-0.14]	0.08 [0.07-0.08]	0.11 [0.1-0.12]
5 ans sec	0.16 [0.15-0.17]	0.09 [0.08-0.1]	0.13 [0.12-0.13]
Mediane	0.22 [0.21-0.24]	0.13 [0.12-0.14]	0.16 [0.15-0.17]

Tableau 2-20 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.

VCN3 (m³/s)	VCN10
Bassin versant	29 km ²
20 ans sec	0,06 [0,05-0,06]
10 ans sec	0,07 [0,06-0,07]
5 ans sec	0,07 [0,07-0,08]
Médiane	0,10 [0,09-0,10]

Tableau 2-21 : VCN10 sur la Fensch.

2.2.4 DEBIT D'ETIAGE DE 3 JOURS CONSECUTIFS – VCN3

VCN3 (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.3 [1.1-1.5]	2.3 [1.9-2.6]	3.0 [2.4-3.6]	10.0 [9-10.9]
10 ans sec	1.6 [1.4-1.8]	2.9 [2.5-3.2]	3.9 [3.3-4.5]	11.4 [10.5-12.3]
5 ans sec	2.0 [1.8-2.2]	3.6 [3.2-3.9]	5.1 [4.5-5.5]	13.3 [12.4-14.1]
Mediane	2.9 [2.7-3.1]	5.2 [4.8-5.5]	7.4 [6.9-7.9]	17.2 [16.4-18]

Tableau 2-22 : VCN3 sur la Moselle amont.

VCN3 (m3/s)	Meurthe à Saint- Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	0.6 [0.5-0.7]	0.3 [0.2-0.3]	2.3 [2-2.6]	2.5 [2.2-2.8]
10 ans sec	0.7 [0.6-0.8]	0.3 [0.3-0.4]	2.7 [2.4-3]	3.0 [2.7-3.3]
5 ans sec	0.8 [0.8-0.9]	0.4 [0.4-0.4]	3.3 [3-3.6]	3.7 [3.4-4]
Mediane	1.2 [1.1-1.3]	0.6 [0.6-0.7]	4.8 [4.5-5.1]	5.2 [4.9-5.6]

Tableau 2-23 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.

VCN3 (m3/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km ²	6925 km ²	10770 km ²
20 ans sec	10.0 [9-10.9]	10.1 [9.1-11]	12.1 [10.8-13.2]
10 ans sec	11.4 [10.5-12.3]	11.5 [10.5-12.3]	13.9 [12.7-14.9]
5 ans sec	13.3 [12.4-14.1]	13.3 [12.5-14.1]	16.2 [15.1-17.2]
Mediane	17.2 [16.4-18]	17.3 [16.4-18.1]	21.0 [20-22]

Tableau 2-24 : VCN3 sur la Moselle aval.

VCN3 (m3/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km ²	1280 km ²
20 ans sec	0.19 [0.18-0.21]	0.56 [0.51-0.61]
10 ans sec	0.22 [0.2-0.24]	0.64 [0.59-0.69]
5 ans sec	0.26 [0.24-0.27]	0.75 [0.7-0.8]
Mediane	0.34 [0.33-0.37]	1.01 [0.95-1.07]

Tableau 2-25 : VCN3 sur la Seille.

VCN3 (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.36 [0.33-0.4]	0.55 [0.5-0.6]
10 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.42 [0.38-0.45]	0.63 [0.58-0.67]
5 ans sec	0.15 [0.14-0.16]	0.49 [0.46-0.53]	0.73 [0.68-0.78]
Mediane	0.21 [0.2-0.22]	0.68 [0.64-0.73]	0.99 [0.93-1.05]

Tableau 2-26 : VCN3 sur l'Orne.

VCN3 (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.06 [0.06-0.07]	0.10 [0.09-0.1]
10 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.07 [0.07-0.08]	0.11 [0.1-0.11]
5 ans sec	0.15 [0.14-0.16]	0.09 [0.08-0.09]	0.12 [0.11-0.13]
Mediane	0.21 [0.2-0.22]	0.12 [0.12-0.13]	0.16 [0.15-0.17]

Tableau 2-27 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.

VCN3 (m ³ /s)	VCN3
Bassin versant	29 km ²
20 ans sec	0,06 [0,05-0,06]
10 ans sec	0,06 [0,06-0,07]
5 ans sec	0,07 [0,07-0,08]
Médiane	0,09 [0,09-0,10]

Tableau 2-28 : débits caractéristiques VCN3 sur la Fensch.

3 METHODOLOGIE

3.1 ESTIMATION DES DEBITS MOYENS ET DES DEBITS D'ETIAGE – PREAMBULE

L'étude des chroniques de débits sur le bassin versant de la Moselle vise à caractériser les débits moyens et les débits d'étiages de différentes périodes de retour.

L'estimation des débits moyens et des débits d'étiages repose sur des méthodes d'analyse statistique du « processus » des débits moyens et des débits d'étiages.

Deux types d'échantillons sont utilisés :

- Les chroniques de débits journaliers observés aux stations hydrométriques ;
- Les chroniques de débits journaliers reconstitués par modélisation pluie-débit.

Les grandeurs étudiées sont les suivantes :

- **Module** : le module est la valeur du débit moyen pluriannuel atteint par un cours d'eau. Il est évalué par la moyenne des débits moyens annuels sur une période d'observations donnée. Il caractérise le débit moyen d'un cours d'eau. Dans la présente étude, le module (et les débits moyens annuels) est déterminé sur l'année hydrologique (du mois de septembre de l'année N au mois d'août de l'année N+1) ;
- **QMNA** : le QMNA (Quantité Mensuelle miNimale Annuelle) est une valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée. Il correspond au débit moyen mensuel le plus faible de l'année donnée. Par exemple, à Epinal sur la Moselle, en 2019, le débit mensuel le plus faible observé est celui du mois de juillet 2019 (4,3 m³/s) : le QMNA de l'année 2019 à Epinal sur la Moselle est ainsi de 4,3 m³/s. Sur le bassin de la Moselle, le QMNA est généralement observé entre juillet et octobre, très rarement en novembre. Dans la présente étude, le QMNA est déterminé sur l'année civile (janvier à décembre) ;
- **VCN3** : le VCN3 (Volume Consécutif miNimal sur 3 jours) est le débit minimal moyen sur trois jours consécutifs atteint par un cours d'eau pour une année donnée. Dans la présente étude, le VCN3 est déterminé sur l'année civile (janvier à décembre) ;
- **VCN10** : les VCN10 est le débit minimal moyen sur dix jours consécutifs atteint par un cours d'eau pour une année donnée. Dans la présente étude, le VCN10 est déterminé sur l'année civile (janvier à décembre).

Chacune de ces valeurs (débit moyen annuel, QMNA, VCN3 et VCN10) est déterminée pour chaque année à partir des chroniques de débits journaliers afin de constituer des échantillons pour l'analyse statistique. Les valeurs statistiques fournies sont : la valeur médiane, la valeur dite « 5 ans secs », la valeur dite « 10 ans secs » et la valeur dite « 20 ans secs ». Ces valeurs correspondent à des probabilités de 1/2, 1/5, 1/10 et 1/20 respectivement. En d'autres termes, chaque année, il y a 1 chance sur 2 d'être en dessous de la valeur médiane, 1 chance sur 5 sous la valeur « 5 ans secs » et 1 chance sur 20 sous la valeur « 20 ans secs ». Ces valeurs statistiques permettent de caractériser la sévérité d'un étiage pour une année donnée.

3.2 ECHANTILLONNAGE DES DEBITS MOYENS ET D'ETIAGE

3.2.1 CHRONIQUES DE DEBITS OBSERVES

3.2.1.1 Constitution de l'échantillon

L'échantillonnage est constitué à partir des chroniques de débits observés.

Pour l'étude des modules, les débits moyens inter-annuels sont calculés sur l'année hydrologique, de septembre à août de l'année suivante. Seules les années complètes sont retenues pour constituer les échantillons.

Pour l'étude des débits d'étiages, les débits moyens mensuels et les débits sur 3 et 10 jours consécutifs sont calculés sur la période d'avril à octobre. Pour chaque année, la valeur minimale de chacun des débits caractéristiques est prise en compte pour constituer l'échantillon seulement si la chronique est complète entre avril et octobre (214 jours). Cette méthode permet de garder des années pour lesquelles il y a des lacunes de mesures en hiver qui n'influencent pas la caractérisation des étiages.

Les trois échantillons de débits d'étiages ont par définition la même taille. Cette taille peut être différente de la taille de l'échantillon des modules (par exemple, lorsqu'il y a des lacunes en hiver).

3.2.1.2 Limites

L'utilisation des chroniques de débits observés pour l'étude des débits moyens et d'étiages présente plusieurs limites.

En premier lieu, il convient de rappeler comment sont établies les chroniques de débits observés : les débits observés sont reconstitués à partir des mesures de niveaux d'eau aux stations hydrométriques. La courbe de tarage permet de traduire les hauteurs d'eau mesurées en débit. Cette courbe de tarage est établie en chaque station hydrométrique sur la base de jaugeages in-situ.

Les principales limites identifiées sont :

- Incertitudes liées à la mesure elle-même : en basses eaux, la mesure de hauteur est très sensible à la présence d'élément perturbateur dans le lit de la rivière, par exemple la végétation, ou encore des modifications de la morphologie du lit de la rivière après une crue ;
- Incertitudes sur la reconstitution des débits en basses eaux à partir des courbes de tarage. Ces incertitudes sont faibles en valeurs absolues (parfois, quelques litres par seconde) mais présentent une erreur relative pouvant être très importante, mise en évidence dans l'analyse des courbes de tarage et des jaugeages réalisée en mission 1. De manière générale, les erreurs relatives sont plus élevées en basses eaux qu'en crues ;
- Influence des usages de l'eau : les activités humaines ont profondément modifié les écoulements sur certains cours d'eau. Le soutien d'étiage, les prélèvements pour la navigation, les exhaures minières, sont autant d'usages qui modifient les régimes d'écoulement des cours d'eau, et particulièrement en basses eaux. Ces usages, variables dans le temps, ne permettent pas d'obtenir des échantillons répondant aux conditions d'homogénéité et/ou de stationnarité.

3.2.2 CHRONIQUES DE DEBITS RECONSTITUES

3.2.2.1 Constitution de l'échantillon

L'échantillonnage est constitué à partir des chroniques de débits reconstitués. Par construction, les échantillons sont complets sur toute la période simulée puisqu'il n'y a pas de lacunes.

3.2.2.2 Limites

L'utilisation des chroniques de débits reconstitués par modélisation pour l'étude des débits moyens et d'étiages présentent plusieurs limites, liées au principe même de la modélisation hydrologique :

- La reconstitution est par définition imparfaite : un modèle hydrologique est un outil permettant de reproduire les processus de production de l'écoulement de manière simplifiée. Il ne peut représenter l'ensemble des processus naturels (par exemple, les écoulements souterrains) et dépend des données disponibles pour reproduire les processus artificiels (usages de l'eau) ;
- La qualité des chroniques reconstituées dépend fortement de la qualité du calage qui dépend lui-même de la qualité des données utilisées.

3.3 ANALYSE STATISTIQUE DES SERIES DES DEBITS JOURNALIERS

La technique de traitement des données utilisée pour la caractérisation des débits moyens et d'étiages s'articule autour de la méthode de l'analyse fréquentielle. Cette dernière consiste à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui n'est autre qu'une équation modélisant le comportement statistique du processus étudié.

Il existe plusieurs modèles qui décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée (débit, pluie...). C'est du choix du modèle fréquentiel et plus particulièrement de son type que dépendra la validité des résultats de l'analyse fréquentielle. En hydrologie, le choix s'effectue selon la situation hydrologique et la distribution de la série analysée.

3.3.1 FREQUENCE EMPIRIQUE

Pour mener à bien l'analyse statistique, les observations de débits de pointe se voient affectées une fréquence empirique. Pour la présente étude, la fréquence empirique retenue est la suivante :

$$f_i = \frac{i}{N + 1}$$

Avec f_i la fréquence empirique, i le rang (compté dans l'ordre des débits croissants) associé à chaque observation de débit de pointe, N le nombre total d'observations de débits de pointe dans l'échantillon.

3.3.2 LOIS D'AJUSTEMENTS

Deux lois sont retenues pour les ajustements statistiques des débits observés.

3.3.2.1 Loi normale ou loi de Gauss

La loi de Gauss est une loi couramment utilisée pour l'analyse statistique des débits moyens et des débits d'étiages.

La fonction de répartition de cette loi s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot u^2\right) \cdot du$$

Avec $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$, avec \bar{x} la moyenne et σ_x l'écart-type des valeurs observées.

Il s'agit d'une loi à deux paramètres.

Les bornes de l'intervalle de confiance à $\alpha\%$ sont calculées à partir des écarts maximaux et minimaux :

$$\lambda_{\min} = -\frac{\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 + \frac{t_F^2}{2}} - \frac{t_F \cdot t_{\alpha}^2}{2 \cdot n}}{1 - \frac{t_{\alpha}^2}{2 \cdot n}}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\frac{t_{\alpha}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 + \frac{t_F^2}{2}} + \frac{t_F \cdot t_{\alpha}^2}{2 \cdot n}}{1 - \frac{t_{\alpha}^2}{2 \cdot n}}$$

Avec n le nombre de valeurs dans l'échantillon, t_F la variable réduite de Gauss de fréquence de non-dépassement F , t_{α} la variable réduite de Gauss de fréquence de non-dépassement $1 - \frac{1-\alpha}{2}$.

Pour chaque quantile X_F les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à $\alpha\%$ sont données par les formules :

$$X_{F\min} = X_F + \lambda_{\min} \cdot \sigma_x \text{ et } X_{F\max} = X_F + \lambda_{\max} \cdot \sigma_x$$

3.3.2.2 Loi log-normale ou loi de Galton

La loi de Galton est une loi plus adaptée pour l'analyse statistique des étiages. Elle découle de la loi de Gauss par changement de variable.

La fonction de répartition de cette loi s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \frac{1}{k \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^u \frac{1}{u} \exp\left(-\frac{1}{2 \cdot k} \cdot (\ln(u))^2\right) \cdot du$$

Avec $u = \frac{x - X_0}{G}$.

Il s'agit d'une loi à trois paramètres :

- X_0 est le paramètre de position ;
- G est le paramètre d'échelle, positif et différent de zéro ;
- k est le paramètre de forme, positif et différent de zéro.

Les bornes de l'intervalle de confiance à $\alpha\%$ sont calculées de manière équivalente à celles de la loi de Gauss. Les formulations pour le calcul de λ_{\min} et λ_{\max} sont identiques.

Pour chaque quantile X_F les bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance à $\alpha\%$ sont données par les formules :

$$X_{F\min} = X_0 + (X_F - X_0) \cdot \exp(\lambda_{\min} \cdot \sigma_x)$$

et

$$X_{F\max} = X_0 + (X_F - X_0) \cdot \exp(\lambda_{\max} \cdot \sigma_x)$$

3.4 MODELISATION PLUIE-DEBIT

3.4.1 PRESENTATION DU LOGICIEL GESRES_{ISL}

Le logiciel GESRES_{ISL} est un logiciel de modélisation hydrologique. Il a été développé spécifiquement par ISL dans le cadre d'études hydrologiques dans des contextes très différents (liste non exhaustive) : modèles du bassin de l'Oudon (1 500 km²), de l'Oise (15 000 km²), du Gard en France ; modèle du bassin du Niger (140 000 km²) en Guinée et Mali ; modèle de la Sanaga (130 000 km²) au Cameroun, modèles des rivières de la région de Ntoun (de 50 à 200 km², Gabon).

Le code de calcul s'articule autour de trois modules :

- Le **module hydrologique** réalise la transformation pluie-débit sur une distribution de bassins versants ;
- Le **module de propagation** assure la propagation et la combinaison des hydrogrammes résultant de la transformation pluie-débit dans le réseau hydrographique ;
- Le **module de calcul des retenues** permet d'intégrer une gestion fine des ouvrages-réservoirs disposés sur le réseau hydrographique.

Pour chaque module, plusieurs modèles théoriques sont disponibles.

Le modèle peut aussi bien être utilisé pour des simulations « événementielles » (typiquement, simulations de crues) que pour des simulations « continues » sur des périodes de plusieurs années.

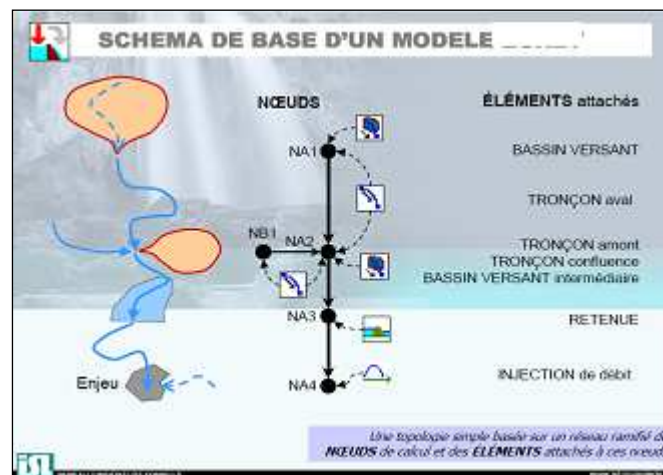


Figure 3-1 : schéma de base d'un modèle GESRES_{ISL}.

L'architecture du modèle s'appuie sur une topologie simplifiée, formée de nœuds de calcul auxquels sont rattachés les éléments producteurs et de contrôle des débits (bassin versant, hydrogramme, retenue) et reliés entre eux par les éléments du réseau hydrographique (biefs).

Le logiciel GESRES_{ISL} est par ailleurs couplé à une base de données géographiques au format QGIS qui permet d'extraire de manière automatique les caractéristiques des différents éléments structurels du modèle.

3.4.2 PRESENTATION DU MODELE GR4J

Le modèle utilisé pour reconstituer les débits sur le bassin de la Moselle française est un modèle GR4J développé par l'INRAE (ex-IRSTEA, ex-CEMAGREF) et adapté suite à la thèse de Charles Perrin (octobre 2000). Le pas de temps journalier est adapté aux données disponibles (pluies journalières, débits journaliers aux stations hydrométriques et jaugeages ponctuels) et répond aux attentes du Maître d'Ouvrage qui souhaite garder la possibilité d'une interprétation des données à un pas de temps inférieur au mois (VCN3, VCN10).

Le modèle GR4J est un modèle à réservoirs à quatre paramètres optimisables :

- **A** : capacité du réservoir de production (mm)
- **B** : capacité à un jour du réservoir de routage (mm)
- **C** : temps de base de l'hydrogramme unitaire $HU1$ (j)
- **D** : coefficient d'échanges souterrains (mm)

Un réservoir de production S détermine la partie de la pluie participant à l'écoulement ; une percolation du réservoir de production (réservoir sol) est introduite et l'écoulement s'ajoute à la pluie nette avant séparation des deux composantes d'écoulement. Un réservoir de transfert R répartit la pluie en écoulements directs et écoulements indirects. Des échanges sont intégrés entre écoulements directs et indirects.

Dans la fonction de transfert, le débit à l'exutoire est déterminé à partir de 2 hydrogrammes unitaires : le premier (90 %) introduit un décalage progressif entre la pluie brute et la pluie nette, le second (10 %) représente le débit s'écoulant directement à l'exutoire.

Signalons quelques points forts de la modélisation proposée :

- Les paramètres sont en nombre limité (4) ;
- Il existe une procédure automatique de calage développée par l'INRAE. Les paramètres sont optimisés afin de minimiser l'écart entre débits observés et débits calculés sur la base de critères d'évaluation des performances robustes (Nash, critère de bilan, critère relatif d'erreur absolu).

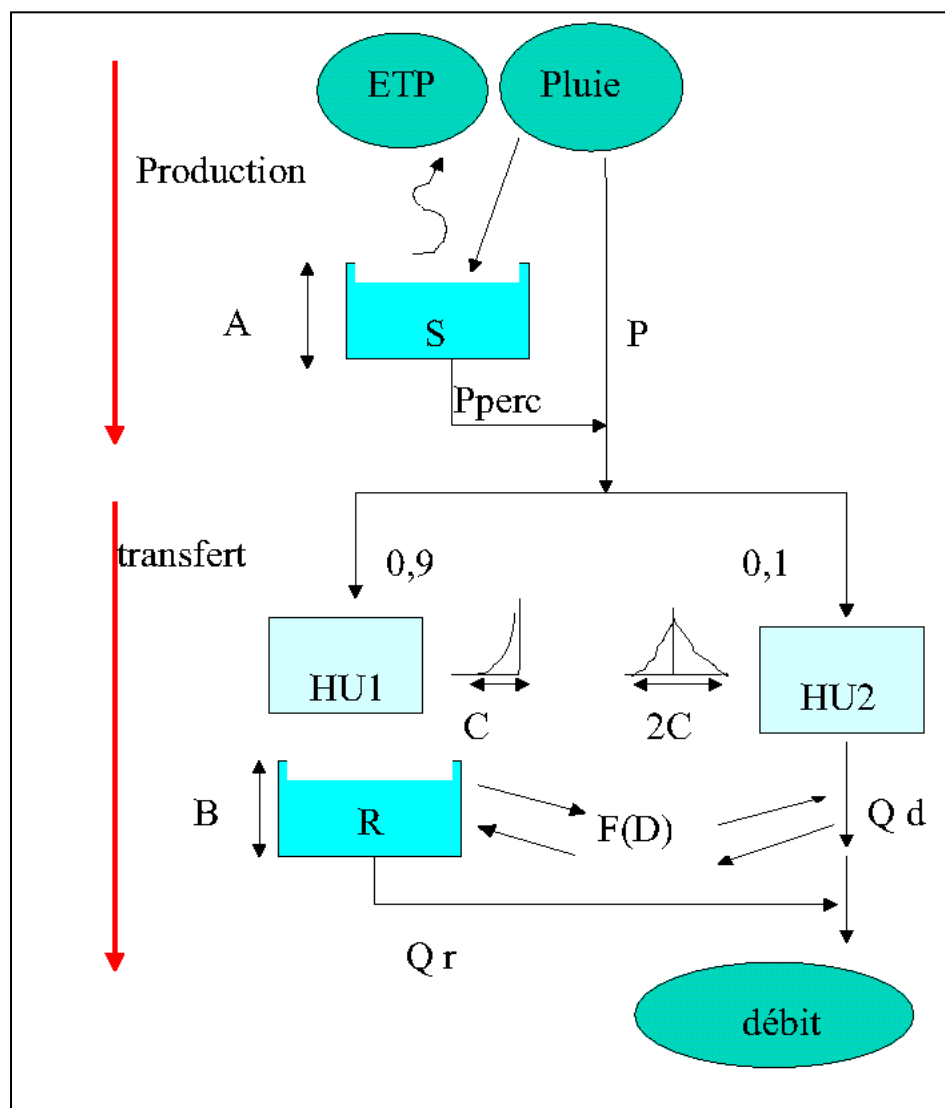


Figure 3-2 : schéma du modèle hydrologique GR4J.

ETP : évapotranspiration potentielle, Pperc : percolation du réservoir sol S, HU1 et HU2 : hydrogrammes unitaires, Q_r : débit ruisselé, Q_d : débit direct

3.4.3 PRISE EN COMPTE DE LA NEIGE – MODULE CEMANEIGE

Un module « neige » a été programmé dans GESRES_{SL} pour améliorer la modélisation des débits à l'exutoire des bassins versants influencés par la neige. Il permet de simuler l'évolution du couvert neigeux sur un bassin versant et d'en estimer la fonte.

Le module s'appuie sur le programme CEMANEIGE (cf. [1]) développé par l'IRSTEA.

Une discrétisation du bassin versant en zones altitudinales est opérée en associant un pourcentage de superficie du bassin versant à une altitude moyenne par tranche altimétrique. La somme des pourcentages doit être égale à 100 %.

Le module prend en compte deux paramètres développés pour la modélisation hydrologique :

- K_f : coefficient de fonte en mm/°C/jour, généralement compris entre 2 et 6 ;
- C_{tg} : coefficient de pondération pour l'état thermique du manteau, compris entre 0 et 1

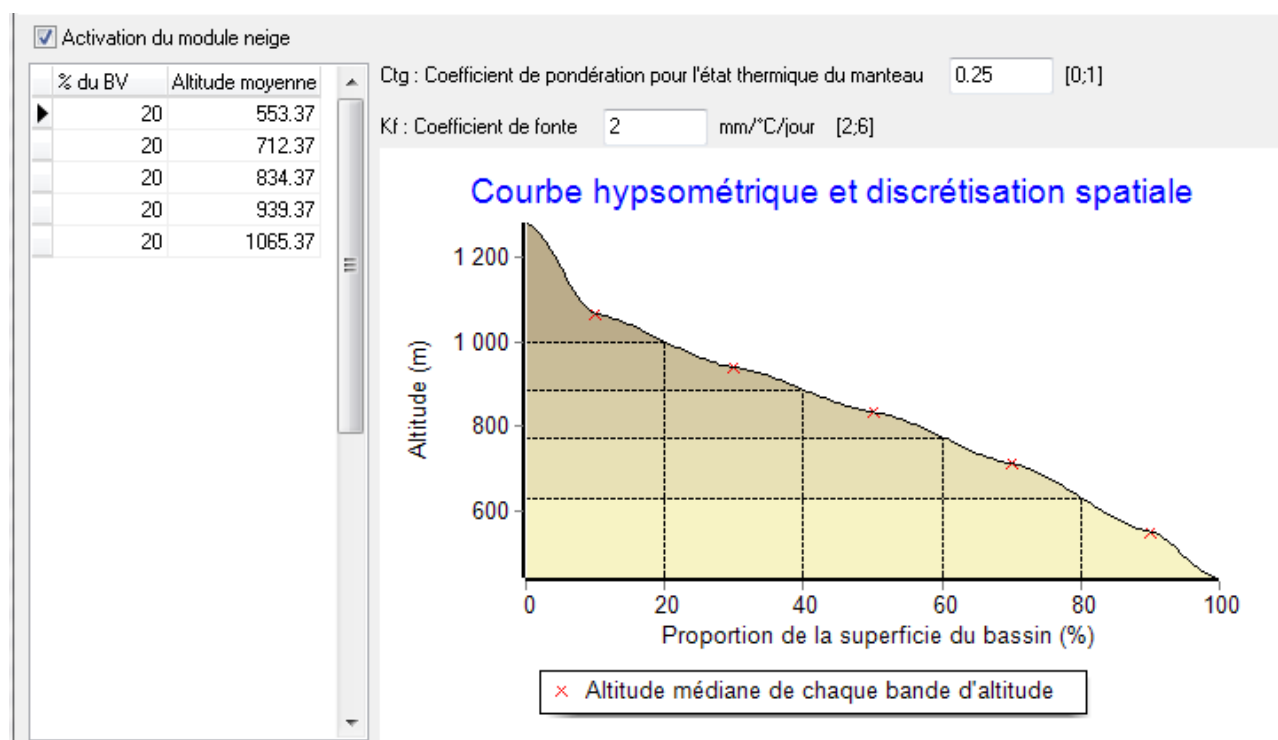


Figure 3-3 : illustration des paramètres entrés pour la modélisation de la neige.

Le module CEMANEIGE intègre les variations de températures selon l'altitude. Pour chaque tranche altimétrique du bassin versant, la température moyenne sur cette tranche (ou zone) est calculée de la manière suivante :

$$T_{zone} = T_{ref} \cdot (Z_{zone} - Z_{ref}) \cdot C_T$$

Avec T_{zone} la température moyenne par tranche altimétrique, Z_{zone} l'altitude moyenne rattachée à cette même tranche altimétrique, T_{ref} la température au poste de référence, Z_{ref} l'altitude du poste de référence et C_T un coefficient de variation de la température en fonction de l'altitude.

La valeur du coefficient C_T est issue de la bibliographie : -0,0065°C/m.

Le module CEMANEIGE prend en compte 3 températures : la température moyenne, la température minimale et la température maximale.

Le module est associé à l'ensemble des sous-bassins du modèle hydrologique, même sur les sous-bassins peu influencés (à l'échelle inter-annuelle) par la neige.

3.4.4 CRITERES DE QUALITE

Outre la comparaison visuelle des chroniques calculées et observées, le logiciel GESRES_{ISL} propose plusieurs critères permettant de juger de la qualité du calage selon les objectifs fixés. Les différents critères retenus sont décrits ci-après.

Critère de Nash :
$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - Q_{cal}(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - \overline{Q_{obs}})^2}$$
 ; ce critère doit tendre vers 1 quand les débits

calculés se rapprochent des débits observés. Un critère de Nash nul indique que le modèle ne fait pas mieux que reconstituer la moyenne des débits observés. Il existe plusieurs variantes du critère selon que l'on utilise la racine ou le logarithme du débit (poids plus important donné aux faibles débits).

Coefficient de corrélation :
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - Q_{cal}(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i))^2}$$
 ; ce critère doit tendre vers 1 quand les

débits calculés se rapprochent des débits observés.

Bilan :
$$Bilan = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{cal}(i) - Q_{obs}(i))}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}(i)}$$
 ; au pas de temps journalier, il permet de rendre compte

de la capacité du modèle à restituer le ruissellement en période pluvieuse et l'évapotranspiration en période sèche. Il doit tendre vers 0 et est positif quand le volume est surestimé par le modèle et négatif dans le cas contraire.

Débits des crues :
$$CRU = 100 * \frac{\overline{Q_{Xcal}}}{\overline{Q_{Xobs}}}$$
 ; rapport entre les moyennes des débits calculés et

observés supérieurs à quatre fois le module inter-annuel. Il doit tendre vers 100% quand les débits de crues sont bien restitués par le modèle.

Durée des étiages :
$$RDE = 100 * \frac{NN_{cal}}{NN_{obs}}$$
 ; rapport des durées d'étiages égal au nombre de jours

où les débits calculés sont inférieurs au quart du module inter-annuel sur le nombre de jours où les débits observés sont inférieurs au quart du module inter-annuel sur le nombre de jours de la période choisie. Doit tendre vers 100.

4 CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE

4.1 CONSTRUCTION DU MODELE HYDROLOGIQUE

Le modèle hydrologique s'appuie sur une décomposition du bassin versant de la Moselle française en 110 sous-bassins. Ces sous-bassins versants réalisent la transformation pluie-débit, les débits étant injectés dans un nœud exutoire. Les différents nœuds sont reliés entre eux par des biefs qui assurent le transfert des débits d'amont en aval.

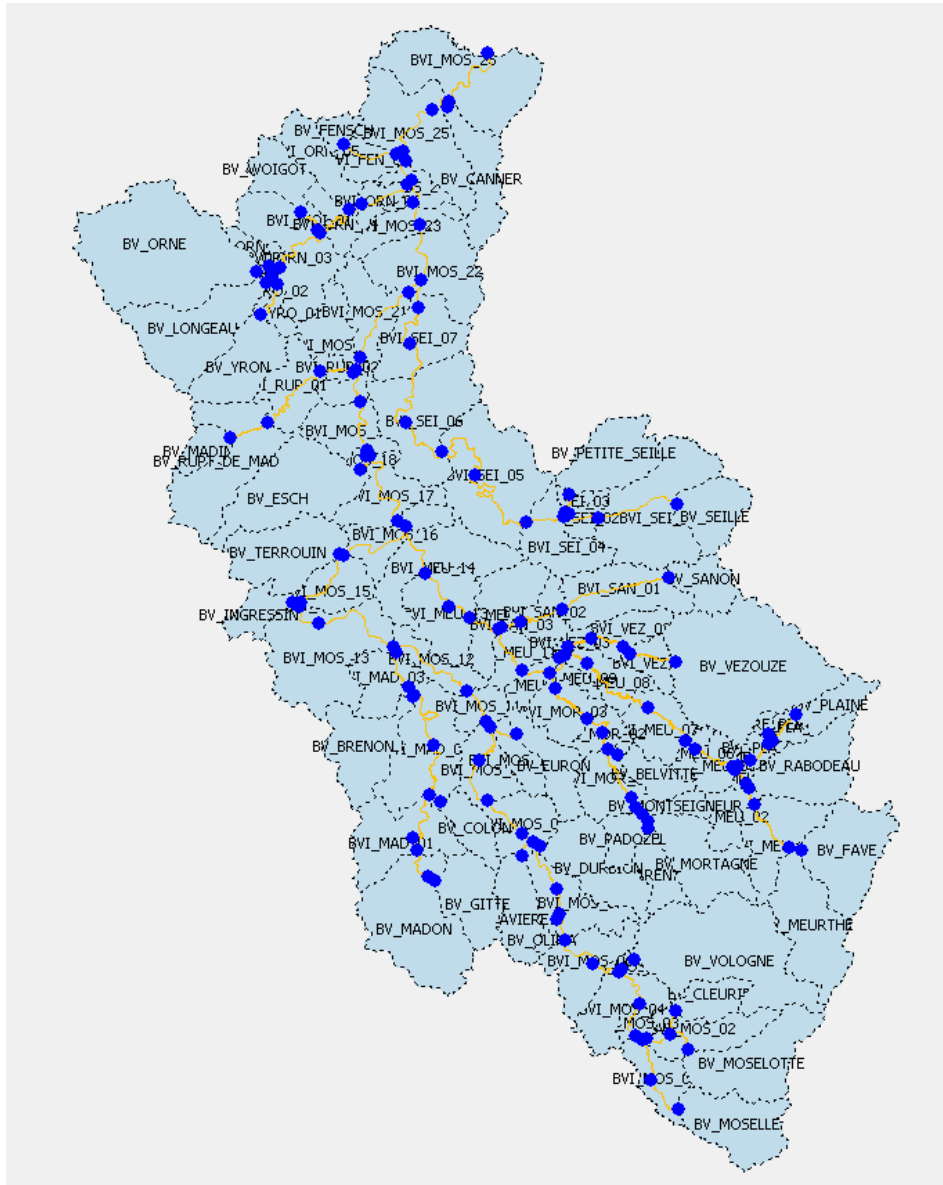


Figure 4-1 : schématisation du modèle hydrologique.

4.2 CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE

4.2.1 PERIODE D'ANALYSE

La période de calcul s'étend du 1^{er} janvier 1980 au 1^{er} septembre 2020. Elle comprend ainsi 40 années hydrologiques complètes. Les premiers mois de l'année 1980 permettent l'initialisation des modèles GR4J et ne sont pas prises en compte dans les résultats.

Les données d'entrée ont été complétées pour assurer la complétude sur toute la période de calcul. Cela concerne les chroniques de pluies et celles de températures. Les chroniques incomplètes sont complétées au pas de temps journalier par corrélation avec les postes voisins.

Au total, 36 chroniques pluviométriques et 8 chroniques de températures sont utilisées en entrée du modèle.

4.2.2 INTEGRATION DES DONNEES RELATIVES AUX PRELEVEMENTS

Les données de prélèvements sont très parcellaires, rarement au pas de temps journalier, parfois mensuel, le plus souvent annuel. Pour les besoins de l'étude, une répartition mensuelle des prélèvements est opérée.

4.2.2.1 Répartition mensuelle des prélèvements

Les prélèvements sont intégrés de manière mensuelle avec pour chaque année les mêmes valeurs mensuelles. La répartition mensuelle est reprise de l'étude quantitative de 2020 [2].

Les répartitions mensuelles pour l'alimentation en eau potable, l'industrie et le refroidissement des centrales de production d'énergie sont identiques dans l'étude quantitative [2].

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Coefficient de répartition	8.49%	7.67%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%

Tableau 4-1 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour l'alimentation en eau potable (source : [2]).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Coefficient de répartition	8.49%	7.67%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%

Tableau 4-2 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements industriels (source : [2]).

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Coefficient de répartition	8.49%	7.67%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%	8.49%	8.22%	8.49%	8.22%	8.49%

Tableau 4-3 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour le refroidissement des centrales de production d'énergie (source : [2]).

Dans l'étude quantitative, aucune répartition mensuelle des prélèvements pour les canaux n'est fournie. Pour la présente étude, cette répartition est estimée à partir de chroniques journalières fournies par VNF et appliquée à l'ensemble des prélèvements de type canaux :

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Coefficient de répartition	6,26%	5,96%	6,26%	8,08%	9,46%	9,36%	12,66%	12,66%	9,36%	7,54%	6,16%	6,26%

Tableau 4-4 : coefficients de répartition mensuelle des prélèvements pour l'alimentation des canaux.

4.2.2.2 Prélèvements intégrés dans la modélisation

Seuls les prélèvements en eaux de surface sont intégrés dans la modélisation. Pour des raisons de simplification, les prélèvements les plus faibles ne sont pas pris en compte et les prélèvements proches peuvent être regroupés en un unique prélèvement dans le modèle.

Concernant les prélèvements pour le refroidissement des centrales de production d'énergie, de la même manière que dans l'étude quantitative [2], il est considéré que 98 % du volume prélevé est rejeté quasiment au même point du cours d'eau : ainsi, seuls 2 % du prélèvement sont effectivement intégrés dans la modélisation.

Les prélèvements pour production d'électricité sont négligés, ils sont supposés être turbinés au fil de l'eau et rejetés juste en aval.

Au total, 22 points de prélèvements sont intégrés dans la modélisation. Le détail est donné en ANNEXE 2. Le volume total ainsi prélevé est d'environ 585 Mm³ en moyenne par an, soit un débit équivalent moyen annuel de 18,5 m³/s. Les prélèvements pour l'alimentation des canaux représentent près de 80 % du total.

Aucun point de rejet n'est intégré faute d'informations suffisantes sur les débits qui retournent dans les cours d'eau. Il s'agit là d'une hypothèse très défavorable qui tend à sous-estimer les débits, en particulier d'étiages (l'influence des prélèvements est faible pour les crues de manière générale), pour les points situés en aval des rejets et notamment des canaux : une part non négligeable des volumes prélevés pour les canaux retourne dans les cours d'eau.

4.2.3 RESULTATS DU CALAGE

Des fiches de calage sont fournies en ANNEXE 1. Elles donnent en détail les résultats du calage du modèle aux stations pour lesquelles un calcul des débits moyens et d'étiages est requis. Pour les points de calcul non situé au droit d'une station, la fiche à la station la plus proche est fournie.

Le Tableau 4-5 récapitule les principaux critères de qualité du calage avec le même code couleur que dans les fiches permettant d'avoir une appréciation qualitative du calage.

De manière globale, le calage est jugé bon sur toute la partie amont, Moselle et Meurthe. A Uckange, les différents critères sont bons à très bons.

Sur les affluents aval, la qualité du calage est plus contrastée. Sur la Seille, le calage à la station de Moyenvic est plutôt mauvais tandis qu'il est moyen à bon à Metz.

Sur l'Orne, le calage à la station de Boncourt, peu influencée, peut être qualifié de moyen à bon. Sur l'Yron le calage est qualifié de moyen. A l'aval de l'Orne, à Moyeuvre-Grande et Rosselange, le calage est également moyen à bon.

Par contre, sur les bassins versants du Woigot et de la Fensch, fortement influencés par les exhaures minières, le calage est globalement mauvais, avec une sous-estimation importante des débits : sur ces bassins versants, les exhaures ne sont pas précisément connues et ne sont pas intégrées dans la modélisation.

En conclusion, de manière globale, le calage est jugé satisfaisant à l'échelle du bassin versant de la Moselle française avec une prudence dans l'interprétation des résultats sur le bassin ferrifère dans son ensemble (même si le calage est correct sur plusieurs stations).

Les fiches de calage fournies en ANNEXE 1 présentent également les valeurs détaillées sur des pas de temps infra-mensuels : VCN3, VCN10, débits de crue journaliers et débits de crue sur la durée caractéristiques D. Les valeurs de QMNA annuels sont également fournies. Sur les stations peu influencées (Meurthe à Saint-Dié par exemple) les résultats du calage pour les débits d'étiages sont satisfaisants.

Pour les autres stations, des écarts parfois importants peuvent être constatés. Ces écarts sont à mettre en regard des débits prélevés en amont des points de calcul et peuvent être expliqués (en partie tout au moins) par les éléments suivants :

- Les débits prélevés sont mensualisés avec une répartition constante d'une année sur l'autre ;

- Le débit prélevé annuel est moyenné, sans tenir compte de la période réel des prélèvements (par exemple, un prélèvement ayant été opéré sur la période 2010-2015 se voit appliqué dans le modèle sur toute la période 1980-2020) ;
- Les rejets, et en particulier les eaux rejetées par les canaux dans les cours d'eau, ne sont pas pris en compte.

Point de calcul	Station associée	Cours d'eau	Bassin versant	Altitude	Nash Q	Nash racine(Q)	Nash ln(Q)	Bilan
7	La Moselle à Saint-Nabord [Noirgueux]	La Moselle	626	371	86.3%	91.0%	92.2%	5.4%
8	La Moselle à Épinal	La Moselle	1217	324	88.7%	91.2%	90.1%	3.8%
29	La Moselle à Toul	La Moselle	3338	201	91.7%	91.7%	84.7%	-6.6%
11	La Meurthe à Saint-Dié	La Meurthe	374	336	84.4%	87.3%	86.8%	8.9%
15	La Vezouze à Lunéville	La Vezouze	559	220	85.5%	85.3%	77.4%	8.3%
28	La Meurthe à Damelevières	La Meurthe	2280	211	91.2%	91.8%	89.2%	3.2%
17	La Meurthe à Laneuveville-devant-Nancy	La Meurthe	2780	200	87.3%	87.7%	75.5%	2.2%
18	La Moselle à Custines	La Moselle	6830	184	91.5%	89.7%	72.5%	-8.0%
25	La Moselle à Uckange	La Moselle	10770	150	90.7%	90.8%	80.8%	-2.5%
33	La Seille à Moyenvic	La Seille	352	199	61.5%	60.1%	49.4%	15.7%
20	La Seille à Metz [pont Lothaire]	La Seille	1280	163	78.3%	81.6%	77.3%	14.0%
23	L'Orne à Boncourt	L'Orne	412	185	75.5%	82.1%	77.7%	2.5%
37	L'Yron à Jarny [La Cartoucherie]	L'Yron	383	187	73.5%	78.8%	65.6%	-7.4%
35	Le Woigtot à Briey	Le Woigtot	75.8	204	53.0%	56.5%	45.9%	-31.0%
21	L'Orne à Moyeuvre-Grande	L'Orne	1141	170	81.9%	83.3%	75.7%	14.3%
22	L'Orne à Rosselange	L'Orne	1226	164	82.9%	85.0%	77.2%	-5.8%
38	La Fensch à Knutange	La Fensch	28.6	200	-24.0%	-45.7%	-83.6%	-62.9%

Tableau 4-5 : critères de qualité du calage du modèle hydrologique.

5 ANALYSE DES CHRONIQUES DE DÉBITS OBSERVÉS

5.1 MOSELLE AMONT

5.1.1 POINTS DE CALCUL

Quatre points de calcul des débits moyens et d'étiages sont localisés sur le cours principal de la Moselle amont :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
7	La Moselle à Remiremont	Moselle amont	X	X
8	La Moselle à Epinal	Moselle amont	X	X
18	La Moselle à Custines	Moselle amont	X	X
29	La Moselle à Toul	Moselle amont	X	X

Tableau 5-1 : points de calcul des débits sur la Moselle amont.

Neuf stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ces quatre points de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A4050620	La Moselle à Rupt-sur-Moselle	La Moselle	152.0	433	29/08/1968	29/06/2020	52	3.8%
A4200620	La Moselle à Remiremont	La Moselle	589.0	379	13/10/1993	30/04/2020	27	7.1%
A4200630	La Moselle à Saint-Nabord [Noirgueux]	La Moselle	626.0	371	01/12/1961	30/04/2020	58	0.2%
A4250640	La Moselle à Épinal	La Moselle	1 217.0	324	01/01/1960	30/04/2020	60	0.0%
A5110608	La Moselle à Velle-sur-Moselle	La Moselle	1 975.0	231	01/01/2010	30/06/2020	10	0.0%
A5110610	La Moselle à Tonnoy	La Moselle	1 976.0	231	20/08/1980	30/06/2020	40	7.8%
A5500610	La Moselle à Pont-Saint-Vincent	La Moselle	3 070.0	215	16/09/1988	30/04/2020	32	0.2%
A5730610	La Moselle à Toul	La Moselle	3 338.0	201	01/01/1960	30/05/2020	60	0.0%
A7010610	La Moselle à Custines	La Moselle	6 830.0	184	01/01/1973	30/05/2020	47	0.0

Tableau 5-2 : stations hydrométriques sur le cours principal de la Moselle amont.

La station de Velle-sur-Moselle présente une chronique assez courte, d'environ 10 ans : elle n'est pas retenue pour l'analyse statistique, d'autant que la station de Tonnoy, située toute proche, présente une chronique depuis 1980.

Les débits en basses eaux à la station de Remiremont ne sont pas fournis dans la BANQUE-HYDRO. Cette station n'est pas retenue.

Les données aux stations permettent de calculer les débits de référence aux quatre points de calcul qui sont tous localisés au droit de stations hydrométriques. Pour la Moselle à Remiremont, une transposition est réalisée depuis la station de Saint-Nabord par rapport de surface des bassins versants.

5.1.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

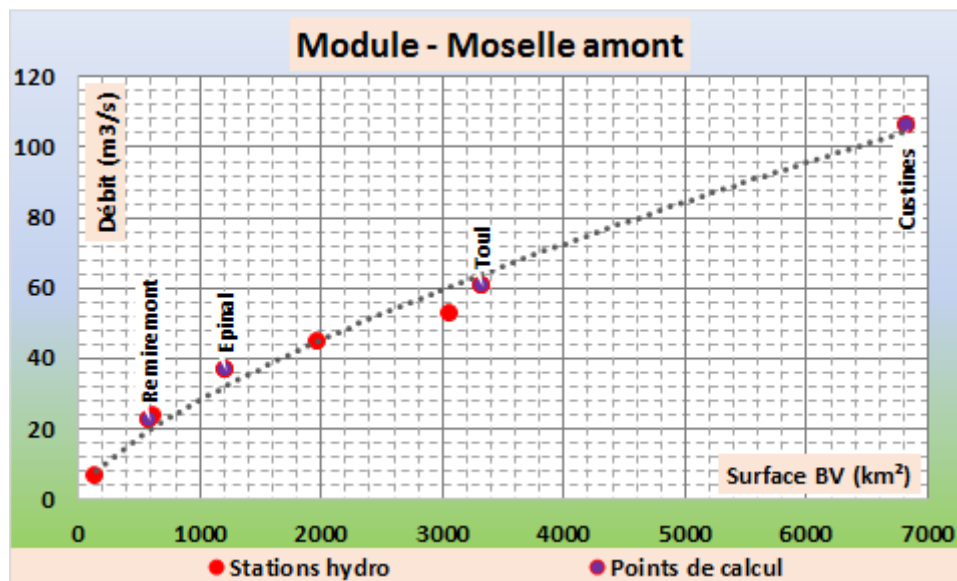


Figure 5-1 : module sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km²	1 217 km²	3 338 km²	6 830 km²
20 ans sec	13,6 [12,7-14,5]	23,8 [22,5-25,0]	35,5 [32,7-38,0]	66,4 [62,0-70,5]
10 ans sec	15,3 [14,4-16,1]	26,2 [24,9-27,3]	40,2 [37,6-42,6]	73,4 [69,0-77,4]
5 ans sec	17,4 [16,5-18,2]	29,3 [28,1-30,5]	46,5 [44,0-48,8]	83,0 [78,7-87,1]
Module	22,0 [21,2-22,8]	36,4 [35,2-37,7]	60,4 [58,0-63,0]	105,7 [101,1-110,5]

Tableau 5-3 : module sur la Moselle amont.

5.1.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

5.1.3.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

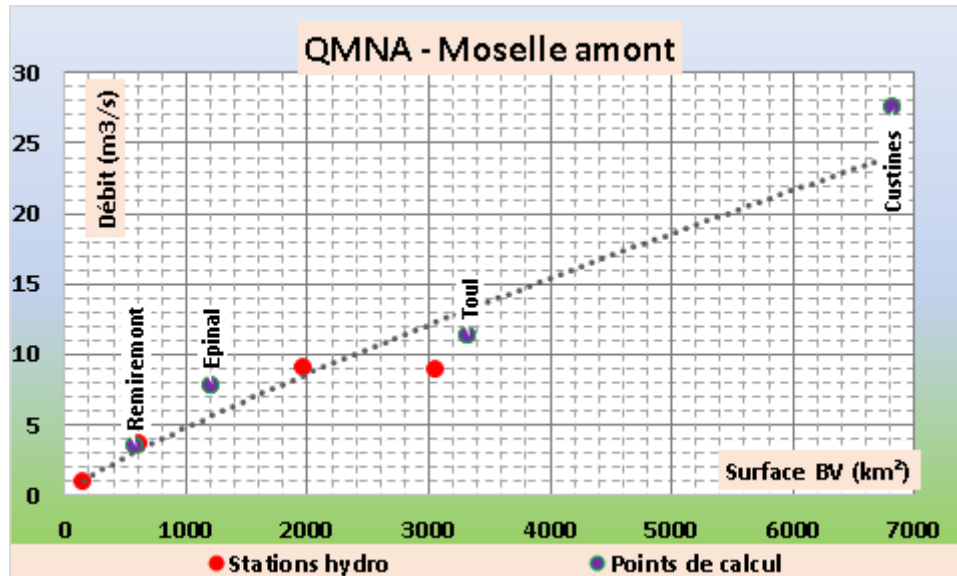


Figure 5-2 : QMNA sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

QMNA (m³/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km²	1 217 km²	3 338 km²	6 830 km²
20 ans sec	1,1 [0,9-1,3]	3,8 [3,5-4,2]	5,1 [4,5-5,7]	12,2 [9,3-14,7]
10 ans sec	1,5 [1,3-1,7]	4,5 [4,1-4,8]	6,3 [5,6-6,8]	15,1 [12,3-17,5]
5 ans sec	2,0 [1,8-2,2]	5,4 [5,0-5,8]	7,8 [7,2-8,3]	18,9 [16,3-21,3]
QMNA	3,4 [3,1-3,7]	7,8 [7,3-8,2]	11,3 [10,7-11,9]	27,5 [24,9-30,2]

Tableau 5-4 : QMNA sur la Moselle amont.

5.1.3.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

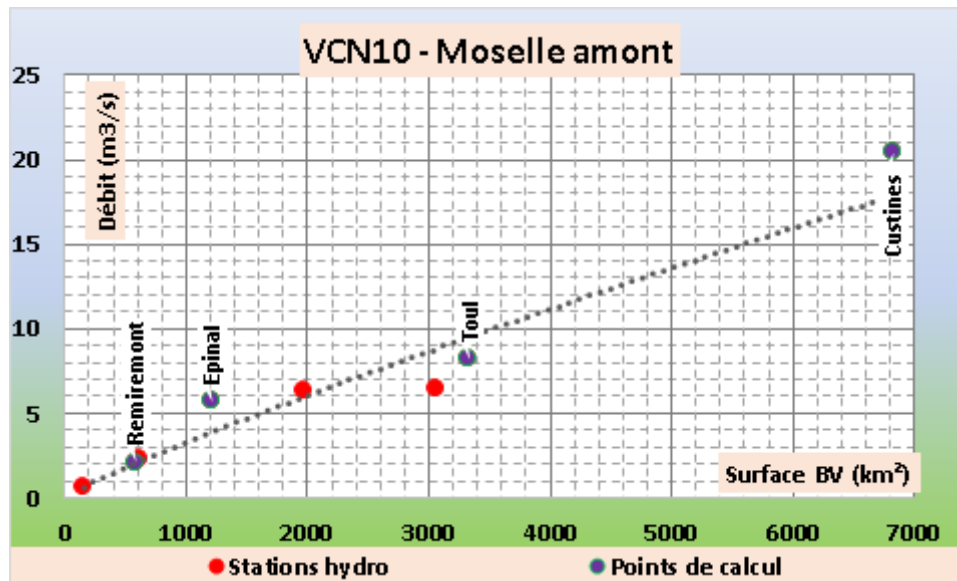


Figure 5-3 : VCN10 sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN10 (m³/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km²	1 217 km²	3 338 km²	6 830 km²
20 ans sec	0,8 [0,7-0,9]	3,0 [2,7-3,2]	3,5 [3,0-4,0]	8,9 [6,5-10,8]
10 ans sec	1,0 [0,8-1,1]	3,5 [3,2-3,7]	4,4 [3,9-4,9]	11,1 [8,9-13,0]
5 ans sec	1,3 [1,1-1,4]	4,1 [3,8-4,3]	5,6 [5,2-6,1]	14,0 [12,0-15,8]
VCN10	2,1 [1,9-2,2]	5,7 [5,4-6,0]	8,2 [7,8-8,7]	20,4 [18,5-22,4]

Tableau 5-5 : VCN10 sur la Moselle amont.

5.1.3.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

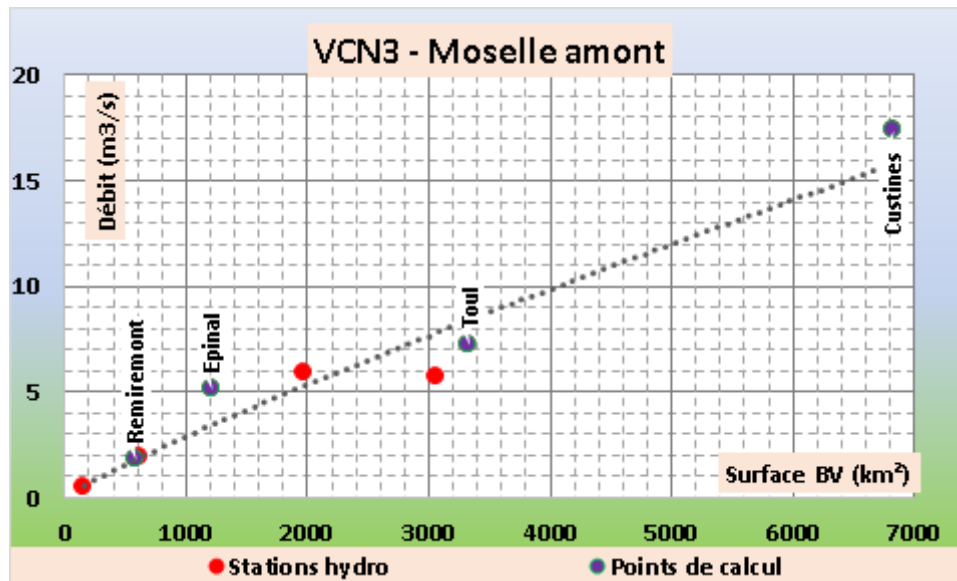


Figure 5-4 : VCN3 sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN3 (m³/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km²	1 217 km²	3 338 km²	6 830 km²
20 ans sec	0,8 [0,7-0,9]	2,6 [2,4-2,8]	3,5 [3,0-4,0]	6,4 [4,2-8,3]
10 ans sec	1,0 [0,8-1,1]	3,0 [2,8-3,3]	4,4 [3,9-4,9]	8,5 [6,5-10,3]
5 ans sec	1,3 [1,1-1,4]	3,6 [3,4-3,9]	5,6 [5,2-6,1]	11,3 [9,4-13,0]
VCN10	2,1 [1,9-2,2]	5,1 [4,8-5,4]	8,2 [7,8-8,7]	17,4 [15,6-19,3]

Tableau 5-6 : VCN3 sur la Moselle amont.

5.2 MEURTHE ET SES AFFLUENTS

5.2.1 POINTS DE CALCUL

Quatre points de calcul des débits moyens et d'étiages sont localisés sur le bassin versant de la Meurthe :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
11	La Meurthe à Saint-Dié-des-Vosges	Meurthe	X	X
15	La Vezouze à Lunéville	Meurthe	X	X
17	La Meurthe à Laneuveville-devant-Nancy	Meurthe	X	X
28	La Meurthe à Damelevières	Meurthe	X	X

Tableau 5-7 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Meurthe.

Neuf stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ces quatre points de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A6051020	La Meurthe à Saint-Dié	La Meurthe	374.0	336	11/08/1992	30/06/2020	28	0.0%
A6051020	La Meurthe à Saint-Dié [Ancienne localisation]	La Meurthe	374.0	336	30/08/1967	10/08/1992	25	0.0%
A6232010	La Plaine à Raon-l'Étape [La Trouche]	La Plaine	116.0	290	01/01/1970	30/04/2020	50	1.0%
A6151030	La Meurthe à Raon-l'Étape	La Meurthe	727.0	281	01/11/1973	30/06/2020	47	76.3%
A6341010	La Meurthe à Lunéville [aval]	La Meurthe	1 105.0	219	18/12/1982	30/04/2020	37	25.6%
A6571110	La Vezouze à Lunéville	La Vezouze	559.0	220	01/01/1969	30/04/2020	51	0.9%
A6761010	La Meurthe à Damelevières	La Meurthe	2 280.0	211	09/09/1969	30/06/2020	51	0.1
A6872010	Le Sanon à Dombasle-sur-Meurthe	Le Sanon	284.0	203	01/01/1988	30/04/2020	32	0.2
A6921010	La Meurthe à Laneuveville-devant-Nancy	La Meurthe	2 780.0	200	31/12/1985	30/04/2020	34	0.0
A6941010	La Meurthe à Malzéville [ancienne]	La Meurthe	2 930.0	189	01/01/1960	31/12/1990	31	0.0
A6941020	La Meurthe à Malzéville	La Meurthe	2 960.0	188	01/01/1991	30/04/2020	29	8.2

Tableau 5-8 : stations hydrométriques sur la Meurthe et ses affluents.

Les chroniques aux stations de Saint-Dié ne présentent pas d'incohérences manifestes et sont assemblées afin de constituer une unique série de débits sur l'ensemble de la période couverte par les deux stations (1967-2020).

De même pour les deux stations de Malzéville qui permettent la constitution d'une chronique de 1960 à 2020. A noter toutefois que les données de débits en basses eaux ne sont plus fournies par la BANQUE HYDRO depuis 2011.

Les données sur la Plaine et le Sânon ne sont pas exploitées dans la mesure où les estimations des débits moyens et d'étiage ne sont pas attendues.

Les points de calcul sont tous situés au droit de stations hydrométriques.

5.2.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons. A la station de Malzéville, seules les données antérieures à 2011 sont exploitées.

Depuis la mise en place du soutien d'étiage sur la Meurthe par le réservoir de Vieux-Pré vers 1993, les débits d'étiage sont fortement influencés. Pour ce qui concerne les modules, nous considérons que l'impact de la gestion du réservoir a peu d'impact à l'échelle annuelle.

Pour l'estimation des modules sur la Meurthe en aval de la confluence avec la Plaine, il n'est pas fait de différenciation entre la période avant 1993 et la période après 1993.

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe :

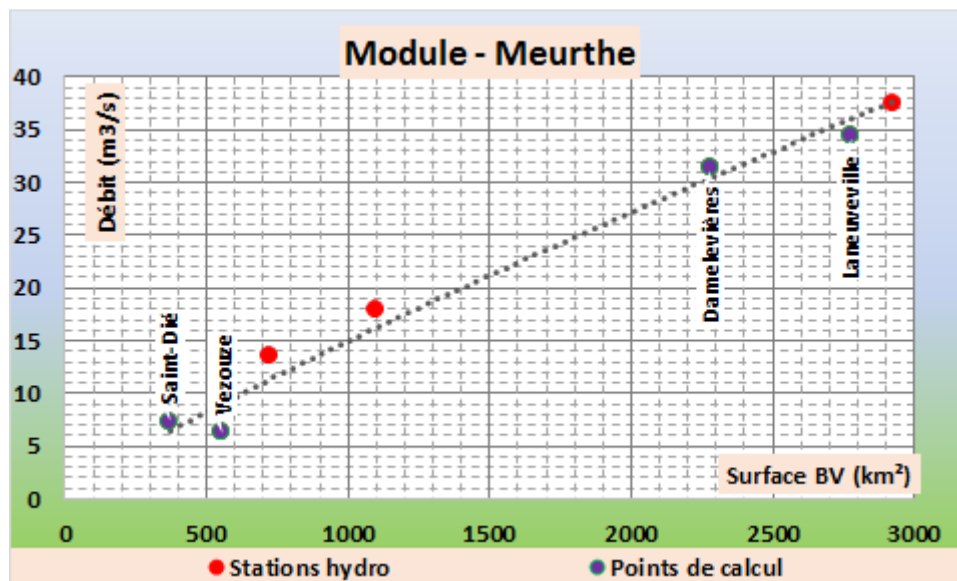


Figure 5-5 : module sur la Meurthe.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	4,5 [4,2-4,8]	3,0 [2,6-3,4]	17,5 [15,9-19,0]	21,7 [19,9-23,2]
10 ans sec	5,0 [4,7-5,3]	3,7 [3,3-4,0]	20,1 [18,5-21,5]	24,0 [22,3-25,5]
5 ans sec	5,7 [5,4-6,0]	4,5 [4,2-4,9]	23,5 [22,0-24,9]	27,1 [25,5-28,7]
Module	7,3 [7,0-7,6]	6,3 [6,0-6,7]	31,3 [29,8-32,8]	34,3 [32,6-36,1]

Tableau 5-9 : module sur la Meurthe et ses affluents.

5.2.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

Depuis la mise en place du soutien d'étiage sur la Meurthe par le réservoir de Vieux-Pré vers 1993, les débits d'étiage sont fortement influencés. Pour l'estimation des débits d'étiage sur la Meurthe en aval de la confluence avec la Plaine, deux échantillons sont constitués, l'un avant 1993 le second après 1993.

A la station de Laneuveville, l'échantillon avant 1993 comporte trop peu de données pour être exploitable.

5.2.3.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe pour les deux échantillonnages :

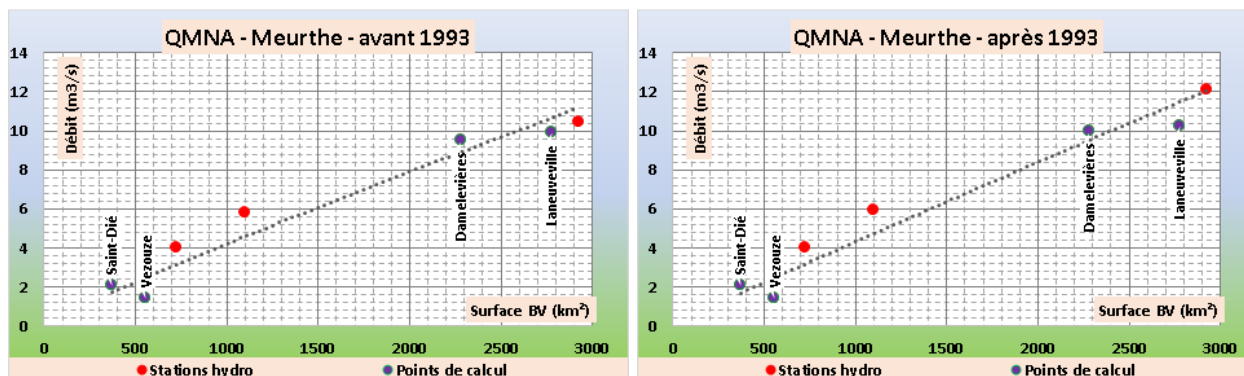


Figure 5-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	0,9 [0,8-1,1]	0,7 [0,6-0,8]	4,0 [2,9-4,9]	5,8 [4,5-6,8]
10 ans sec	1,2 [1,0-1,3]	0,8 [0,7-0,9]	5,1 [4,1-6,0]	6,5 [5,2-7,6]
5 ans sec	1,4 [1,3-1,6]	1,0 [0,9-1,1]	6,5 [5,6-7,3]	7,5 [6,3-8,7]
QMNA	2,0 [1,9-2,1]	1,4 [1,3-1,5]	9,5 [8,7-10,3]	9,9 [8,6-11,4]

Tableau 5-10 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.

QMNA (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	0,9 [0,8-1,1]	0,7 [0,6-0,8]	7,5 [7,1-7,9]	7,0 [6,5-7,5]
10 ans sec	1,2 [1,0-1,3]	0,8 [0,7-0,9]	8,0 [7,6-8,4]	7,6 [7,1-8,1]
5 ans sec	1,4 [1,3-1,6]	1,0 [0,9-1,1]	8,6 [8,3-9,0]	8,4 [8,0-8,9]
QMNA	2,0 [1,9-2,1]	1,4 [1,3-1,5]	9,9 [9,6-10,3]	10,2 [9,8-10,7]

Tableau 5-11 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.

5.2.3.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe pour les deux échantillonnages :

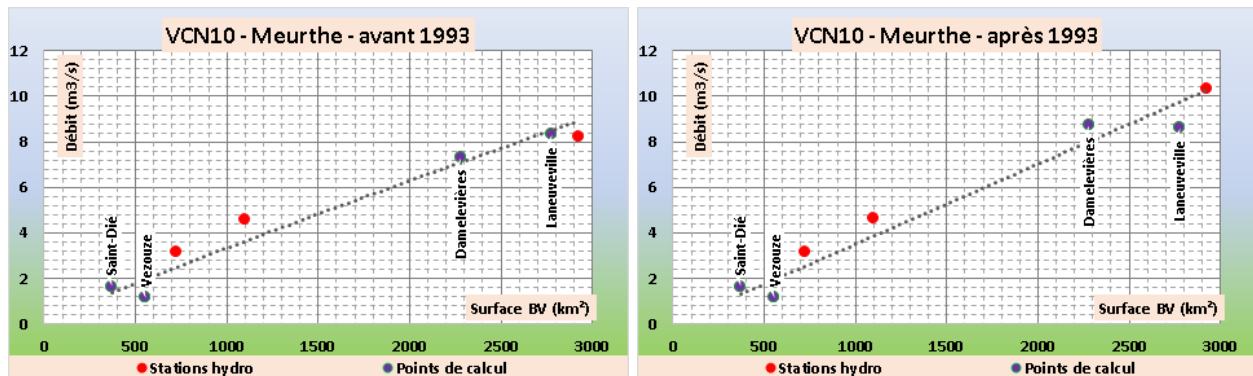


Figure 5-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	0,7 [0,6-0,8]	0,6 [0,5-0,6]	3,4 [2,6-4,1]	4,9 [3,6-5,9]
10 ans sec	0,9 [0,8-1,0]	0,7 [0,6-0,8]	4,2 [3,5-4,8]	5,6 [4,4-6,5]
5 ans sec	1,1 [1,0-1,2]	0,8 [0,8-0,9]	5,2 [4,6-5,8]	6,5 [5,4-7,4]
VCN10	1,6 [1,5-1,7]	1,1 [1,1-1,2]	7,3 [6,7-7,9]	8,3 [7,4-9,4]

Tableau 5-12 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.

VCN10 (m ³ /s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2 280 km ²	2 780 km ²
20 ans sec	0,7 [0,6-0,8]	0,6 [0,5-0,6]	7,1 [6,8-7,4]	5,7 [5,2-6,2]
10 ans sec	0,9 [0,8-1,0]	0,7 [0,6-0,8]	7,4 [7,2-7,7]	6,3 [5,8-6,7]
5 ans sec	1,1 [1,0-1,2]	0,8 [0,8-0,9]	7,9 [7,6-8,1]	7,0 [6,6-7,4]
VCN10	1,6 [1,5-1,7]	1,1 [1,1-1,2]	8,7 [8,5-8,9]	8,6 [8,2-9,0]

Tableau 5-13 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.

5.2.3.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe pour les deux échantillonnages :

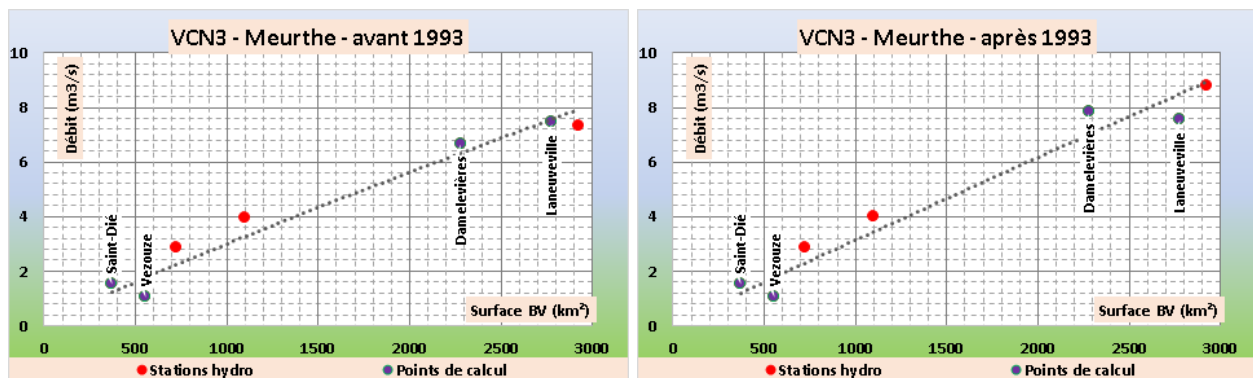


Figure 5-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	0,6 [0,5-0,8]	0,5 [0,5-0,6]	3,0 [2,3-3,7]	4,4 [3,5-5,2]
10 ans sec	0,8 [0,7-0,9]	0,6 [0,6-0,7]	3,8 [3,1-4,4]	5,0 [4,0-5,8]
5 ans sec	1,1 [1,0-1,1]	0,8 [0,7-0,8]	4,7 [4,1-5,3]	5,7 [4,8-6,5]
VCN10	1,5 [1,4-1,6]	1,0 [1,0-1,1]	6,6 [6,1-7,2]	7,4 [6,5-8,5]

Tableau 5-14 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents – avant 1993.

VCN3 (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2 280 km²	2 780 km²
20 ans sec	0,6 [0,5-0,8]	0,5 [0,5-0,6]	5,9 [5,5-6,2]	5,1 [4,7-5,4]
10 ans sec	0,8 [0,7-0,9]	0,6 [0,6-0,7]	6,3 [6,0-6,6]	5,5 [5,2-5,9]
5 ans sec	1,1 [1,0-1,1]	0,8 [0,7-0,8]	6,8 [6,5-7,1]	6,2 [5,8-6,5]
VCN10	1,5 [1,4-1,6]	1,0 [1,0-1,1]	7,8 [7,6-8,1]	7,6 [7,2-8,0]

Tableau 5-15 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents – après 1993.

5.3 MOSELLE AVAL

5.3.1 POINTS DE CALCUL

Trois points de calcul des débits moyens et d'étiages sont localisés sur l'axe Moselle aval :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
18	La Moselle à Custines	Moselle aval	X	X
25	La Moselle à Uckange	Moselle aval	X	X
31	La Moselle en amont de Pont-à-Mousson	Moselle aval	X	X

Tableau 5-16 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Moselle aval.

Six stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ces trois points de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A7010610	La Moselle à Custines	La Moselle	6 830.0	184	01/01/1973	30/05/2020	47	0.0
A7030620	La Moselle à Blénod-lès-Pont-à-Mousson	La Moselle	6 925.0	177	01/01/1969	31/12/1970	2	0.0
A7400061	La Moselle à Corny-sur-Moselle	La Moselle	7 762.0	172	25/04/2014	31/05/2020	6	0.0
A7430610	La Moselle à Metz [Pont des Morts]	La Moselle	7 878.0	159	01/01/1988	31/05/2020	32	25.7
A7930061	La Moselle à Hagondange	La Moselle	9 422.0	154	26/11/2012	31/05/2020	8	0.0
A7930610	La Moselle à Hauconcourt	La Moselle	9 387.0	155	01/01/1960	20/02/2013	53	0.1
A8500610	La Moselle à Uckange	La Moselle	10 770.0	150	01/01/1981	30/05/2020	39	0.1

Tableau 5-17 : stations hydrométriques sur la Moselle aval.

Les deux stations de Blénod-lès-Pont-à-Mousson et de Corny-sur-Moselle présentent des chroniques très courtes (2 et 6 ans respectivement) et ne sont pas retenues pour l'analyse statistique.

La station de Metz (Pont des Morts) présente de nombreuses lacunes sur sa période d'ouverture. En outre, il s'agit d'une station d'annonce des crues pour laquelle les débits en-dessous de 296 m³/s ne sont pas mesurés et/ou étalonnés. Elle n'est pas non plus retenue pour l'analyse.

Les chroniques aux stations de Hagondange et Hauconcourt ne présentent pas d'incohérences manifestes et sont assemblées afin de constituer une unique série de débits sur l'ensemble de la période couverte par les deux stations (1960-2020).

Les points de calcul ne sont pas tous situés au droit de stations hydrométriques : une transposition des résultats est nécessaire pour le point situé en amont de Pont-à-Mousson.

5.3.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

Depuis la mise en place du soutien d'étiage sur la Meurthe par le réservoir de Vieux-Pré vers 1993, les débits d'étiage sont fortement influencés. Pour ce qui concerne les modules, nous considérons que l'impact de la gestion du réservoir a peu d'impact à l'échelle inter-annuelle. Le volume de la retenue de 55 à 60 Mm³ correspond à un débit moyen annuel d'environ 1,7 à 1,9 m³/s.

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

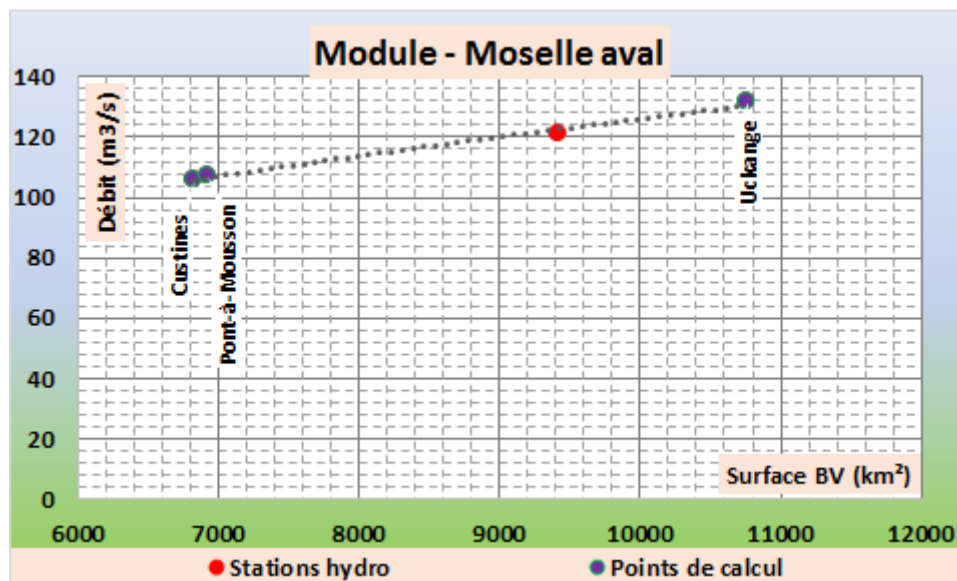


Figure 5-9 : module sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont-à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	66,4 [62,0-70,5]	67,3 [62,9-71,4]	79,0 [72,2-85,1]
10 ans sec	73,4 [69,0-77,4]	74,4 [70,0-78,5]	88,4 [81,8-94,5]
5 ans sec	83,0 [78,7-87,1]	84,2 [79,8-88,3]	101,4 [94,9-107,5]
Module	105,7 [101,1-110,5]	107,2 [102,5-112,1]	131,7 [124,8-139,0]

Tableau 5-18 : Module sur la Moselle aval.

5.3.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

Depuis la mise en place du soutien d'étiage sur la Meurthe par le réservoir de Vieux-Pré vers 1993, les débits d'étiage sont fortement influencés. Pour l'estimation des débits d'étiage sur la Moselle aval, deux échantillons sont constitués, l'un avant 1993 le second après 1993.

5.3.3.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

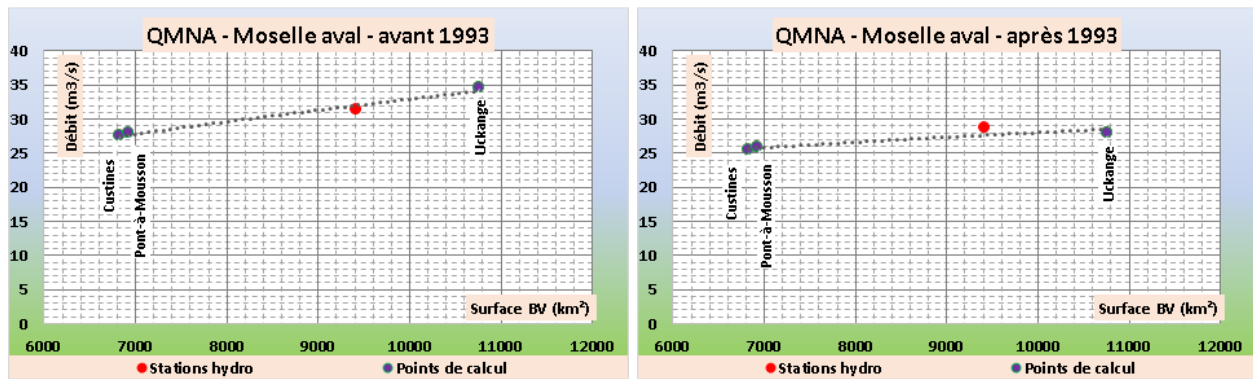


Figure 5-10 : QMNA sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont-à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	12,2 [9,3-14,7]	12,4 [9,4-14,9]	18,0 [14,4-21,2]
10 ans sec	15,1 [12,3-17,5]	15,3 [12,4-17,8]	20,8 [17,2-24,0]
5 ans sec	18,9 [16,3-21,3]	19,2 [16,5-21,6]	24,8 [21,1-28,2]
QMNA	27,5 [24,9-30,2]	27,9 [25,2-30,6]	34,6 [30,6-39,2]

Tableau 5-19 : QMNA sur la Moselle aval – avant 1993.

QMNA (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont-à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	14,8 [13,5-16,0]	15,0 [13,7-16,2]	18,0 [16,5-19,3]
10 ans sec	16,9 [15,6-18,0]	17,1 [15,8-18,3]	19,7 [18,2-21,0]
5 ans sec	19,7 [18,4-20,8]	19,9 [18,7-21,1]	22,1 [20,7-23,4]
QMNA	26,0 [24,8-27,4]	26,4 [25,1-27,7]	27,9 [26,3-29,5]

Tableau 5-20 : QMNA sur la Moselle aval – après 1993.

5.3.3.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

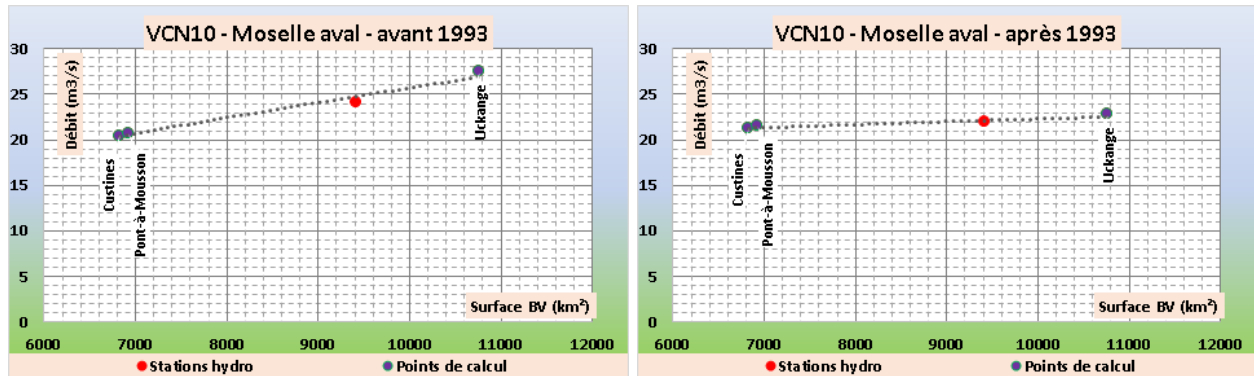


Figure 5-11 : VCN10 sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont-à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	8,8 [6,5-10,8]	9,0 [6,6-11,0]	15,6 [12,2-18,2]
10 ans sec	11,1 [8,9-13,0]	11,2 [9,0-13,1]	17,9 [14,8-20,4]
5 ans sec	14,0 [12,0-15,8]	14,2 [12,1-16,1]	20,9 [18,1-23,3]
VCN10	20,4 [18,5-22,4]	20,7 [18,8-22,8]	27,4 [24,9-30,1]

Tableau 5-21 : VCN10 sur la Moselle aval – avant 1993.

VCN10 (m ³ /s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km ²	6 925 km ²	10 770 km ²
20 ans sec	11,8 [10,7-12,8]	12,0 [10,8-13,0]	15,5 [14,4-16,5]
10 ans sec	13,5 [12,5-14,5]	13,7 [12,6-14,7]	16,8 [15,7-17,8]
5 ans sec	15,8 [14,8-16,7]	16,0 [15,0-16,9]	18,6 [17,5-19,6]
VCN10	20,7 [19,8-21,7]	21,0 [20,0-22,0]	22,7 [21,6-23,9]

Tableau 5-22 : VCN10 sur la Moselle aval – après 1993.

5.3.3.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

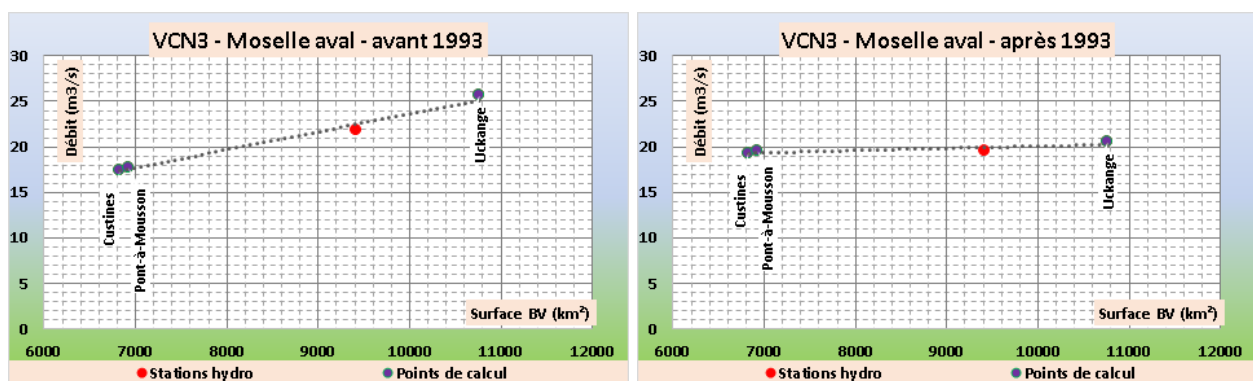


Figure 5-12 : VCN3 sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	6,4 [4,2-8,3]	6,5 [4,3-8,3]	14,6 [11,4-17,0]
10 ans sec	8,5 [6,5-10,3]	8,6 [6,5-10,4]	16,7 [13,9-19,1]
5 ans sec	11,3 [9,4-13,0]	11,5 [9,5-13,2]	19,6 [17,0-21,8]
VCN3	17,4 [15,6-19,3]	17,6 [15,8-19,6]	25,7 [23,3-28,2]

Tableau 5-23 : VCN3 sur la Moselle aval – avant 1993.

VCN3 (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6 830 km²	6 925 km²	10 770 km²
20 ans sec	9,8 [8,8-10,8]	10,0 [8,9-10,9]	14,5 [13,6-15,3]
10 ans sec	11,4 [10,4-12,4]	11,6 [10,6-12,5]	15,6 [14,7-16,4]
5 ans sec	13,6 [12,6-14,5]	13,8 [12,8-14,7]	17,1 [16,2-17,9]
VCN3	18,3 [17,4-19,3]	18,6 [17,6-19,5]	20,6 [19,7-21,6]

Tableau 5-24 : VCN3 sur la Moselle aval – après 1993.

5.4 SEILLE

5.4.1 POINTS DE CALCUL

Deux points de calcul des débits moyens et d'étiages sont localisés sur le bassin versant de la Seille, tous deux sur le cours principal de la Seille :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
33	La Seille à Salonnnes (amont Petite Seille)	Moselle aval	X	X
20	La Seille à Metz	Moselle aval	X	X

Tableau 5-25 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Meurthe.

Six stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ces quatre points de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A7581020	La Seille à Moyenvic	La Seille	352	199	23/08/1985	30/04/2020	35	0.5
A7642010	La Petite Seille à Château-Salins	La Petite Seille	143	202	01/01/1969	31/05/2020	51	0.5
A7701010	La Seille à Chambrey	La Seille	559	199	30/12/2002	30/05/2020	17	0.5
A7821010	La Seille à Nomeny	La Seille	925	181	01/01/1969	30/05/2020	51	0.3
A7881010	La Seille à Metz [pont Lothaire]	La Seille	1 280	163	01/10/1964	20/09/2015	51	1.9
A7881020	La Seille à Metz [Pont Lothaire amont]	La Seille	1 280	163	01/11/2015	30/05/2020	5	0.0

Tableau 5-26 : stations hydrométriques sur le bassin versant de la Seille.

Les chroniques aux stations de Metz ne présentent pas d'incohérences manifestes et sont assemblées afin de constituer une unique série de débits sur l'ensemble de la période couverte par les deux stations (1964-2020).

Pour le point de calcul de Salonnnes, une transposition est opérée sur la base des débits estimés à la station hydrométrique de Moyenvic.

Les résultats sur la Petite Seille n'étant pas attendus, la station de Château-Salins n'est pas utilisée pour l'analyse.

5.4.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

L'influence de la gestion de l'étang de Lindre est supposée négligeable à l'échelle annuelle. Le réservoir, d'environ 13 Mm³, n'a pas vocation à réguler les écoulements de la Seille. Son volume correspond à un débit moyen annuel d'environ 0,4 m³/s.

Il est vidangé partiellement sur les mois de septembre-octobre tous les 2 à 3 ans en moyenne, le remplissage du même volume vidangé se faisant lors de l'hiver suivant.

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

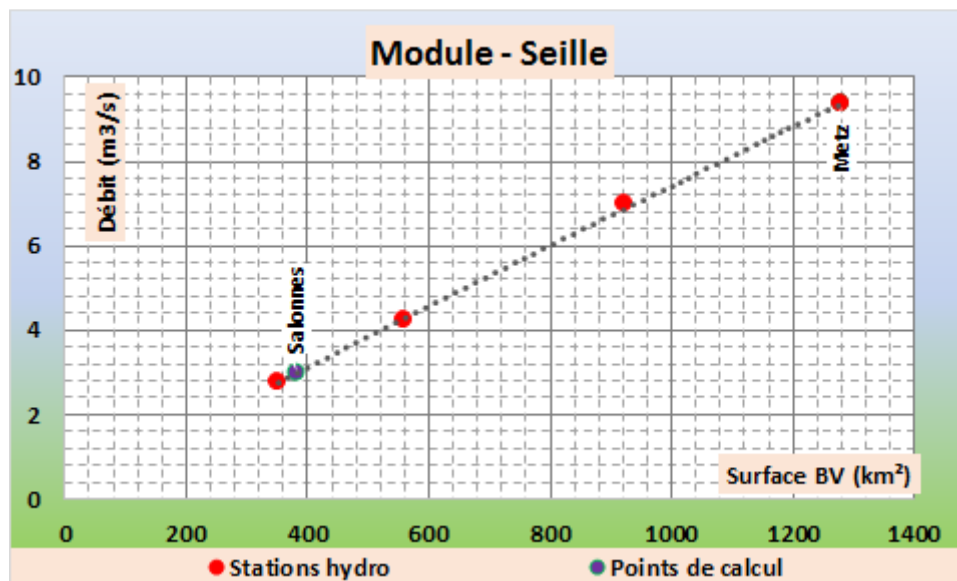


Figure 5-13 : module sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Seille à Salornes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1 280 km²
20 ans sec	1,7 [1,5-1,8]	4,1 [3,5-4,7]
10 ans sec	1,9 [1,7-2,1]	5,1 [4,5-5,6]
5 ans sec	2,2 [2,1-2,4]	6,4 [5,9-7,0]
Module	3,0 [2,8-3,2]	9,3 [8,8-9,9]

Tableau 5-27 : module sur la Seille.

5.4.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

La gestion de l'étang de Lindre est assez particulière avec une vidange de l'étang à l'automne en septembre ou octobre. Cette gestion peut influencer les valeurs minimales des débits d'étiages les années où les mois de septembre et octobre sont particulièrement secs : pour certaines années, l'étiage minimal aurait pu être observé sur les mois de septembre ou d'octobre sans la vidange de l'étang de Lindre. Ainsi, la gestion de l'étang influence l'échantillonnage des débits d'étiages (autrement dit, certaines années, la valeur retenue dans l'échantillon aurait été plus faible sans l'influence de l'étang de Lindre).

5.4.3.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

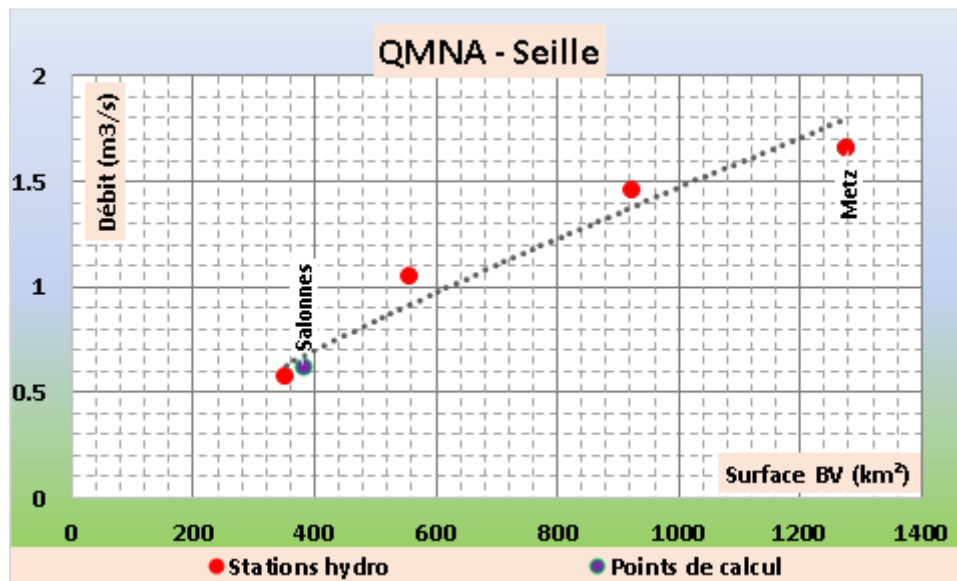


Figure 5-14 : QMNA sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

QMNA (m³/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1 280 km²
20 ans sec	0,27 [0,23-0,31]	0,8 [0,7-0,9]
10 ans sec	0,33 [0,28-0,37]	1,0 [0,9-1,1]
5 ans sec	0,41 [0,36-0,45]	1,2 [1,1-1,3]
QMNA	0,62 [0,57-0,68]	1,7 [1,6-1,7]

Tableau 5-28 : QMNA sur la Seille.

5.4.3.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

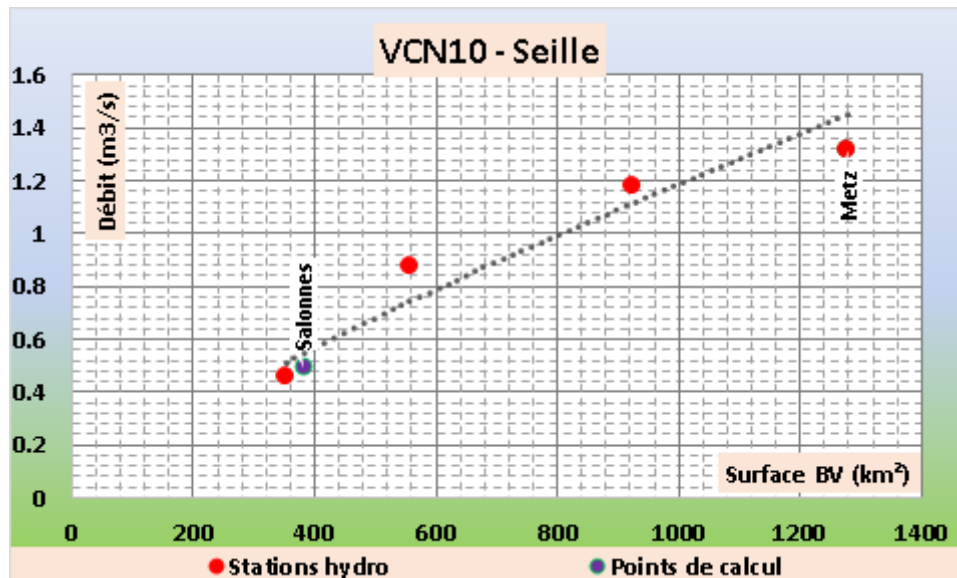


Figure 5-15 : VCN10 sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN10 (m³/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1 280 km²
20 ans sec	0,24 [0,21-0,27]	0,7 [0,6-0,7]
10 ans sec	0,28 [0,25-0,31]	0,8 [0,7-0,9]
5 ans sec	0,34 [0,31-0,38]	1,0 [0,9-1,0]
VCN10	0,50 [0,46-0,54]	1,3 [1,2-1,4]

Tableau 5-29 : VCN10 sur la Seille.

5.4.3.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

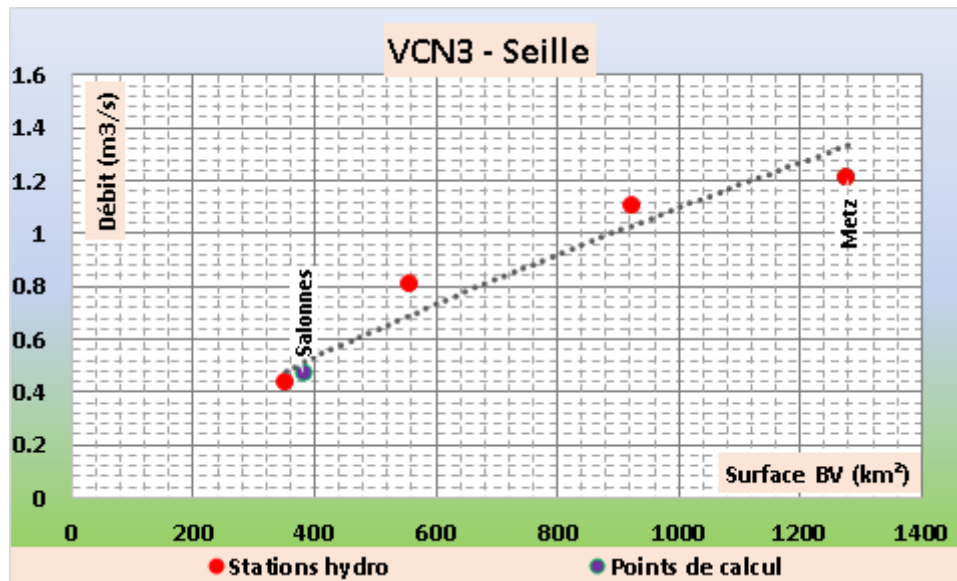


Figure 5-16 : VCN3 sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN3 (m³/s)	Seille à Salornnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1 280 km²
20 ans sec	0,22 [0,19-0,25]	0,6 [0,6-0,7]
10 ans sec	0,26 [0,23-0,30]	0,7 [0,7-0,8]
5 ans sec	0,33 [0,29-0,36]	0,9 [0,8-0,9]
VCN10	0,47 [0,43-0,51]	1,2 [1,1-1,3]

Tableau 5-30 : VCN3 sur la Seille.

5.5 ORNE ET SES AFFLUENTS

5.5.1 POINTS DE CALCUL

Six points de calcul des débits moyens et d'étiages sont localisés sur le bassin versant de l'Orne :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
21	L'Orne à Moyeuvre-Grande	Moselle aval	X	X
22	L'Orne à son exutoire	Moselle aval	X	X
23	L'Orne à Jarny (amont confluence Yron)	Moselle aval	X	X
35	Le Woigot	Moselle aval	X	X
36	Le Longeau	Moselle aval	X	X
37	L'Yron	Moselle aval	X	X

Tableau 5-31 : points de calcul des débits sur le bassin versant de l'Orne.

Dix stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ces six points de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A8006210	Le ruisseau de Vaux à Morgemoulin	Le ruisseau de Vaux	42.3	207	23/06/1984	30/04/2020	36	0.0
A8021010	L'Orne à Étain	L'Orne	138.0	199	01/01/1997	31/05/2020	23	13.1
A8071010	L'Orne à Boncourt	L'Orne	412.0	185	01/01/1960	30/06/2020	60	17.7
A8120201	L'Yron à Jarny [droitaumont]	L'Yron	156.0	189	01/01/2013	31/05/2020	7	13.1
A8122000	L'Yron à Hannonville-Suzémont	L'Yron	150.0	197	04/12/1998	31/05/2020	21	1.1
A8182010	L'Yron à Jarny [La Cartoucherie]	L'Yron	383.0	187	01/01/1960	27/02/2003	43	31.2
A8201010	L'Orne à Jarny [Labry]	L'Orne	820.0	186	01/01/2007	31/05/2020	13	0.0
A8322010	Le Woigot à Briey	Le Woigot	75.8	204	14/06/1967	31/05/2020	53	0.0
A8401010	L'Orne à Moyeuvre-Grande	L'Orne	1 141.0	170	25/12/2003	30/05/2020	16	0.4
A8431010	L'Orne à Rosselange	L'Orne	1 226.0	164	16/12/1967	30/04/2020	52	11.4

Tableau 5-32 : stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Orne.

La station sur le ruisseau de Vaux, située très en amont, et la station sur l'Yron à Jarny-Droitaumont, récemment ouverte en 2013, ne sont pas utilisées.

5.5.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

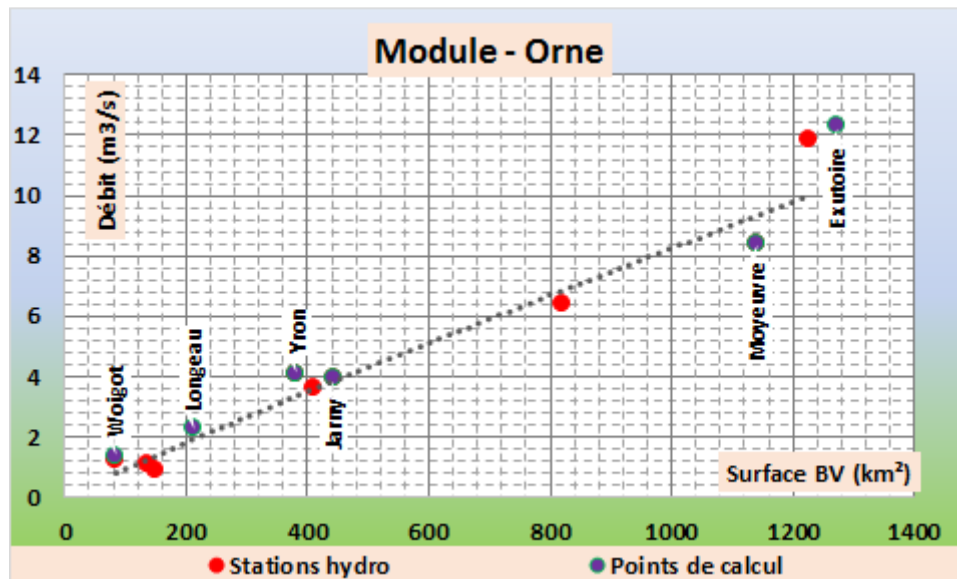


Figure 5-17 : module sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

Module (m³/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre-Grande	Orne à l'exutoire
Bassin versant	443 km²	1 141 km²	1 274 km²
20 ans sec	1,6 [1,3-1,9]	4,4 [3,4-5,3]	5,2 [4,2-6,1]
10 ans sec	2,1 [1,8-2,3]	5,2 [4,3-6,0]	6,6 [5,7-7,5]
5 ans sec	2,7 [2,4-2,9]	6,2 [5,4-7,0]	8,4 [7,6-9,2]
Module	3,9 [3,6-4,2]	8,4 [7,6-9,2]	12,3 [11,5-13,1]

Tableau 5-33 : module sur l'Orne.

Module (m ³ /s)	Woigot	Longeau	Yron
Bassin versant	84 km ²	213 km ²	383 km ²
20 ans sec	0,55 [0,45-0,64]	1,0 [0,7-1,2]	1,8 [1,3-2,2]
10 ans sec	0,72 [0,62-0,80]	1,2 [1,0-1,4]	2,2 [1,8-2,6]
5 ans sec	0,93 [0,84-1,0]	1,6 [1,4-1,8]	2,8 [2,4-3,2]
Module	1,36 [1,28-1,44]	2,3 [2,1-2,5]	4,1 [3,7-4,4]

Tableau 5-34 : module sur les affluents de l'Orne.

5.5.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

5.5.3.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

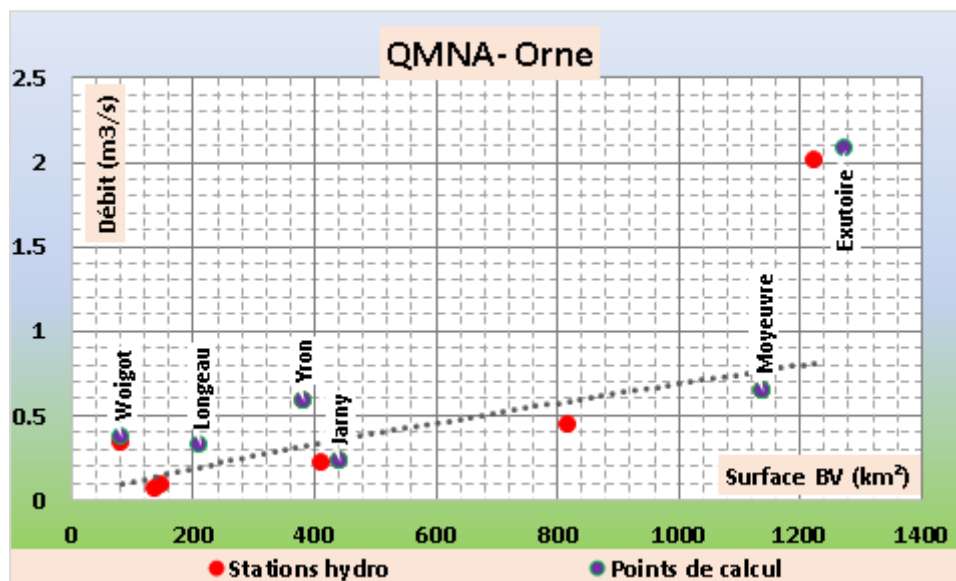


Figure 5-18 : QMNA sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m ³ /s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre- Grande	Orne à l'exutoire
Bassin versant	443 km ²	1 141 km ²	1 274 km ²
20 ans sec	0,05 [0,04-0,07]	0,15 [0,03-0,25]	0,63 [0,44-0,81]
10 ans sec	0,07 [0,06-0,08]	0,24 [0,13-0,34]	0,92 [0,73-1,08]
5 ans sec	0,11 [0,09-0,13]	0,37 [0,26-0,46]	1,28 [1,11-1,44]
QMNA	0,23 [0,20-0,26]	0,64 [0,54-0,75]	2,08 [1,92-2,25]

Tableau 5-35 : QMNA sur l'Orne.

QMNA (m ³ /s)	Woigot	Longeau	Yron
Bassin versant	84 km ²	213 km ²	383 km ²
20 ans sec	0,13 [0,11-0,15]	0,08 [0,01-0,13]	0,14 [0,03-0,23]
10 ans sec	0,17 [0,15-0,19]	0,14 [0,08-0,18]	0,25 [0,15-0,33]
5 ans sec	0,23 [0,20-0,25]	0,21 [0,17-0,25]	0,38 [0,30-0,45]
QMNA	0,37 [0,34-0,40]	0,35 [0,32-0,39]	0,63 [0,57-0,70]

Tableau 5-36 : QMNA sur les affluents de l'Orne.

5.5.3.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

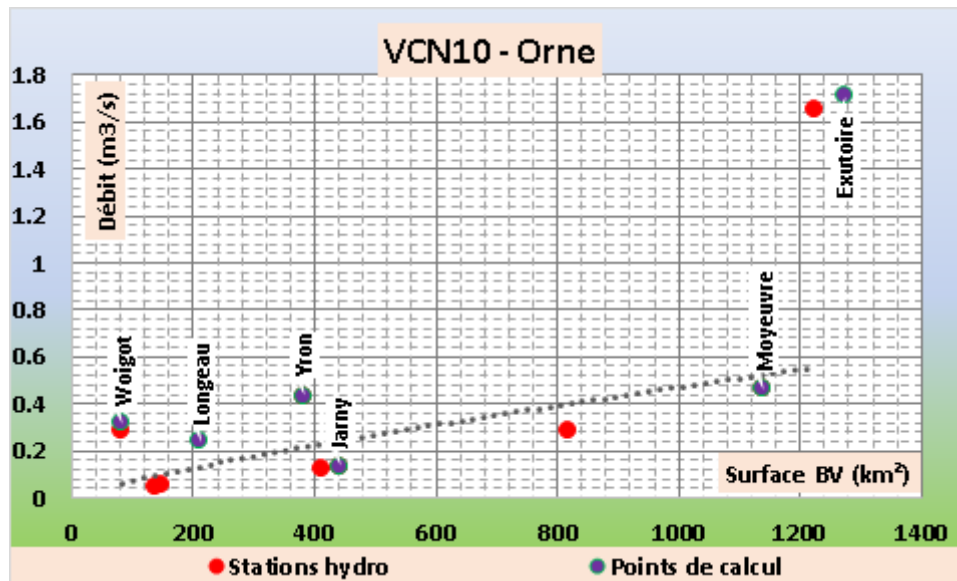


Figure 5-19 : VCN10 sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre- Grande	Orne à l'exutoire
Bassin versant	443 km²	1 141 km²	1 274 km²
20 ans sec	0,03 [0,02-0,04]	0,11 [0,04-0,18]	0,50 [0,32-0,66]
10 ans sec	0,04 [0,04-0,05]	0,18 [0,10-0,24]	0,75 [0,59-0,89]
5 ans sec	0,06 [0,05-0,07]	0,26 [0,19-0,33]	1,06 [0,92-1,20]
VCN10	0,13 [0,11-0,15]	0,46 [0,39-0,54]	1,71 [1,58-1,84]

Tableau 5-37 : VCN10 sur l'Orne.

VCN10 (m ³ /s)	Woigot	Longeau	Yron
Bassin versant	84 km ²	213 km ²	383 km ²
20 ans sec	0,08 [0,05-0,10]	0,07 [0,04-0,09]	0,03 [0,02-0,04]
10 ans sec	0,12 [0,10-0,15]	0,10 [0,07-0,12]	0,04 [0,03-0,05]
5 ans sec	0,18 [0,16-0,21]	0,14 [0,11-0,16]	0,06 [0,05-0,07]
VCN10	0,32 [0,29-0,34]	0,24 [0,21-0,27]	0,12 [0,11-0,14]

Tableau 5-38 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.

5.5.3.3 VCN3

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

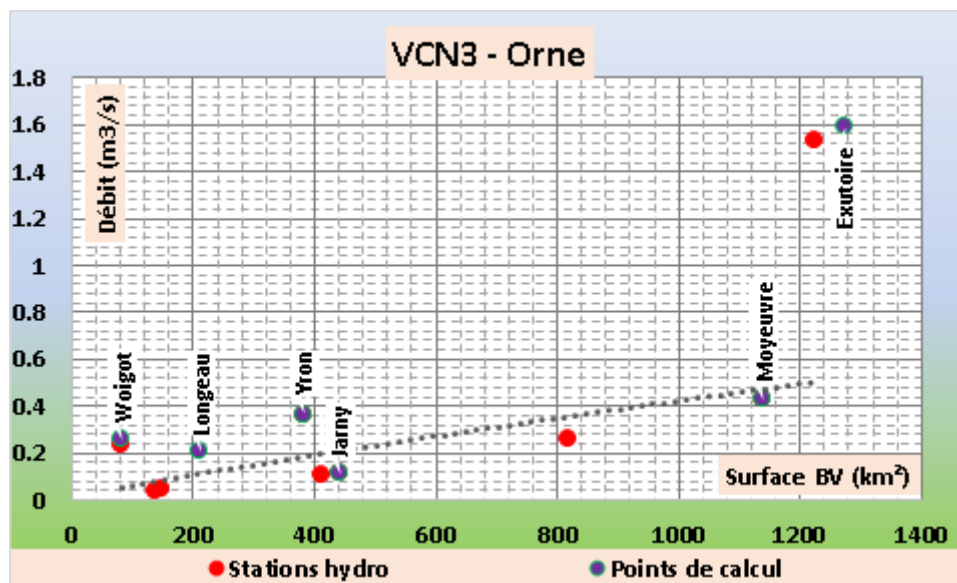


Figure 5-20 : VCN3 sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m³/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre- Grande	Orne à l'exutoire
Bassin versant	443 km²	1 141 km²	1 274 km²
20 ans sec	0,02 [0,02-0,03]	0,10 [0,03-0,16]	0,43 [0,25-0,59]
10 ans sec	0,03 [0,03-0,04]	0,16 [0,09-0,22]	0,68 [0,51-0,82]
5 ans sec	0,05 [0,04-0,06]	0,24 [0,17-0,30]	0,98 [0,84-1,11]
VCN3	0,11 [0,09-0,12]	0,43 [0,36-0,50]	1,59 [1,47-1,71]

Tableau 5-39 : VCN3 sur l'Orne.

VCN3 (m³/s)	Woigot	Longeau	Yron
Bassin versant	84 km²	213 km²	383 km²
20 ans sec	0,06 [0,03-0,08]	0,05 [0,02-0,07]	0,02 [0,02-0,03]
10 ans sec	0,10 [0,07-0,11]	0,08 [0,05-0,10]	0,03 [0,02-0,04]
5 ans sec	0,15 [0,13-0,17]	0,11 [0,09-0,14]	0,05 [0,04-0,05]
VCN3	0,26 [0,24-0,28]	0,20 [0,18-0,23]	0,10 [0,09-0,12]

Tableau 5-40 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.

5.6 FENSCH

5.6.1 POINTS DE CALCUL

Un unique point de calcul des débits moyens et d'étiages est localisé sur le bassin versant de la Fensch :

N°	Point hydrologique	Sous-bassin	Débits de crues	Débits d'étiages
38	La Fensch à Knutange	Moselle aval	X	X

Tableau 5-41 : points de calcul des débits sur le bassin versant de la Fensch.

Deux stations hydrométriques sont disponibles pour l'évaluation des débits moyens et d'étiages en ce point de calcul :

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A8612010	La Fensch à Florange [Maisons Neuves]	La Fensch	82.6	152	01/01/1968	02/07/2002	34	3.1
A8612020	La Fensch à Knutange	La Fensch	28.6	200	01/10/1984	31/05/2020	36	44.9

Tableau 5-42 : stations hydrométriques sur le bassin versant de la Fensch.

Seules les données à la station de Knutange sont exploitées.

La station a été ouverte en 1984. Toutefois, la chronique de débit comporte une longue période de lacunes s'étalant de 1991 à 2006. Le nombre de valeurs dans les échantillons est ainsi réduit à 17 ou 18 selon les grandeurs caractéristiques étudiées.

A noter que les débits de la Fensch sont fortement influencés par les exhaures et les rejets industriels.

5.6.2 MODULES INTER-ANNUELS

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons.

Les valeurs calculées au point de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Fensch à Knutange
Bassin versant	29 km²
20 ans sec	0,7 [0,6-0,8]
10 ans sec	0,8 [0,7-0,9]
5 ans sec	0,9 [0,8-1,0]
Module	1,2 [1,1-1,2]

Tableau 5-43 : module sur la Fensch.

5.6.3 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

L'ensemble des années disponibles sont exploitées pour constituer les échantillons. La chronique compte une longue discontinuité entre 1991 et 2006 qui ne permet pas véritablement de réaliser tous les tests de vérification sur l'échantillonnage.

Les valeurs calculées au point de calcul sont données dans le tableau suivant :

Fensch à Knutange	QMNA (m³/s)	VCN10 (m³/s)	VCN3 (m³/s)
Bassin versant	29 km ²	29 km ²	29 km ²
20 ans sec	0,04 [0-0,09]	0,02 [0-0,06]	0,01 [0-0,05]
10 ans sec	0,10 [0,04-0,14]	0,07 [0,02-0,11]	0,06 [0,01-0,10]
5 ans sec	0,17 [0,12-0,21]	0,13 [0,09-0,17]	0,12 [0,07-0,16]
Médiane	0,32 [0,27-0,38]	0,28 [0,23-0,32]	0,26 [0,21-0,30]

Tableau 5-44 : débits caractéristiques d'étiages sur la Fensch.

6 ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS « NATURELS » RECONSTITUES

6.1 MISE EN ŒUVRE

Le modèle hydrologique calé sur la situation observée, il est possible de reconstituer une chronique de débits « naturels » ou non influencés en désactivant l'ensemble des éléments en lien avec les usages de l'eau (prélèvements, barrages-réservoirs, ...).

Ainsi, la chronique 1980-2020 est simulée en désactivant tous les prélèvements ainsi que les retenues d'eau initialement intégrés dans le modèle hydrologique.

Les mêmes traitements statistiques sont ensuite opérés sur les chroniques de débits « naturels ».

Les échantillons comprennent toutes les valeurs annuelles de chaque grandeur étudiées (il n'y a aucune lacune par reconstitution) et les séries sont globalement homogènes (pas d'hétérogénéité dans le temps due à la création d'un ouvrage structurant).

Enfin, les points de calcul correspondant à des nœuds de calcul du modèle hydrologique, aucune loi de transposition des résultats n'est nécessaire.

6.2 MOSELLE AMONT

6.2.1 MODULES INTER-ANNUELS

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

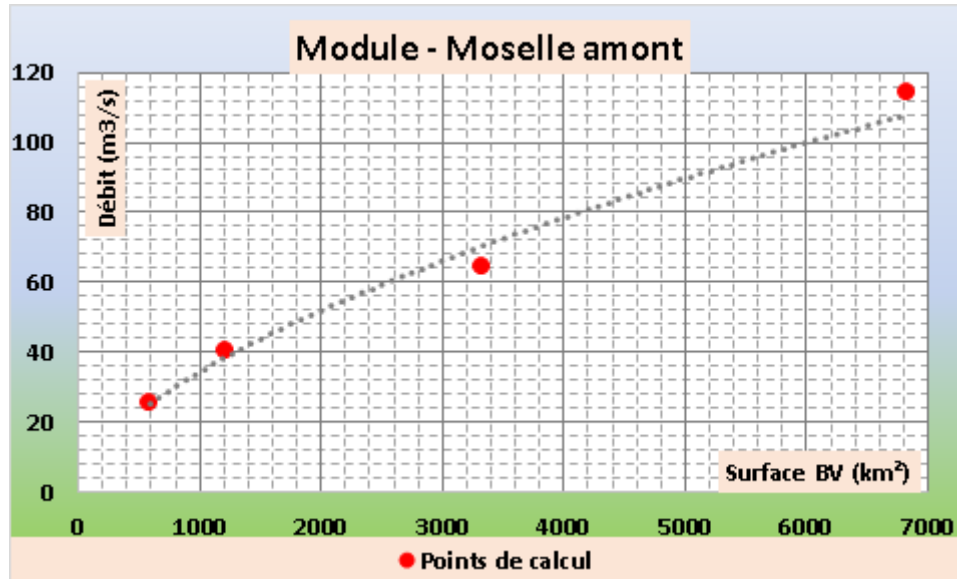


Figure 6-1 : module sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km²	1217 km²	3338 km²	6830 km²
20 ans sec	16.8 [15.6-17.9]	26.6 [24.7-28.3]	40.8 [37.4-43.8]	74.1 [68.4-79.1]
10 ans sec	18.5 [17.4-19.5]	29.3 [27.5-30.9]	45.5 [42.4-48.3]	82.0 [76.7-86.7]
5 ans sec	20.7 [19.6-21.6]	32.8 [31.1-34.3]	51.6 [48.7-54.2]	92.2 [87.4-96.7]
Mediane	25.1 [24.2-26]	40.0 [38.5-41.6]	64.2 [61.6-66.9]	114.1 [109.5-118.7]

Tableau 6-1 : module sur la Moselle amont.

6.2.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

6.2.2.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

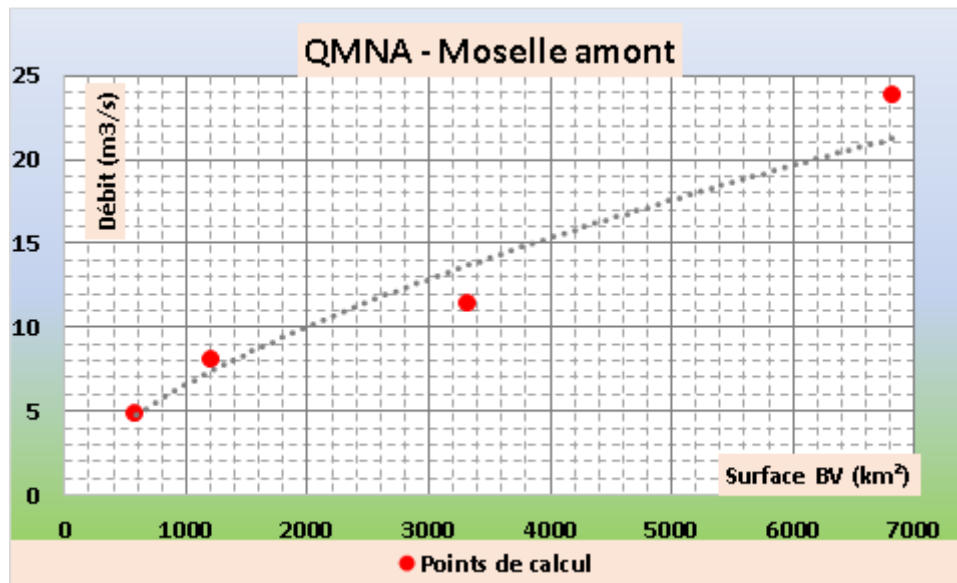


Figure 6-2 : QMNA sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

QMNA (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.7 [1.2-2]	3.1 [2.5-3.7]	4.0 [3-4.9]	11.6 [10-13]
10 ans sec	2.2 [1.8-2.6]	4.0 [3.4-4.6]	5.4 [4.4-6.3]	13.8 [12.3-15.2]
5 ans sec	3.0 [2.7-3.4]	5.2 [4.7-5.8]	7.3 [6.4-8.1]	16.9 [15.4-18.2]
Mediane	4.8 [4.4-5.2]	8.0 [7.4-8.7]	11.3 [10.5-12.2]	23.8 [22.3-25.4]

Tableau 6-2 : QMNA sur la Moselle amont.

6.2.2.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

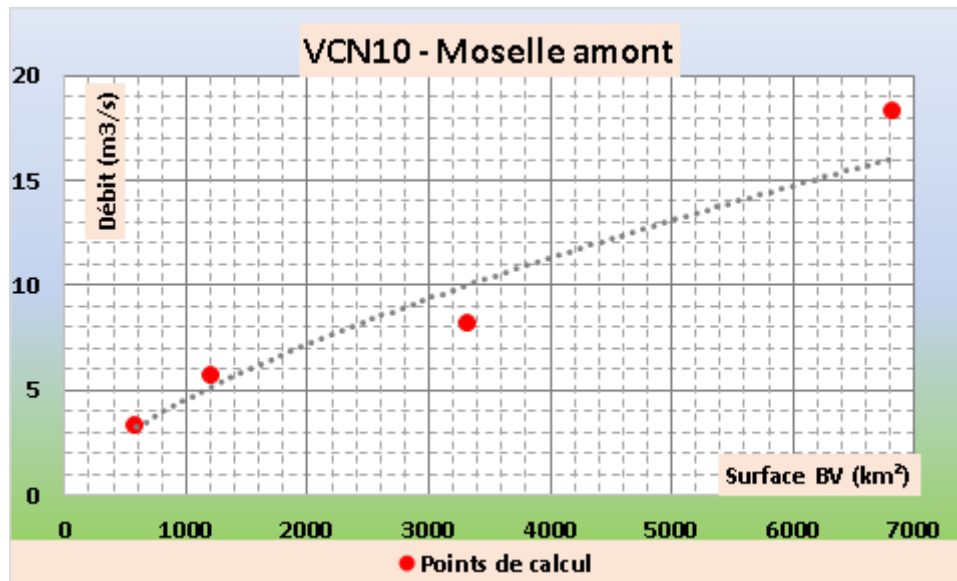


Figure 6-3 : VCN10 sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN10 (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.4 [1.1-1.6]	2.4 [2-2.8]	3.2 [2.5-3.9]	10.4 [9.3-11.3]
10 ans sec	1.7 [1.5-2]	3.1 [2.6-3.4]	4.2 [3.6-4.8]	11.9 [10.9-12.8]
5 ans sec	2.2 [2-2.4]	3.9 [3.5-4.2]	5.5 [4.9-6]	13.9 [12.9-14.8]
Mediane	3.2 [3-3.5]	5.7 [5.3-6.1]	8.1 [7.6-8.6]	18.2 [17.3-19.2]

Tableau 6-3 : VCN10 sur la Moselle amont.

6.2.2.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle amont :

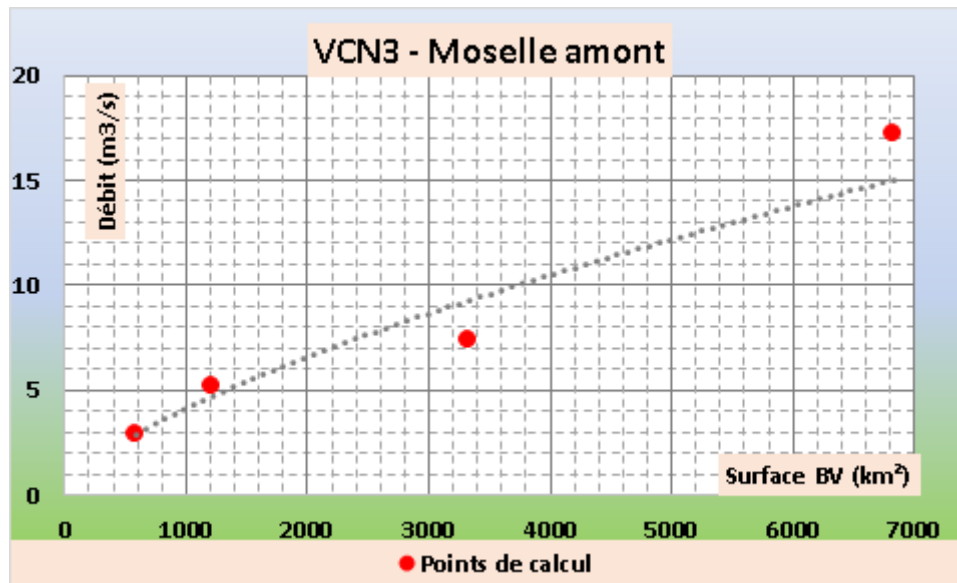


Figure 6-4 : VCN3 sur la Moselle amont.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN3 (m3/s)	Moselle à Remiremont	Moselle à Epinal	Moselle à Toul	Moselle à Custines
Bassin versant	589 km ²	1217 km ²	3338 km ²	6830 km ²
20 ans sec	1.3 [1.1-1.5]	2.3 [1.9-2.6]	3.0 [2.4-3.6]	10.0 [9-10.9]
10 ans sec	1.6 [1.4-1.8]	2.9 [2.5-3.2]	3.9 [3.3-4.5]	11.4 [10.5-12.3]
5 ans sec	2.0 [1.8-2.2]	3.6 [3.2-3.9]	5.1 [4.5-5.5]	13.3 [12.4-14.1]
Mediane	2.9 [2.7-3.1]	5.2 [4.8-5.5]	7.4 [6.9-7.9]	17.2 [16.4-18]

Tableau 6-4 : VCN3 sur la Moselle amont.

6.3 MEURTHE ET SES AFFLUENTS

6.3.1 MODULES INTER-ANNUELS

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe :

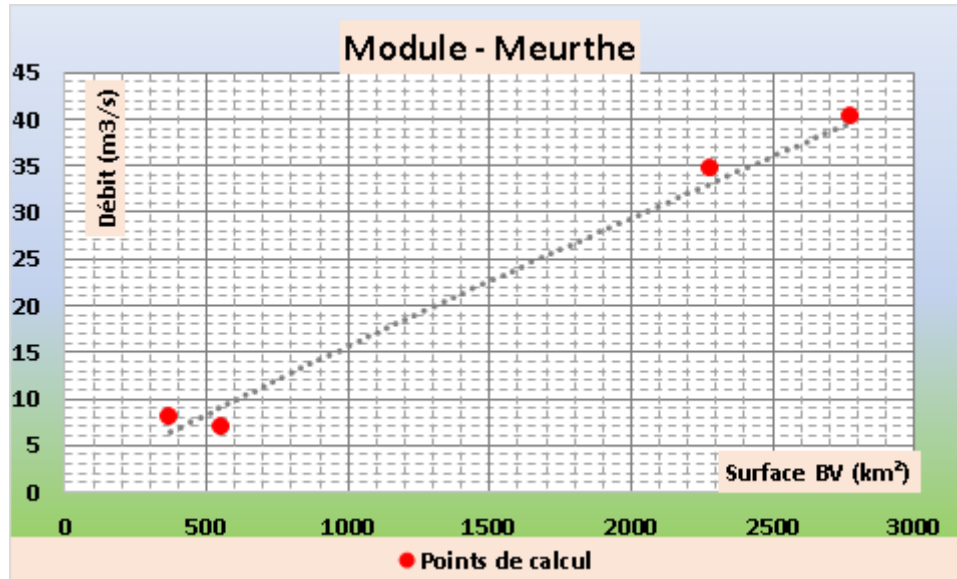


Figure 6-5 : module sur la Meurthe.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2280 km²	2780 km²
20 ans sec	5.3 [4.9-5.6]	4.3 [4-4.7]	22.4 [20.7-23.8]	25.4 [23.4-27.2]
10 ans sec	5.8 [5.4-6.1]	4.9 [4.5-5.2]	24.7 [23.1-26.1]	28.3 [26.4-30]
5 ans sec	6.4 [6.1-6.7]	5.5 [5.2-5.8]	27.8 [26.3-29.2]	32.1 [30.3-33.7]
Mediane	7.9 [7.6-8.3]	7.0 [6.7-7.3]	34.7 [33.2-36.2]	40.2 [38.5-41.9]

Tableau 6-5 : module sur la Meurthe et ses affluents.

6.3.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

6.3.2.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe :

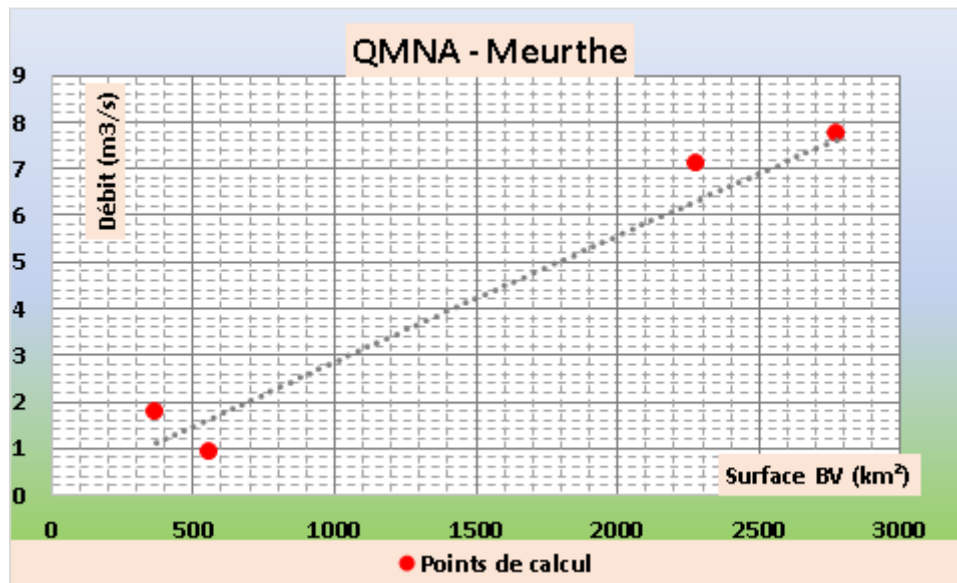


Figure 6-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m3/s)	Meurthe à Saint- Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	0.8 [0.7-0.9]	0.3 [0.3-0.4]	2.7 [2.1-3.2]	2.9 [2.4-3.5]
10 ans sec	0.9 [0.8-1]	0.4 [0.3-0.5]	3.5 [2.9-4]	3.8 [3.2-4.3]
5 ans sec	1.2 [1-1.3]	0.5 [0.5-0.6]	4.6 [4-5.1]	5.0 [4.4-5.5]
Mediane	1.8 [1.6-1.9]	0.9 [0.8-1]	7.1 [6.6-7.7]	7.7 [7.1-8.4]

Tableau 6-6 : QMNA sur la Meurthe et ses affluents.

6.3.2.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe :

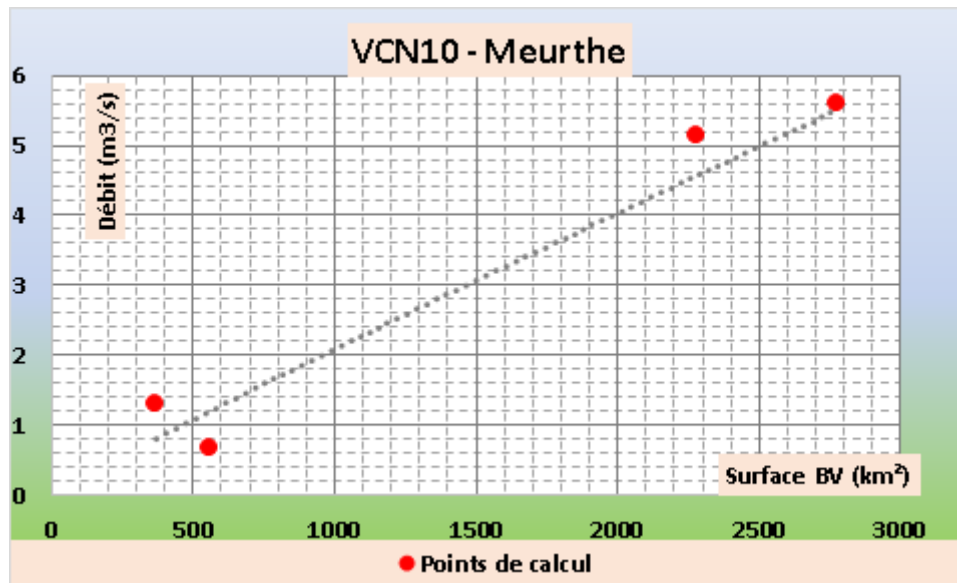


Figure 6-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km²	559 km²	2280 km²	2780 km²
20 ans sec	0.6 [0.6-0.7]	0.3 [0.2-0.3]	2.4 [2.1-2.7]	2.7 [2.3-3]
10 ans sec	0.7 [0.7-0.8]	0.3 [0.3-0.4]	2.9 [2.6-3.2]	3.2 [2.8-3.5]
5 ans sec	0.9 [0.8-1]	0.4 [0.4-0.5]	3.6 [3.2-3.9]	3.9 [3.5-4.2]
Mediane	1.3 [1.2-1.4]	0.7 [0.6-0.7]	5.1 [4.8-5.5]	5.6 [5.2-6]

Tableau 6-7 : VCN10 sur la Meurthe et ses affluents.

6.3.2.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Meurthe :

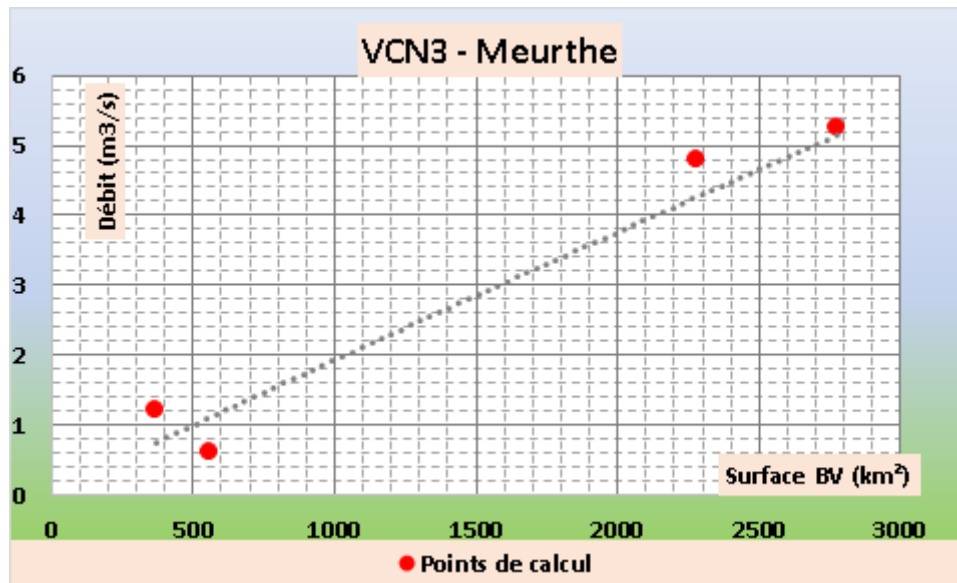


Figure 6-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.

Les valeurs calculées aux quatre points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m³/s)	Meurthe à Saint-Dié	Vezouze à Lunéville	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Laneuveville
Bassin versant	374 km ²	559 km ²	2280 km ²	2780 km ²
20 ans sec	0.6 [0.5-0.7]	0.3 [0.2-0.3]	2.3 [2-2.6]	2.5 [2.2-2.8]
10 ans sec	0.7 [0.6-0.8]	0.3 [0.3-0.4]	2.7 [2.4-3]	3.0 [2.7-3.3]
5 ans sec	0.8 [0.8-0.9]	0.4 [0.4-0.4]	3.3 [3-3.6]	3.7 [3.4-4]
Mediane	1.2 [1.1-1.3]	0.6 [0.6-0.7]	4.8 [4.5-5.1]	5.2 [4.9-5.6]

Tableau 6-8 : VCN3 sur la Meurthe et ses affluents.

6.4 MOSELLE AVAL

6.4.1 MODULES INTER-ANNUELS

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

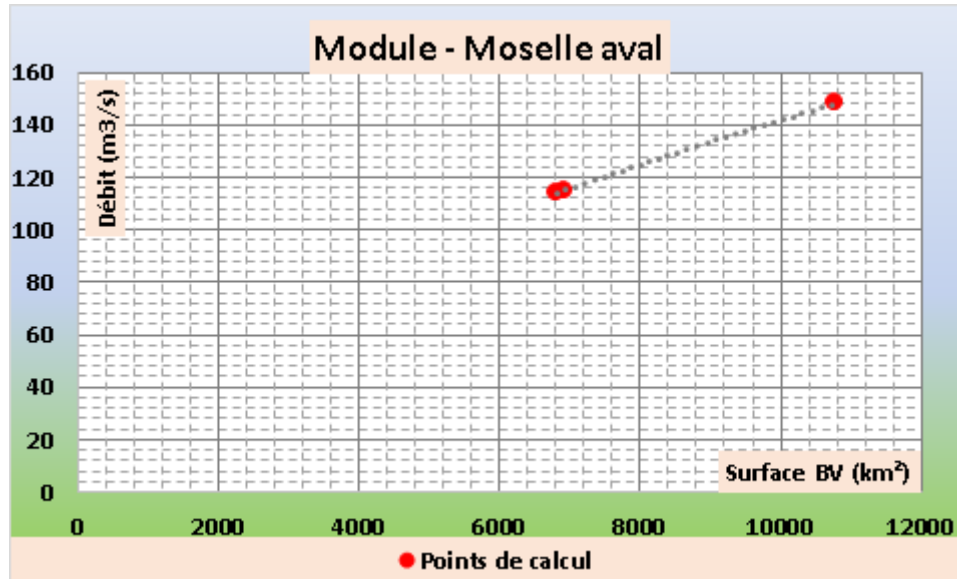


Figure 6-9 : module sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont-à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km²	6925 km²	10770 km²
20 ans sec	74.1 [68.4-79.1]	74.6 [68.9-79.7]	95.2 [87.8-101.7]
10 ans sec	82.0 [76.7-86.7]	82.6 [77.3-87.4]	105.5 [98.5-111.6]
5 ans sec	92.2 [87.4-96.7]	92.9 [88-97.4]	118.9 [112.5-124.8]
Mediane	114.1 [109.5-118.7]	115.0 [110.4-119.7]	147.9 [141.8-154.2]

Tableau 6-9 : Module sur la Moselle aval.

6.4.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

6.4.2.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

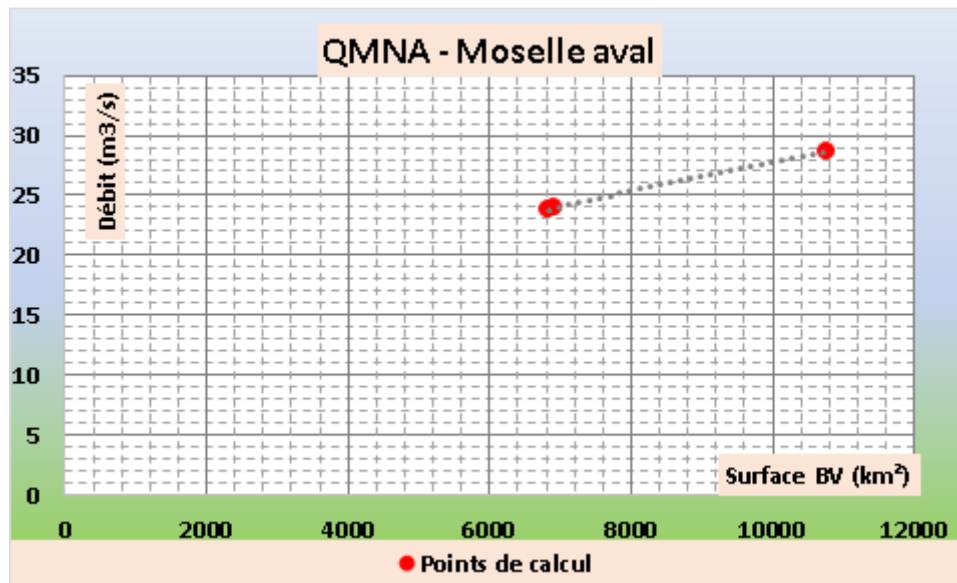


Figure 6-10 : QMNA sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km²	6925 km²	10770 km²
20 ans sec	11.6 [10-13]	11.7 [10.1-13.1]	14.1 [12.2-15.7]
10 ans sec	13.8 [12.3-15.2]	13.9 [12.4-15.3]	16.7 [14.9-18.4]
5 ans sec	16.9 [15.4-18.2]	17.0 [15.5-18.3]	20.3 [18.6-21.9]
Mediane	23.8 [22.3-25.4]	23.9 [22.4-25.5]	28.6 [26.8-30.5]

Tableau 6-10 : QMNA sur la Moselle aval.

6.4.2.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

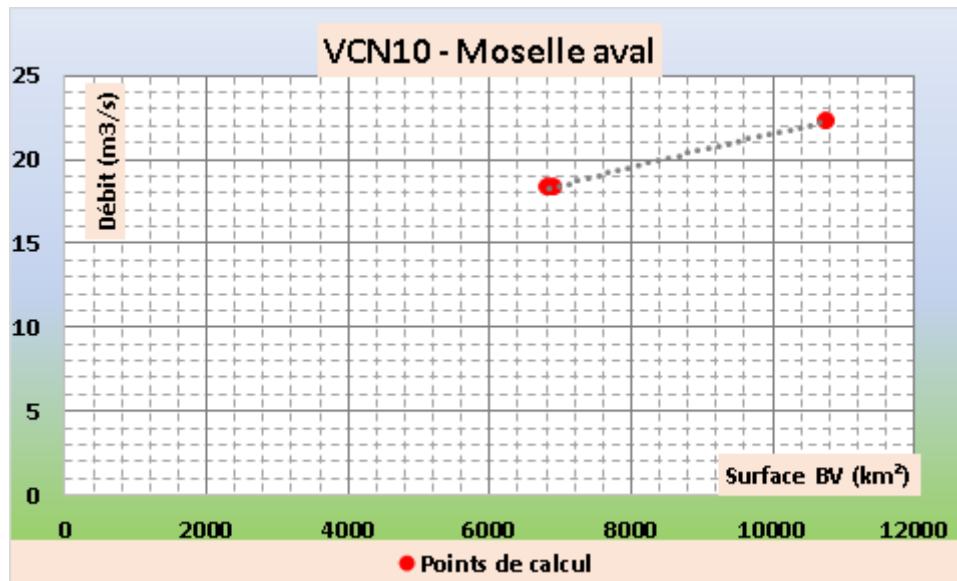


Figure 6-11 : VCN10 sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km²	6925 km²	10770 km²
20 ans sec	10.4 [9.3-11.3]	10.4 [9.4-11.4]	12.5 [11.1-13.7]
10 ans sec	11.9 [10.9-12.8]	12.0 [10.9-12.9]	14.5 [13.2-15.6]
5 ans sec	13.9 [12.9-14.8]	14.0 [13-14.9]	17.0 [15.8-18]
Mediane	18.2 [17.3-19.2]	18.3 [17.4-19.3]	22.3 [21.1-23.4]

Tableau 6-11 : VCN10 sur la Moselle aval.

6.4.2.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur l'axe Moselle aval :

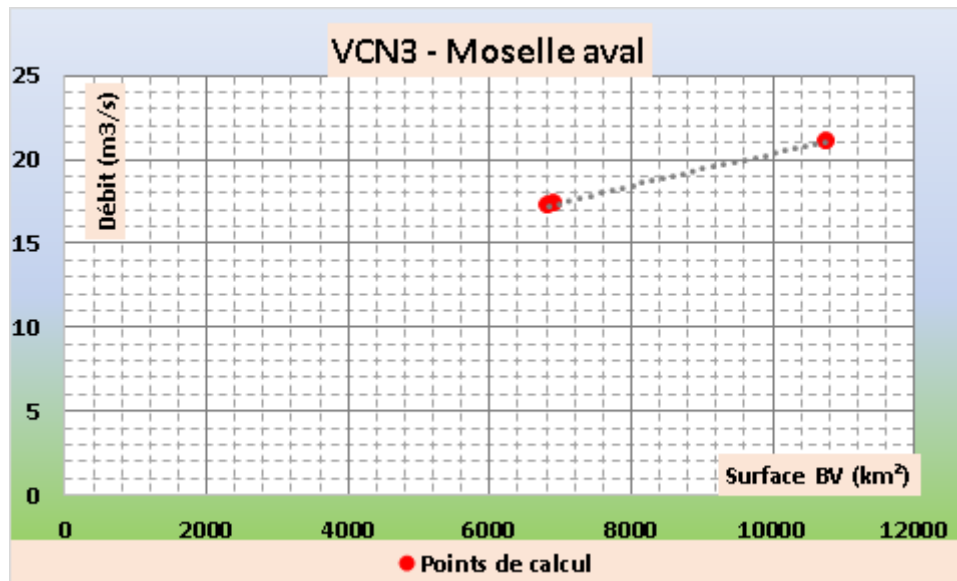


Figure 6-12 : VCN3 sur la Moselle aval.

Les valeurs calculées aux trois points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m3/s)	Moselle à Custines	Moselle à Pont- à-Mousson	Moselle à Uckange
Bassin versant	6830 km ²	6925 km ²	10770 km ²
20 ans sec	10.0 [9-10.9]	10.1 [9.1-11]	12.1 [10.8-13.2]
10 ans sec	11.4 [10.5-12.3]	11.5 [10.5-12.3]	13.9 [12.7-14.9]
5 ans sec	13.3 [12.4-14.1]	13.3 [12.5-14.1]	16.2 [15.1-17.2]
Mediane	17.2 [16.4-18]	17.3 [16.4-18.1]	21.0 [20-22]

Tableau 6-12 : VCN3 sur la Moselle aval.

6.5 SEILLE

6.5.1 MODULES INTER-ANNUELS

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

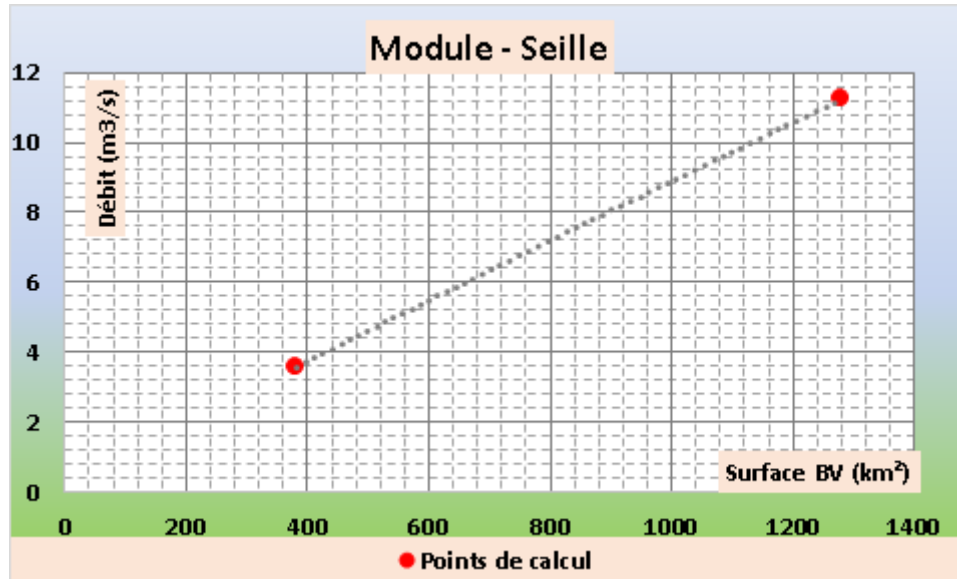


Figure 6-13 : module sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m³/s)	Seille à Salornnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1280 km²
20 ans sec	2.1 [2-2.3]	6.6 [5.9-7.1]
10 ans sec	2.4 [2.2-2.6]	7.5 [6.9-8]
5 ans sec	2.7 [2.6-2.9]	8.6 [8.1-9.2]
Mediane	3.6 [3.4-3.8]	11.2 [10.7-11.8]

Tableau 6-13 : module sur la Seille.

6.5.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

6.5.2.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

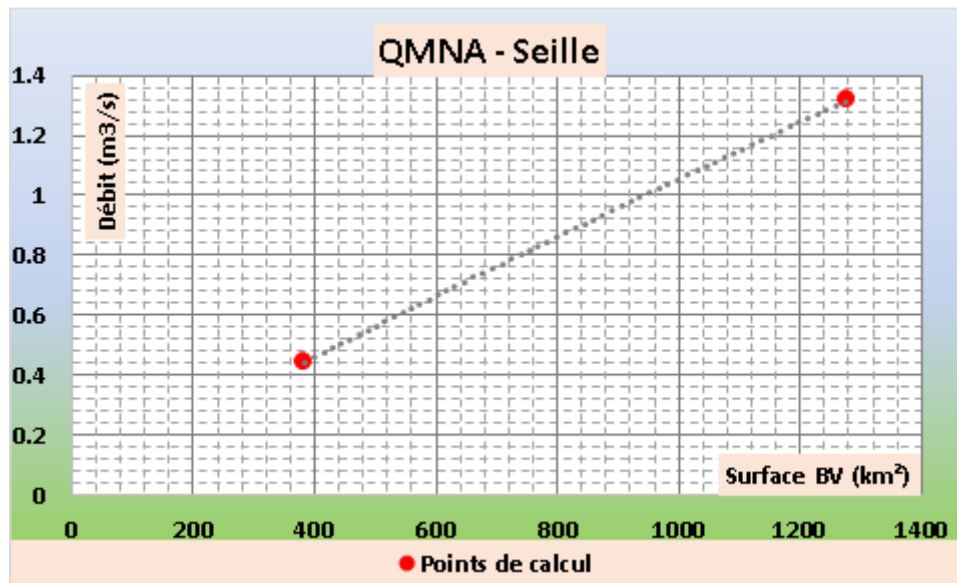


Figure 6-14 : QMNA sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

	QMNA (m³/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant		382 km²	1280 km²
20 ans sec		0.22 [0.19-0.24]	0.64 [0.57-0.71]
10 ans sec		0.25 [0.23-0.28]	0.75 [0.68-0.83]
5 ans sec		0.31 [0.28-0.33]	0.91 [0.84-0.99]
Mediane		0.44 [0.41-0.47]	1.32 [1.23-1.42]

Tableau 6-14 : QMNA sur la Seille.

6.5.2.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

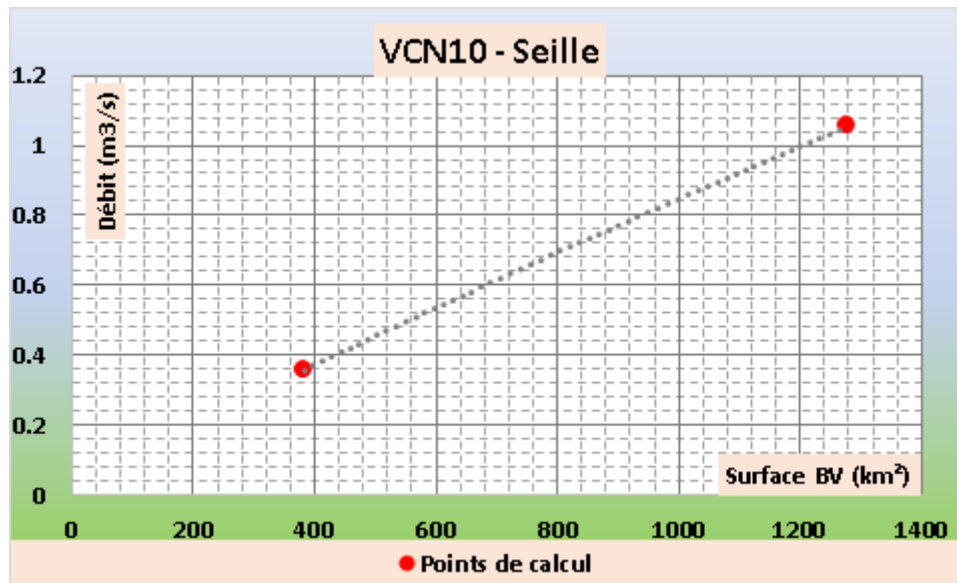


Figure 6-15 : VCN10 sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN10 (m³/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1280 km²
20 ans sec	0.20 [0.18-0.21]	0.58 [0.53-0.63]
10 ans sec	0.22 [0.21-0.24]	0.66 [0.61-0.71]
5 ans sec	0.26 [0.24-0.28]	0.78 [0.72-0.83]
Mediane	0.36 [0.34-0.38]	1.06 [0.99-1.12]

Tableau 6-15 : VCN10 sur la Seille.

6.5.2.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur la Seille :

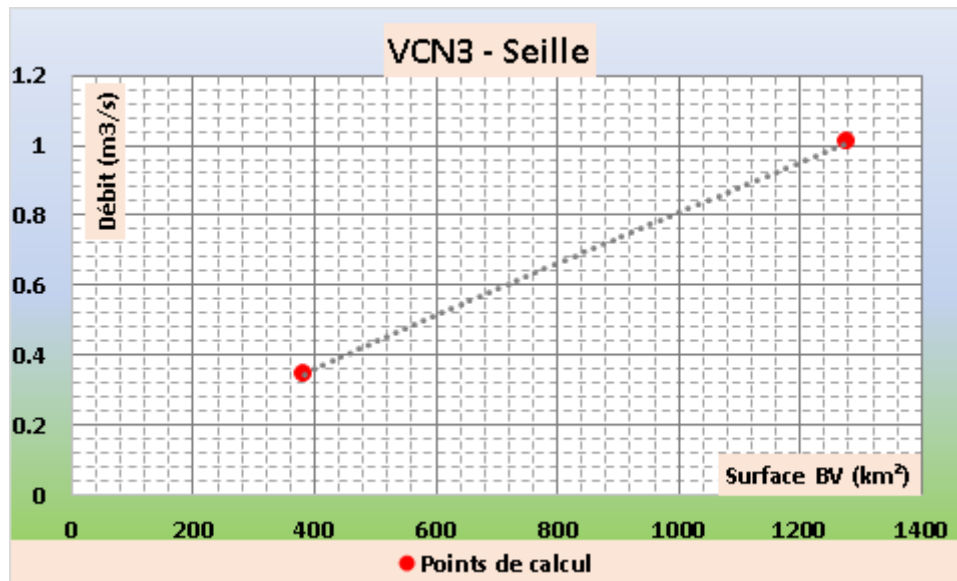


Figure 6-16 : VCN3 sur la Seille.

Les valeurs calculées aux deux points de calcul sont données dans le tableau suivant :

VCN3 (m³/s)	Seille à Salonnes	Seille à Metz
Bassin versant	382 km²	1280 km²
20 ans sec	0.19 [0.18-0.21]	0.56 [0.51-0.61]
10 ans sec	0.22 [0.2-0.24]	0.64 [0.59-0.69]
5 ans sec	0.26 [0.24-0.27]	0.75 [0.7-0.8]
Mediane	0.34 [0.33-0.37]	1.01 [0.95-1.07]

Tableau 6-16 : VCN3 sur la Seille.

6.6 ORNE ET SES AFFLUENTS

6.6.1 MODULES INTER-ANNUELS

La figure suivante présente les valeurs du module estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

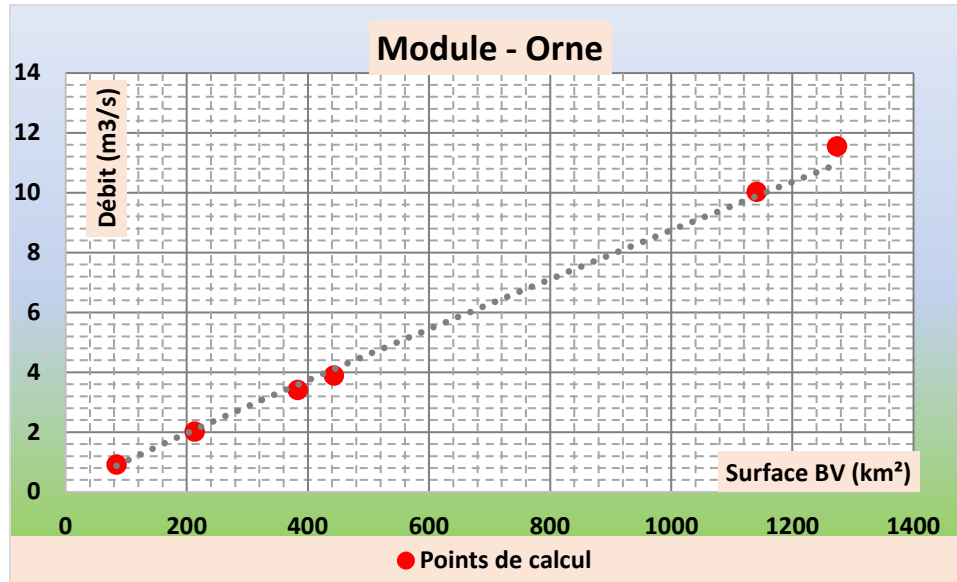


Figure 6-17 : module sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

Module (m³/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km²	1141 km²	1274 km²
20 ans sec	2.1 [1.8-2.3]	5.5 [4.8-6.1]	6.5 [5.7-7.1]
10 ans sec	2.5 [2.2-2.7]	6.5 [5.8-7]	7.5 [6.8-8.1]
5 ans sec	2.9 [2.7-3.1]	7.6 [7.1-8.1]	8.8 [8.2-9.4]
Mediane	3.9 [3.7-4.1]	10.0 [9.5-10.5]	11.6 [11-12.1]

Tableau 6-17 : module sur l'Orne.

Module (m ³ /s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	1.9 [1.7-2.1]	1.1 [0.9-1.2]	0.53 [0.46-0.58]
10 ans sec	2.2 [2-2.4]	1.3 [1.1-1.4]	0.61 [0.56-0.66]
5 ans sec	2.6 [2.4-2.8]	1.5 [1.4-1.6]	0.72 [0.67-0.76]
Mediane	3.4 [3.2-3.6]	2.0 [1.9-2.1]	0.93 [0.89-0.97]

Tableau 6-18 : module sur les affluents de l'Orne.

6.6.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

6.6.2.1 QMNA

La figure suivante présente les valeurs du QMNA estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

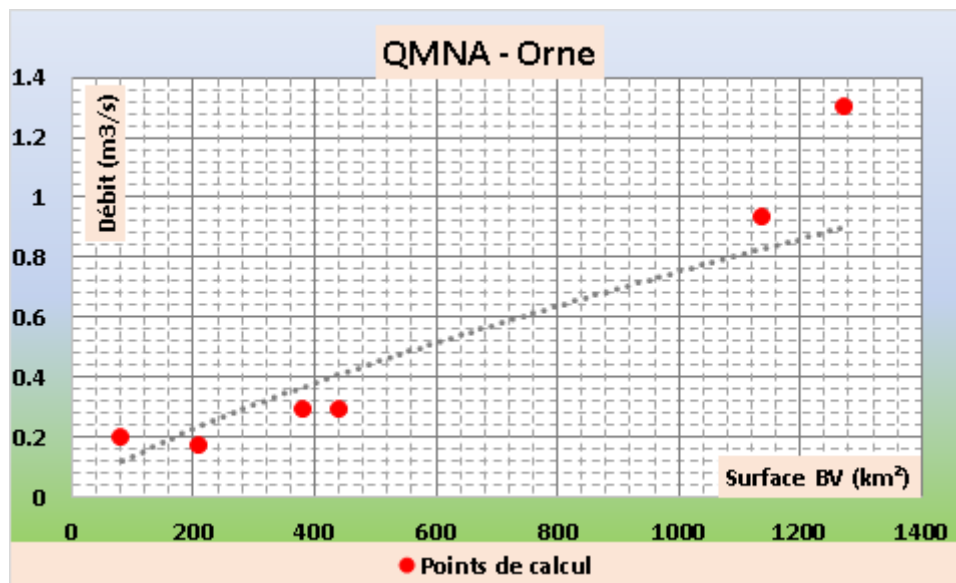


Figure 6-18 : QMNA sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

QMNA (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.44 [0.38-0.48]	0.65 [0.58-0.71]
10 ans sec	0.15 [0.14-0.17]	0.51 [0.46-0.57]	0.75 [0.68-0.82]
5 ans sec	0.19 [0.17-0.21]	0.63 [0.57-0.69]	0.91 [0.83-0.98]
Mediane	0.29 [0.27-0.32]	0.93 [0.86-1]	1.30 [1.21-1.39]

Tableau 6-19 : QMNA sur l'Orne.

QMNA (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.12 [0.11-0.14]	0.07 [0.06-0.08]	0.11 [0.1-0.12]
10 ans sec	0.15 [0.13-0.17]	0.09 [0.08-0.1]	0.12 [0.11-0.13]
5 ans sec	0.19 [0.17-0.21]	0.11 [0.1-0.12]	0.14 [0.13-0.15]
Mediane	0.29 [0.26-0.31]	0.17 [0.15-0.18]	0.19 [0.18-0.2]

Tableau 6-20 : QMNA sur les affluents de l'Orne.

6.6.2.2 VCN10

La figure suivante présente les valeurs du VCN10 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

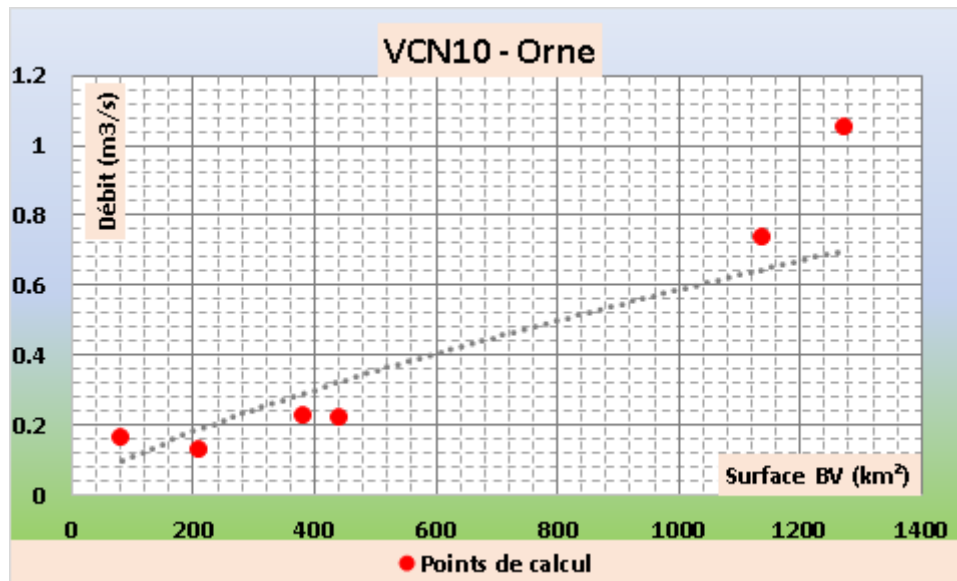


Figure 6-19 : VCN10 sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN10 (m³/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km²	1141 km²	1274 km²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.39 [0.35-0.42]	0.58 [0.53-0.63]
10 ans sec	0.13 [0.12-0.14]	0.45 [0.41-0.48]	0.66 [0.61-0.72]
5 ans sec	0.16 [0.14-0.17]	0.53 [0.49-0.57]	0.78 [0.72-0.83]
Mediane	0.22 [0.21-0.24]	0.73 [0.69-0.78]	1.05 [0.99-1.11]

Tableau 6-21 : VCN10 sur l'Orne.

VCN10 (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.07 [0.06-0.07]	0.10 [0.09-0.11]
10 ans sec	0.13 [0.12-0.14]	0.08 [0.07-0.08]	0.11 [0.1-0.12]
5 ans sec	0.16 [0.15-0.17]	0.09 [0.08-0.1]	0.13 [0.12-0.13]
Mediane	0.22 [0.21-0.24]	0.13 [0.12-0.14]	0.16 [0.15-0.17]

Tableau 6-22 : VCN10 sur les affluents de l'Orne.

6.6.2.3 VCN3

La figure suivante présente les valeurs du VCN3 estimées (valeurs médianes) en fonction de la superficie des bassins versants sur le bassin de l'Orne :

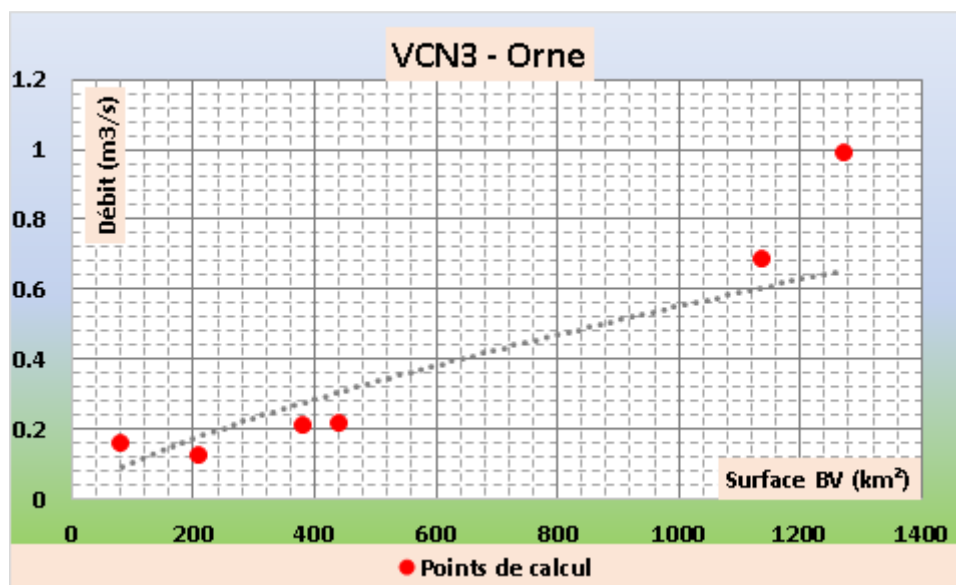


Figure 6-20 : VCN3 sur l'Orne.

Les valeurs calculées aux six points de calcul sont données dans les tableaux suivants :

VCN3 (m3/s)	Orne à Jarny	Orne à Moyeuvre	Orne à Exutoire
Bassin versant	443 km ²	1141 km ²	1274 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.36 [0.33-0.4]	0.55 [0.5-0.6]
10 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.42 [0.38-0.45]	0.63 [0.58-0.67]
5 ans sec	0.15 [0.14-0.16]	0.49 [0.46-0.53]	0.73 [0.68-0.78]
Mediane	0.21 [0.2-0.22]	0.68 [0.64-0.73]	0.99 [0.93-1.05]

Tableau 6-23 : VCN3 sur l'Orne.

VCN3 (m3/s)	Yron à l'exutoire	Longeau à l'exutoire	Woigot à l'exutoire
Bassin versant	383 km ²	213 km ²	84 km ²
20 ans sec	0.11 [0.1-0.12]	0.06 [0.06-0.07]	0.10 [0.09-0.1]
10 ans sec	0.13 [0.11-0.14]	0.07 [0.07-0.08]	0.11 [0.1-0.11]
5 ans sec	0.15 [0.14-0.16]	0.09 [0.08-0.09]	0.12 [0.11-0.13]
Mediane	0.21 [0.2-0.22]	0.12 [0.12-0.13]	0.16 [0.15-0.17]

Tableau 6-24 : VCN3 sur les affluents de l'Orne.

6.7 FENSCH

6.7.1 MODULES INTER-ANNUELS

Les valeurs calculées au point de calcul sont données dans le tableau suivant :

Module (m ³ /s)	Fensch à Knutange
Bassin versant	29 km ²
20 ans sec	0,25 [0,22-0,27]
10 ans sec	0,29 [0,26-0,31]
5 ans sec	0,33 [0,31-0,35]
Module	0,42 [0,40-0,44]

Tableau 6-25 : module sur la Fensch.

6.7.2 DEBITS CARACTERISTIQUES D'ETIAGES

Les valeurs calculées au point de calcul sont données dans le tableau suivant :

Fensch à Knutange	QMNA	VCN10	VCN3
Bassin versant	29 km ²	29 km ²	29 km ²
20 ans sec	0,06 [0,06-0,07]	0,06 [0,05-0,06]	0,06 [0,05-0,06]
10 ans sec	0,07 [0,07-0,08]	0,07 [0,06-0,07]	0,06 [0,06-0,07]
5 ans sec	0,08 [0,08-0,09]	0,07 [0,07-0,08]	0,07 [0,07-0,08]
Médiane	0,11 [0,11-0,12]	0,10 [0,09-0,10]	0,09 [0,09-0,10]

Tableau 6-26 : débits caractéristiques d'étiages sur la Fensch.

7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. VALERY, «Modélisation précipitations-débit sous influence nivale - Elaboration d'un module neige et évaluation sur 380 bassins versants», Agroparis Tech - CEMAGREF, 2010.
- [2] SAFEGE, «Etat quantitatif des ressources en eau du Grand Est - Evaluation prospective 2030-2050 et propositions d'actions», Région Grand-Est, 2020.
- [3] SOGREAH, «Atlas des zones inondables de la Moselle et de la Meurthe», Ministère de l'Environnement - Navigation du Nord-Est, 2000.
- [4] CETE Est, «Cartographie de la crue "extrême" pour les TRI de la rivière Moselle», 2013.
- [5] CETE Est, «Cartographie des crues fréquente, moyenne et extrême du Madon sur le TRI de Pont-Saint-Vincent», 2013.
- [6] SOGREAH, «Etude de préfiguration du PAPI Meurthe», DIREN Lorraine, 2008.
- [7] EGIS-SINBIO, «Etude globale de diagnostic, modélisation et propositions d'aménagements de la Meurthe et de ses affluents», EPTB Meurthe-Madon, 20155.
- [8] C. LANG, «Etiages et tarissements : vers quelles modélisations? L'approche conceptuelle et l'analyse statistique en réponse à la diversité spatiale des écoulements en étiage des cours d'eau de l'Est français.», Université de Metz - CEGUM, 2007.
- [9] D. FRANCOIS, «Reconstitution des étiages de la Moselle depuis 1871», La Houille Blanche, 2020.
- [10] C. DELUS, «Reconstitution des sécheresses dans le bassin versant de la Moselle depuis le milieu du 19ème siècle», 2018.
- [11] F. & a. TILMANT, «PREMHYCE : un outil opérationnel pour la prévision des étiages», La Houille Blanche, n°5-2020, 2020.
- [12] CIPMS-IKSMS, «Focus sur la problématique des étiages au sein du bassin de la Moselle et de la Sarre».
- [13] F. GARCIA, «Amélioration d'une modélisation hydrologique régionalisée pour estimer les statistiques d'étiage», UPMC-IRSTEA, 2016.
- [14] L. OUDIN, «Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global», CEMAGREF, 2004.
- [15] SINBIO-BRGM, «SAGE du bassin ferrifère lorrain», Conseil régional de Lorraine - Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2007.

- [16] Service de la Navigation de Nancy, «Prévisions des crues et des étiages de la Moselle et de la Meurthe,» Ministère des Transports, 1978.

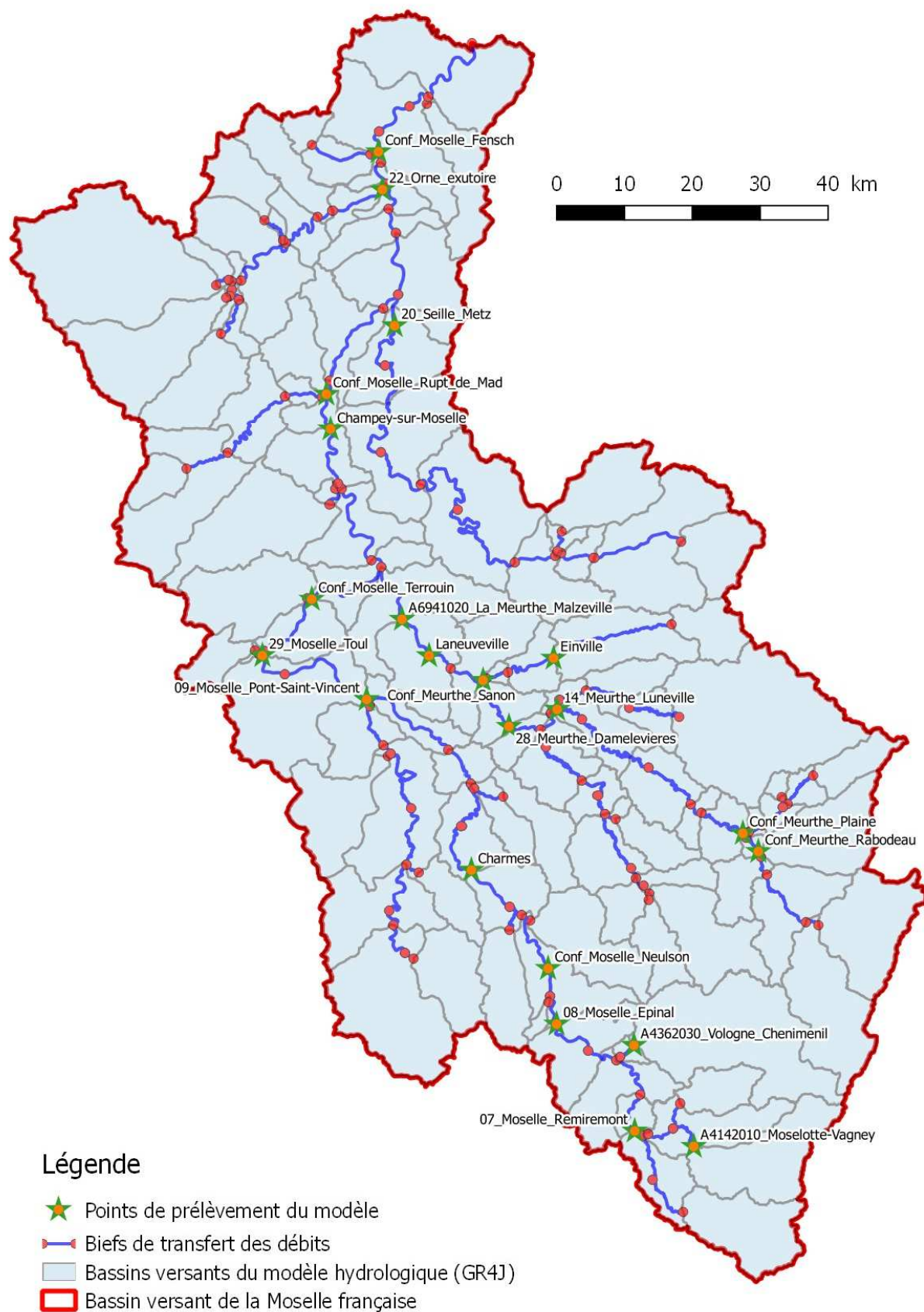
ANNEXE 1 FICHES DE CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE

ANNEXE 2 INTEGRATION DES PRELEVEMENTS DANS LE MODELE HYDROLOGIQUE

Le tableau suivant liste l'ensemble des prélèvements intégrés dans le modèle hydrologique. Il s'agit des principaux prélèvements en termes de volume.

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)	Nœud de prélèvement	Cours d'eau
OPR0000000134	957 947	6 838 112	Eau Potable	7	1 161 844	0.037	14_Meurthe_Luneville	Meurthe
OPR0000000191	913 047	6 846 838	Eau Potable	7	854 817	0.027	Conf_Moselle_Terrouin	Moselle
OPR0000000417	921 271	6 883 521	Eau Potable	7	10 915 714	0.346	Conf_Moselle_Rupt_de_Mad	Moselle
OPR0000001141	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	8 741 500	0.277	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000001142	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	8 687 170	0.276	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000001143	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	1 987 980	0.063	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000001706	951 967	6 833 167	Eau Potable	7	578 499	0.018	28_Meurthe_Damelevieres	Meurthe
OPR0000001784	944 350	6 842 973	Industrie et activités industrielles	7	3 719 726	0.118	Conf_Meurthe_Sanon	Meurthe
OPR0000001807	927 808	6 918 793	Industrie et activités industrielles	7	13 998 590	0.444	Conf_Moselle_Fensch	Moselle
OPR0000001927	988 254	6 792 080	Industrie et activités industrielles	7	385 098	0.012	A4362030_Vologne_Chenimenil	Vologne
OPR0000001932	987 259	6 769 218	Industrie et activités industrielles	7	646 336	0.021	A4142010_Moselotte-Vagney	Moselotte
OPR0000001944	983 889	6 814 347	Industrie et activités industrielles	7	1 268 223	0.040	Conf_Meurthe_Rabodeau	Meurthe
OPR0000001946	983 889	6 814 347	Industrie et activités industrielles	7	778 117	0.025	Conf_Meurthe_Rabodeau	Meurthe
OPR0000001966	947 665	6 840 890	Industrie et activités industrielles	7	3 992 252	0.127	Conf_Meurthe_Sanon	Meurthe
OPR0000001967	947 665	6 840 890	Industrie et activités industrielles	6	3 167 348	0.100	Conf_Meurthe_Sanon	Meurthe
OPR0000001979	985 266	6 818 432	Industrie et activités industrielles	7	1 176 764	0.037	Conf_Meurthe_Plaine	Meurthe
OPR0000001981	985 266	6 818 432	Industrie et activités industrielles	4	591 980	0.019	Conf_Meurthe_Plaine	Meurthe
OPR0000002020	904 631	6 843 755	Industrie et activités industrielles	7	1 830 236	0.058	29_Moselle_Toul	Moselle
OPR0000002087	953 033	6 800 128	Industrie et activités industrielles	7	835 289	0.027	Conf_Moselle_Neulson	Moselle
OPR0000002168	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 346 098	0.074	Laneuveville	Meurthe
OPR0000002169	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 643 076	0.084	Laneuveville	Meurthe
OPR0000002170	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	6 095 387	0.193	Laneuveville	Meurthe
OPR0000002171	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	7 932 372	0.252	Laneuveville	Meurthe
OPR0000002172	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 329 825	0.074	Laneuveville	Meurthe
OPR0000002552	918 133	6 851 933	Industrie et activités industrielles	7	1 614 365	0.051	Conf_Moselle_Terrouin	Moselle
OPR0000002693	929 058	6 839 677	Industrie et activités industrielles	7	1 203 285	0.038	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000002715	973 934	6 794 795	Industrie et activités industrielles	7	539 708	0.017	A4362030_Vologne_Chenimenil	Vologne
OPR0000002721	923 128	6 873 493	Industrie et activités industrielles	7	6 404 718	0.203	Champéy-sur-Moselle	Moselle
OPR0000005743	970 461	6 778 401	Canaux	7	40 977 030	1.299	07_Moselle_Remiremont	Moselle
OPR0000005744	959 566	6 790 357	Canaux	7	27 607 752	0.875	08_Moselle_Epinal	Moselle
OPR0000005745	954 500	6 797 654	Canaux	7	10 190 872	0.323	Conf_Moselle_Neulson	Moselle
OPR0000005748	942 812	6 814 315	Canaux	7	14 320 300	0.454	Charmes	Moselle
OPR0000005749	935 260	6 835 162	Canaux	7	72 510 235	2.299	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000005750	949 975	6 834 746	Canaux	7	66 176 106	2.098	28_Meurthe_Damelevieres	Meurthe
OPR0000005751	965 787	6 846 663	Canaux	7	18 163 616	0.576	Einville	Sanon
OPR0000223862	928 197	6 912 604	Industrie et activités industrielles	1	608 400	0.019	22_Orne_exutoire	Orne
OPR0000227768	949 023	6 811 254	Canaux	6	10 915 470	0.346	Charmes	Moselle
OPR0000588521	931 568	6 839 037	Eau Potable	7	364 188	0.012	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000588763	961 029	6 786 555	Industrie et activités industrielles	7	410 154	0.013	08_Moselle_Epinal	Moselle
OPR0000588764	961 029	6 786 555	Industrie et activités industrielles	7	434 487	0.014	08_Moselle_Epinal	Moselle
OPR0000588785	913 347	6 848 154	Canaux	6	86 030 007	2.728	29_Moselle_Toul	Moselle
OPR0000588943	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	9 061 183	0.287	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000588983	933 563	6 847 861	Canaux	7	117 140 494	3.715	A6941020_La_Meurthe_Malzeville	Meurthe
OPR0000589022	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	1 637 660	0.052	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000589023	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	8 232 243	0.261	09_Moselle_Pont-Saint-Vincent	Moselle
OPR0000589557	933 253	6 892 914	Industrie et activités industrielles	3	1 013 417	0.032	20_Seille_Metz	Seille
OPR0000596314	933 253	6 892 914	Industrie et activités industrielles	1	2 260 213	0.072	20_Seille_Metz	Seille

La carte ci-après donne la localisation des points de prélèvement dans la modélisation hydrologique :



Détail par nœuds de prélèvement et sous-bassin versant :

Moselle amont

▪ A4142010_Moselotte-Vagney

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001932	987 259	6 769 218	Industrie et activités industrielles	7	646 336	0.021
Total moyen annuel					646 336	0.021

▪ 07_Moselle_Remiremont

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000005743	970 461	6 778 401	Canaux	7	40 977 030	1.299
Total moyen annuel					40 977 030	1.299

▪ A4362030_Vologne_Chenimenil

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001927	988 254	6 792 080	Industrie et activités industrielles	7	385 098	0.012
OPR0000002715	973 934	6 794 795	Industrie et activités industrielles	7	539 708	0.017
Total moyen annuel					924 806	0.029

▪ 08_Moselle_Epinal

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000005744	959 566	6 790 357	Canaux	7	27 607 752	0.875
OPR0000588763	961 029	6 786 555	Industrie et activités industrielles	7	410 154	0.013
OPR0000588764	961 029	6 786 555	Industrie et activités industrielles	7	434 487	0.014
Total moyen annuel					28 452 393	0.902

▪ Conf_Moselle_Neulson

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000002087	953 033	6 800 128	Industrie et activités industrielles	7	835 289	0.027
OPR0000005745	954 500	6 797 654	Canaux	7	10 190 872	0.323
Total moyen annuel					11 026 161	0.350

▪ Charmes

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000005748	942 812	6 814 315	Canaux	7	14 320 300	0.454
OPR0000227768	949 023	6 811 254	Canaux	6	10 915 470	0.346
Total moyen annuel					25 235 770	0.800

09_Moselle_Pont-Saint-Vincent

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001141	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	8 741 500	0.277
OPR0000001142	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	8 687 170	0.276
OPR0000001143	931 279	6 836 930	Eau Potable	2	1 987 980	0.063
OPR0000002693	929 058	6 839 677	Industrie et activités industrielles	7	1 203 285	0.038
OPR0000005749	935 260	6 835 162	Canaux	7	72 510 235	2.299
OPR0000588521	931 568	6 839 037	Eau Potable	7	364 188	0.012
OPR0000588943	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	9 061 183	0.287
OPR0000589022	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	1 637 660	0.052
OPR0000589023	931 279	6 836 930	Eau Potable	5	8 232 243	0.261
Total moyen annuel					112 425 444	3.565

29_Moselle_Toul

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000002020	904 631	6 843 755	Industrie et activités industrielles	7	1 830 236	0.058
OPR0000588785	913 347	6 848 154	Canaux	6	86 030 007	2.728
Total moyen annuel					87 860 243	2.786

Conf_Moselle_Terrouin

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000000191	913 047	6 846 838	Eau Potable	7	854 817	0.027
OPR0000002552	918 133	6 851 933	Industrie et activités industrielles	7	1 614 365	0.051
Total moyen annuel					2 469 182	0.078

Sur la Moselle amont, le volume total prélevé dans le modèle est de 310 Mm³ en moyenne par an, correspondant à un débit moyen annuel de 9,8 m³/s.

Meurthe

Conf_Meurthe_Rabodeau

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001944	983 889	6 814 347	Industrie et activités industrielles	7	1 268 223	0.040
OPR0000001946	983 889	6 814 347	Industrie et activités industrielles	7	778 117	0.025
Total moyen annuel					2 046 340	0.065

Conf_Meurthe_Plaine

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001979	985 266	6 818 432	Industrie et activités industrielles	7	1 176 764	0.037
OPR0000001981	985 266	6 818 432	Industrie et activités industrielles	4	591 980	0.019
Total moyen annuel					1 768 744	0.056

14_Meurthe_Luneville

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000000134	957 947	6 838 112	Eau Potable	7	1 161 844	0.037
Total moyen annuel					1 161 844	0.037

▪ 28_Meurthe_Damelevieres

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001706	951 967	6 833 167	Eau Potable	7	578 499	0.018
OPR0000005750	949 975	6 834 746	Canaux	7	66 176 106	2.098
Total moyen annuel					66 754 605	2.117

▪ Einville

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000005751	965 787	6 846 663	Canaux	7	18 163 616	0.576
Total moyen annuel					18 163 616	0.576

▪ Conf_Meurthe_Sanon

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001784	944 350	6 842 973	Industrie et activités industrielles	7	3 719 726	0.118
OPR0000001966	947 665	6 840 890	Industrie et activités industrielles	7	3 992 252	0.127
OPR0000001967	947 665	6 840 890	Industrie et activités industrielles	6	3 167 348	0.100
Total moyen annuel					10 879 326	0.345

▪ Laneuveville

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000002168	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 346 098	0.074
OPR0000002169	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 643 076	0.084
OPR0000002170	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	6 095 387	0.193
OPR0000002171	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	7 932 372	0.252
OPR0000002172	937 950	6 843 815	Industrie et activités industrielles	7	2 329 825	0.074
Total moyen annuel					21 346 758	0.677

▪ A6941020_La_Meurthe_Malzeville

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000588983	933 563	6 847 861	Canaux	7	117 140 494	3.715
Total moyen annuel					117 140 494	3.715

Sur la Meurthe, le volume total prélevé dans le modèle est de 240 Mm³ en moyenne par an, correspondant à un débit moyen annuel de 7,6 m³/s.

Moselle aval

▪ Champey-sur-Moselle

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000002721	923 128	6 873 493	Industrie et activités industrielles	7	6 404 718	0.203
Total moyen annuel					6 404 718	0.203

▪ Conf_Moselle_Rupt_de_Mad

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000000417	921 271	6 883 521	Eau Potable	7	10 915 714	0.346
Total moyen annuel					10 915 714	0.346

▪ 20_Seille_Metz

Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000589557	933 253	6 892 914	Industrie et activités industrielles	3	1 013 417	0.032
OPR0000596314	933 253	6 892 914	Industrie et activités industrielles	1	2 260 213	0.072
Total moyen annuel					3 273 630	0.104

▪ 22_Orne_exutoire

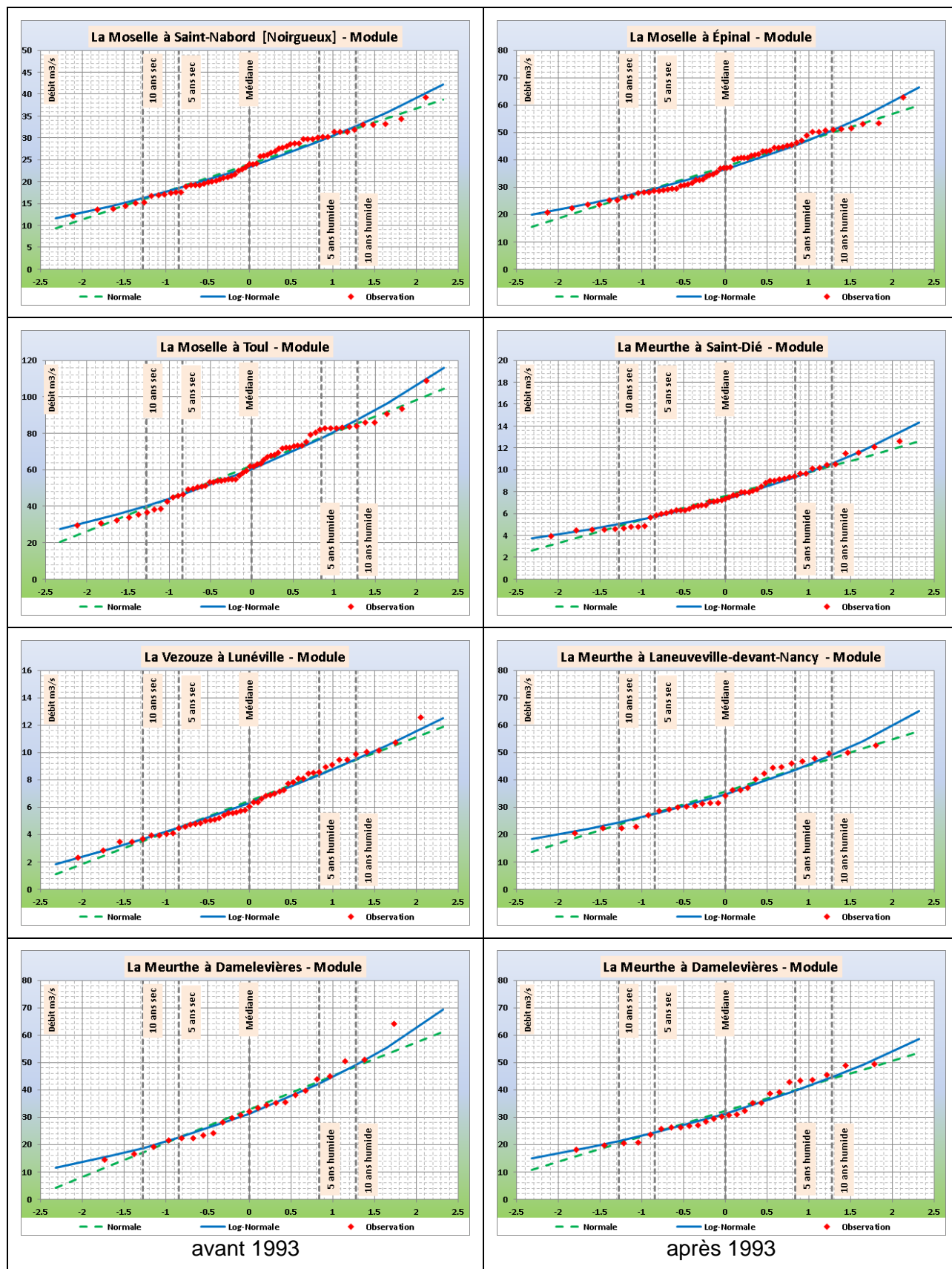
Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000223862	928 197	6 912 604	Industrie et activités industrielles	1	608 400	0.019
Total moyen annuel					608 400	0.019

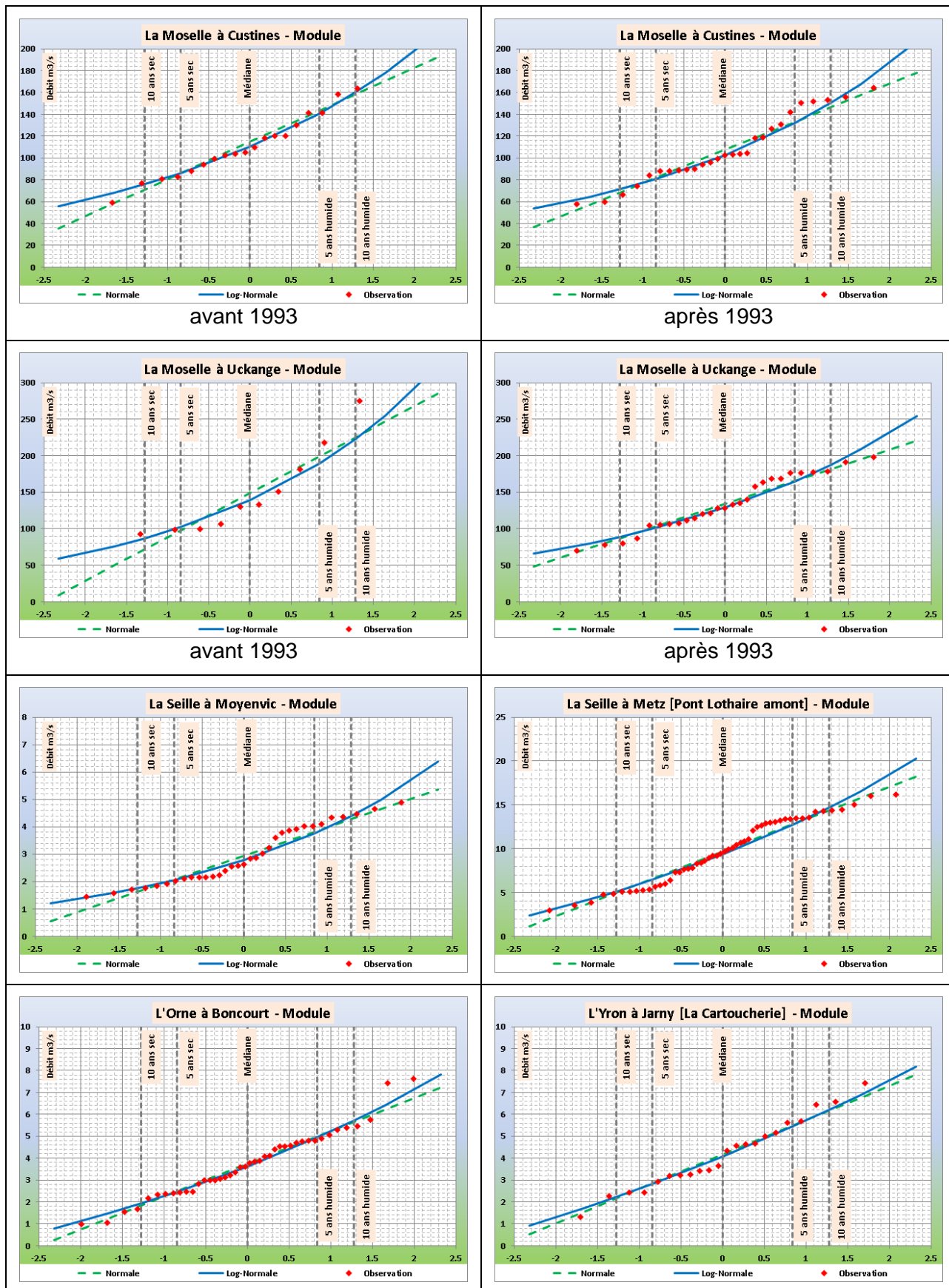
▪ Conf_Moselle_Fensch

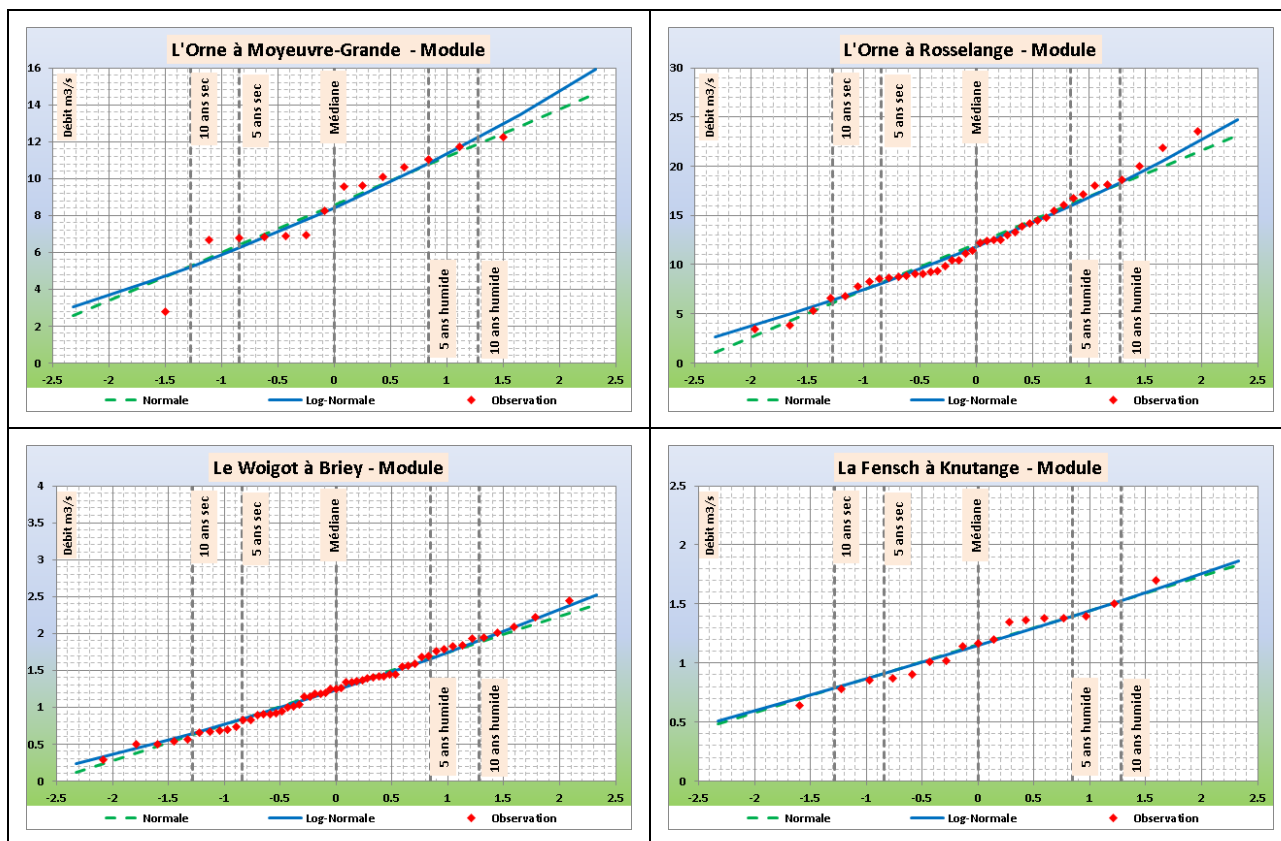
Code SANDRE	X_L93	Y_L93	Usage	Nb années	Volume moyen annuel (m3)	Débit moyen annuel équivalent (m3/s)
OPR0000001807	927 808	6 918 793	Industrie et activités industrielles	7	13 998 590	0.444
Total moyen annuel					13 998 590	0.444

Sur la Moselle aval, le volume total prélevé dans le modèle est de 35 Mm³ en moyenne par an, correspondant à un débit moyen annuel de 1,1 m³/s.

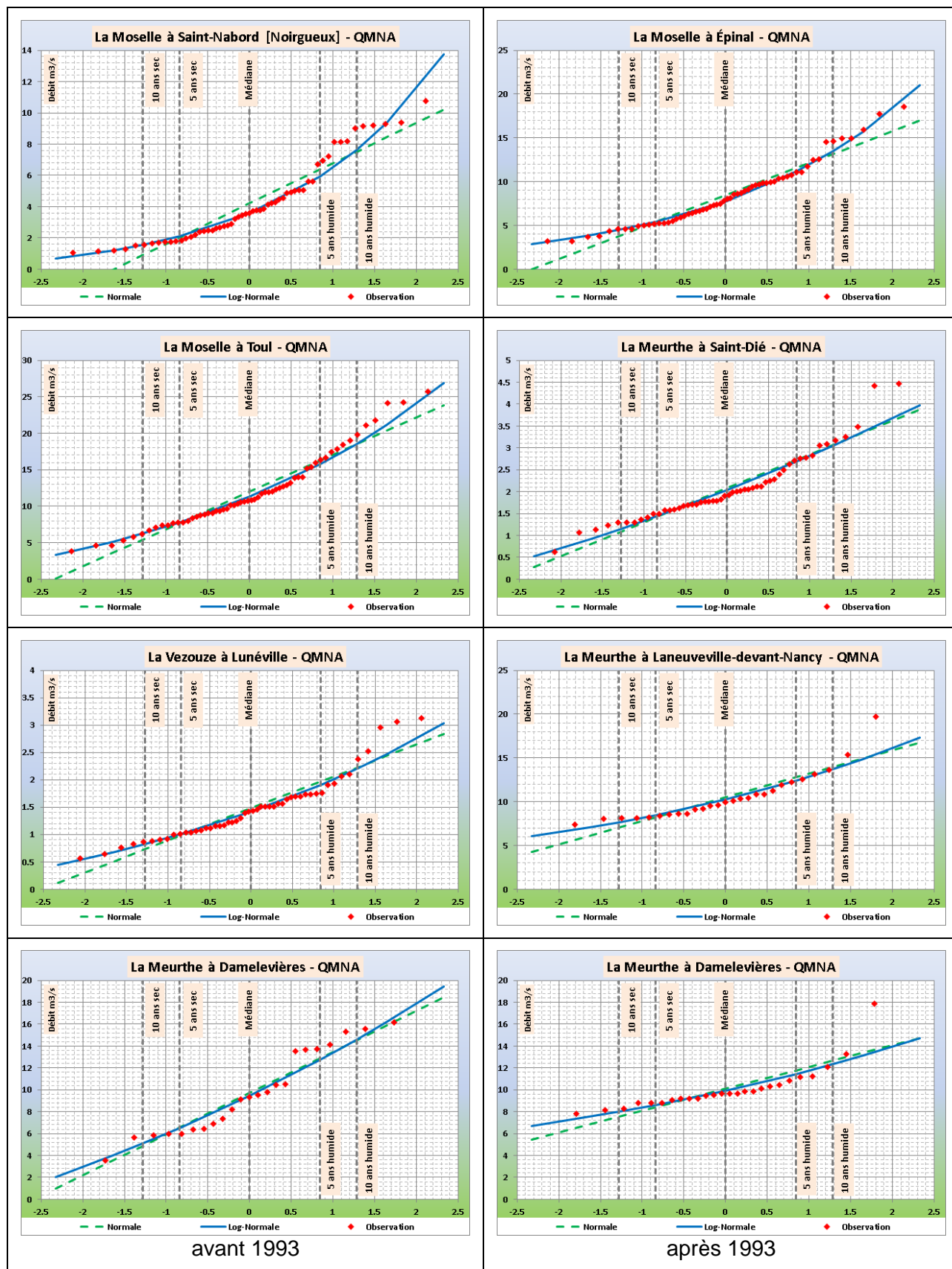
ANNEXE 3 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – MODULE

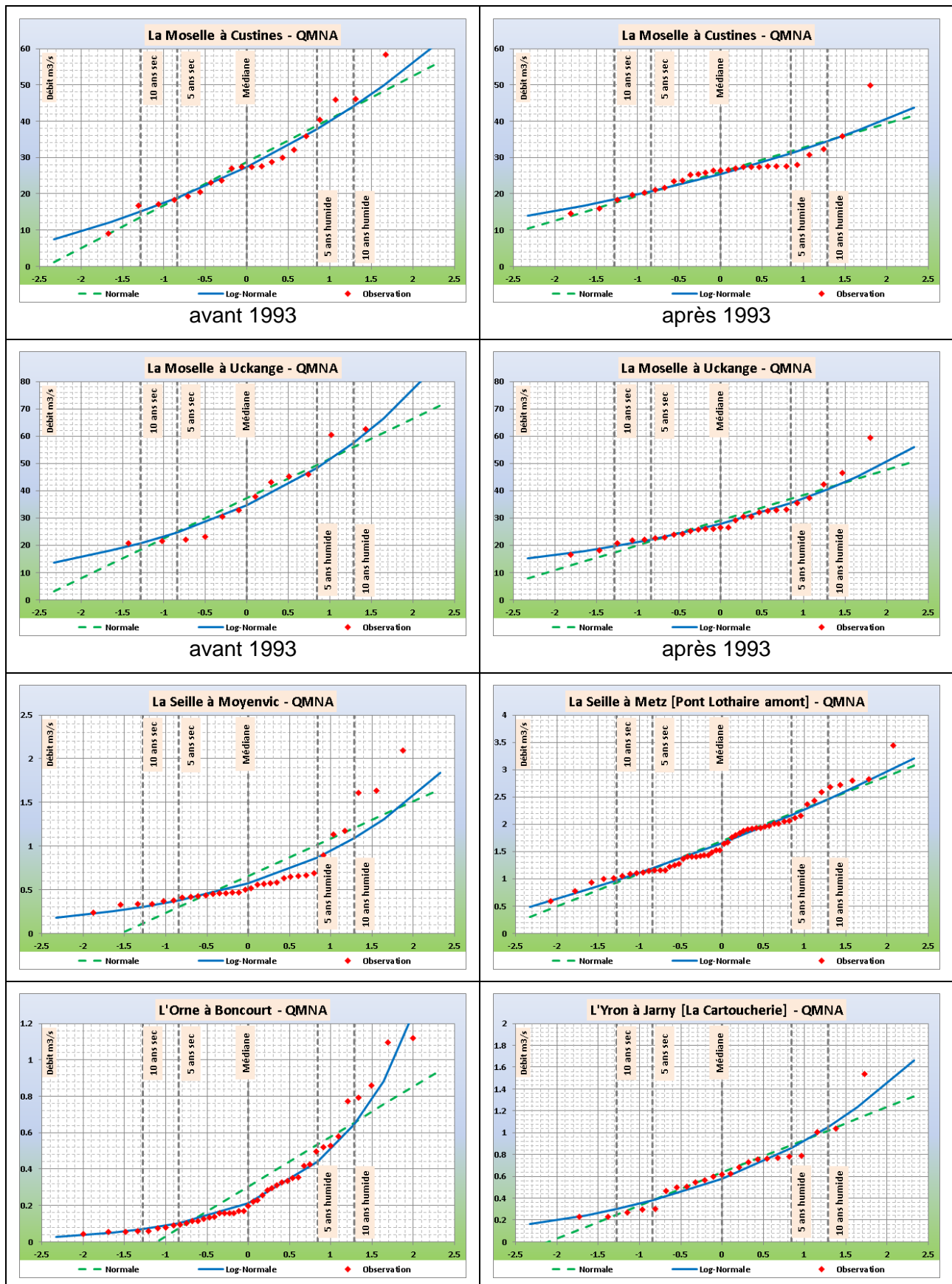


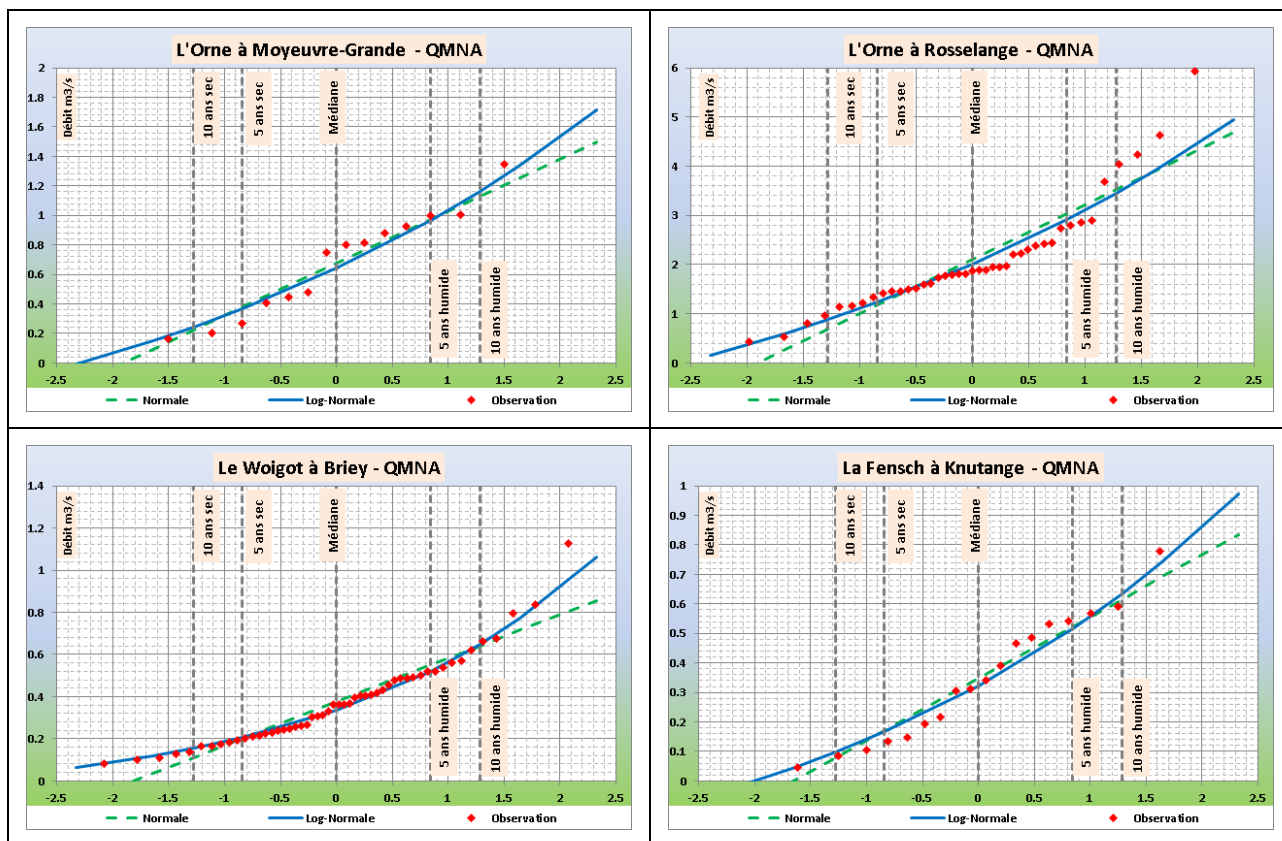




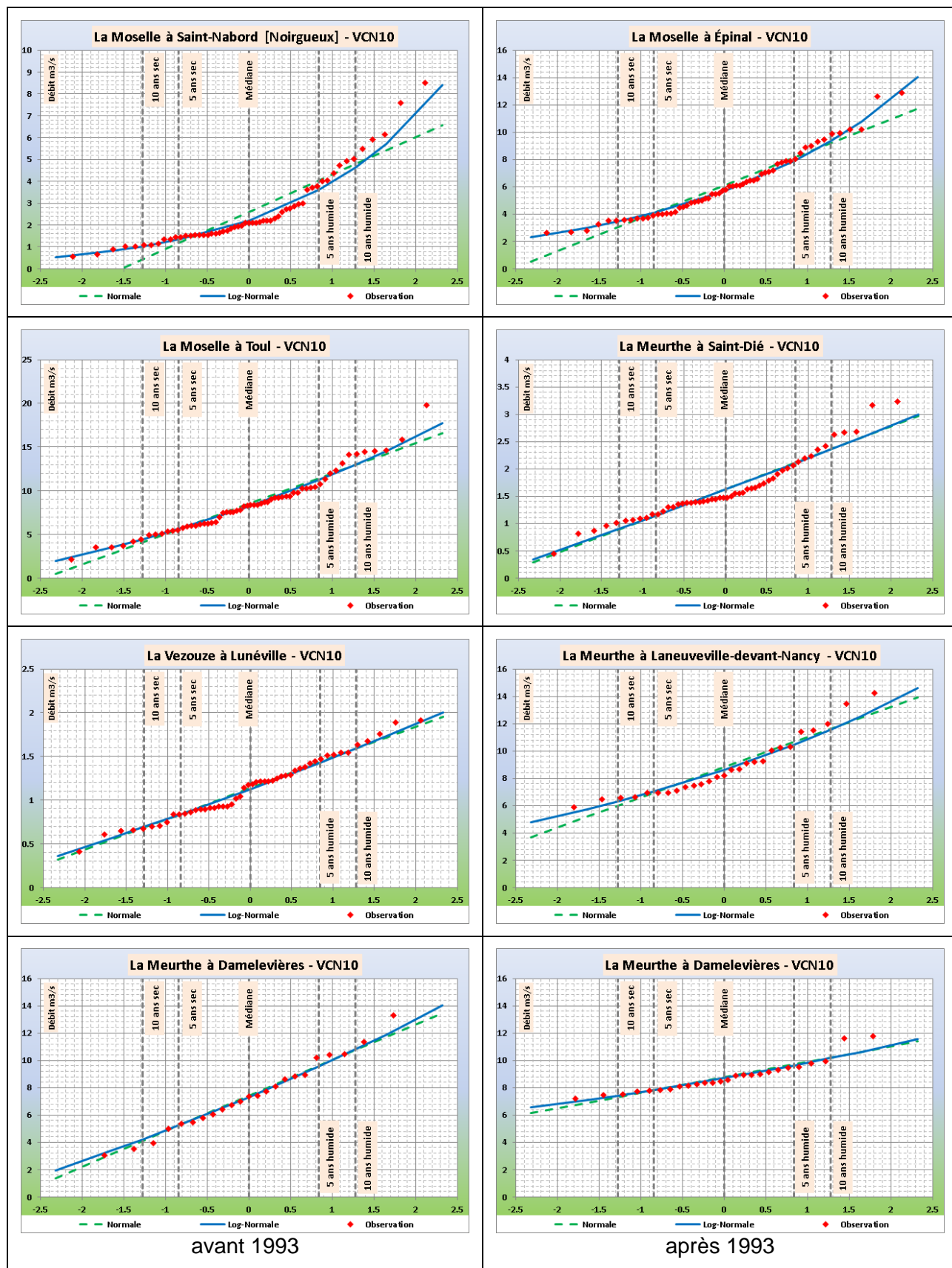
ANNEXE 4 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – QMNA

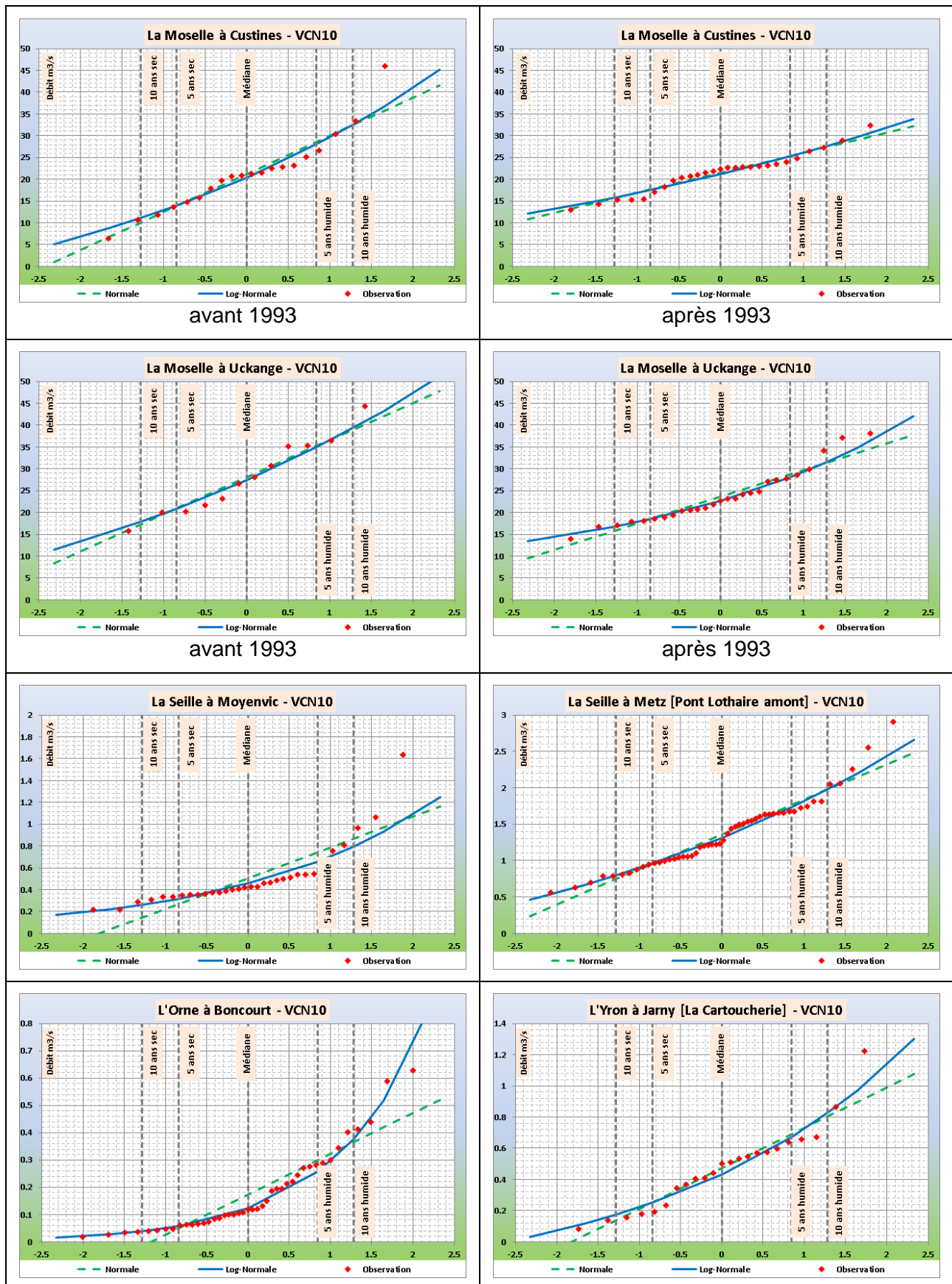


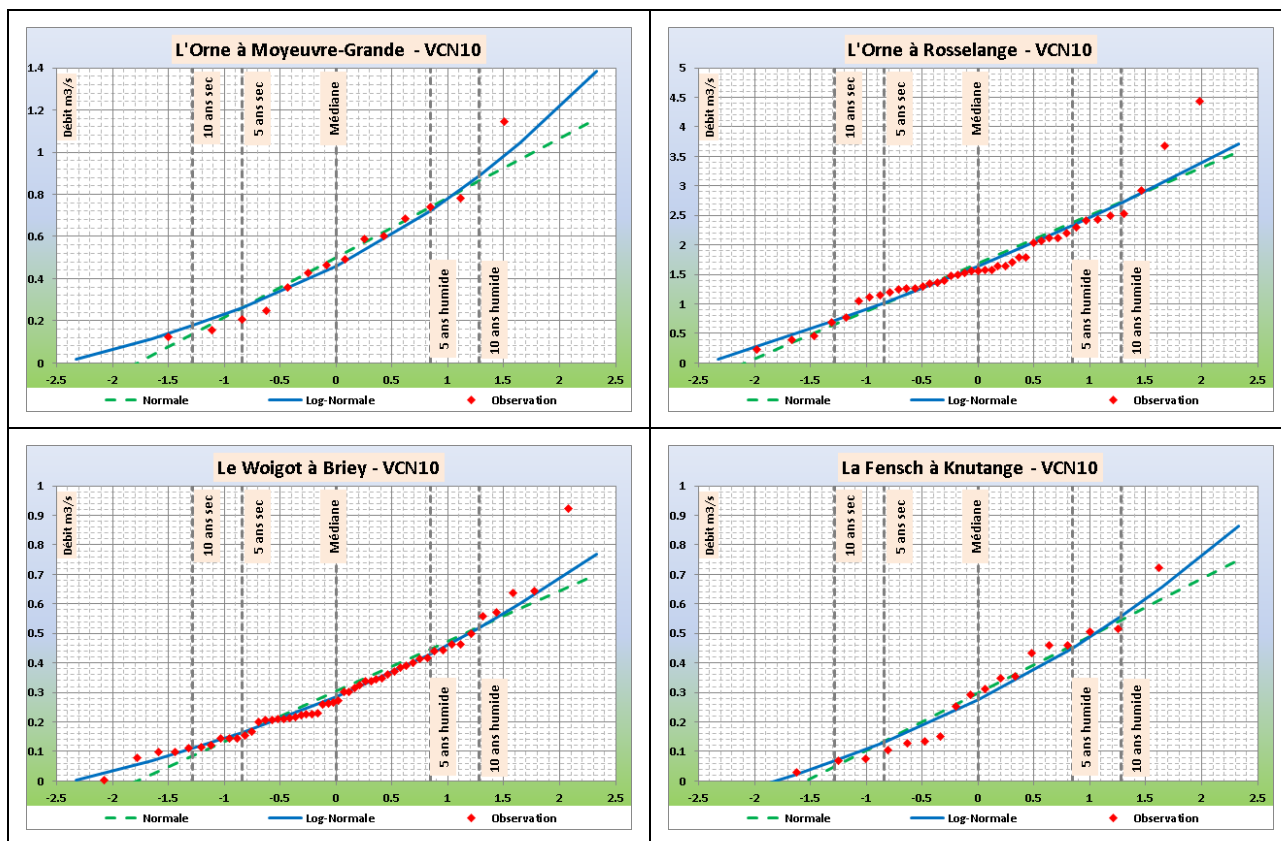




ANNEXE 5 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – VCN10







ANNEXE 6 AJUSTEMENTS SUR LES DEBITS OBSERVES – VCN3

