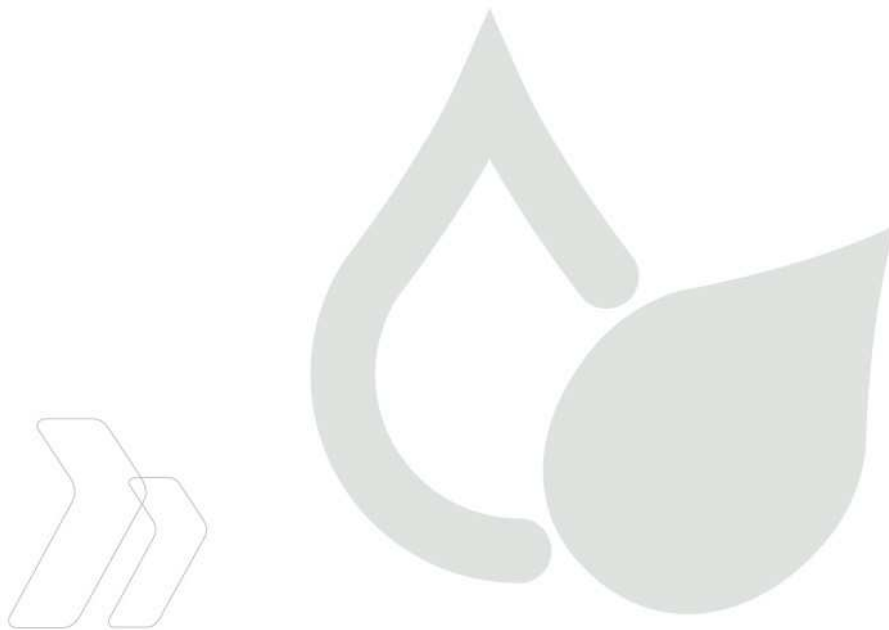


Eau
Environnement

Grand Est
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE



ETUDE HYDROLOGIQUE GLOBALE DU BASSIN VERSANT
DE LA MOSELLE

Rapport de mission 1-1 - synthèse des études et
données existantes

+

REGION GRAND EST

Rapport n° : 20F-085-RP-1
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	DESCRIPTION GENERALE DU BASSIN VERSANT	5
2.1	BASSIN VERSANT FRANÇAIS DE LA MOSELLE	5
2.1.1	RESEAU HYDROGRAPHIQUE	5
2.1.2	RELIEF	6
2.1.3	GEOLOGIE	7
2.1.4	OCCUPATION DU SOL	8
2.2	LES PRINCIPAUX AFFLUENTS DE LA MOSELLE AMONT	9
2.2.1	LA MOSELOTTE	9
2.2.2	LA VOLOGNE	9
2.2.3	LE MADON	10
2.2.4	LA MEURTHE	10
2.3	LES PRINCIPAUX AFFLUENTS DE LA MOSELLE AVAL	11
2.3.1	LA SEILLE	11
2.3.2	L'ORNE	11
3	ANALYSE DES DONNEES LIEES AU CYCLE DE L'EAU	12
3.1	PLUVIOMETRIE	12
3.1.1	DONNEES RECUEILLIES	12
3.1.2	PLUVIOMETRIE INTERANNUELLE	14
3.1.2.1	Analyse des chroniques complètes	14
3.1.2.2	Evolution des pluies moyennes sur le long terme	15
3.1.2.3	Evolution des pluies sur le bassin versant de la Moselle française – période 1980-2020	17
3.1.3	PLUIES SAISONNIERES	19
3.2	DONNEES DE TEMPERATURE	22

3.2.1	DONNEES RECUEILLIES _____	22
3.2.2	TEMPERATURES MOYENNES _____	23
3.2.2.1	Evolution des températures moyennes sur le long terme _____	23
3.2.2.2	Evolution des températures moyennes sur le bassin versant de la Moselle française – période 1980-2020 _____	26
3.3	DEBITS DES COURS D’EAU _____	28
3.3.1	VARIATION DES MODULES _____	28
3.3.1.1	Moselle amont _____	28
3.3.1.2	Meurthe _____	29
3.3.1.3	Moselle aval _____	31
3.3.1.4	Synthèse _____	32
3.3.2	VARIATION DES DEBITS MINIMAUX MENSUELS (QMNA) _____	34
3.3.2.1	Moselle amont _____	34
3.3.2.2	Meurthe _____	34
3.3.2.3	Moselle aval _____	36
3.3.2.4	Synthèse _____	37
3.4	DEFICIT D’ECOULEMENT _____	38
3.4.1.1	Moselle amont _____	38
3.4.1.2	Meurthe _____	38
3.4.1.3	Moselle aval _____	39
3.5	DONNEES DE NIVEAUX DES NAPPES _____	39
3.5.1	LES PRINCIPALES NAPPES DU BASSIN DE LA MOSELLE _____	40
3.5.2	MOSELLE AMONT _____	40
3.5.3	MEURTHE _____	42
3.5.4	MOSELLE AVAL _____	42
3.5.5	BASSIN FERRIFERE _____	43
3.5.6	SYNTHESE _____	43
3.6	PRELEVEMENTS D’EAUX DE SURFACE _____	44
3.6.1	DONNEES BNPE _____	44
3.6.2	DONNEES DE L’AGENCE DE L’EAU RHIN-MEUSE _____	44
3.6.3	VALORISATION DES DONNEES RECUEILLIES DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE	45
4	ANALYSE DES COURBES DE TARAGE AUX STATIONS HYDROMETRIQUES _____	46
4.1	SYNTHESE EN HAUTES EAUX _____	46
4.2	SYNTHESE EN BASSES EAUX _____	47

5	ANALYSE DES EVENEMENTS HISTORIQUES – LES CRUES	49
5.1	IDENTIFICATION DES CRUES HISTORIQUES	49
5.2	CONDITIONS METEOROLOGIQUES A L'ORIGINE DES CRUES	51
5.2.1	FLUX D'OUEST PERTURBE	51
5.2.2	FLUX DE SUD A SUD-OUEST	52
5.2.3	FLUX DE NORD-OUEST	54
5.2.4	RETOUR D'EST	55
5.3	GRANDS TYPES DE CRUES	56
5.3.1	CRUES DE FIN DE BASSES EAUX, OU CRUES D'AUTOMNE	56
5.3.2	CRUES DE HAUTES EAUX A CARACTERE PLUVIAL	57
5.3.3	CRUES DE REDOUX DE PERIODE FROIDE	57
5.3.4	CRUES DE FIN DE HAUTES EAUX, OU CRUES DE PRINTEMPS	57
5.4	FORMES DES HYDROGRAMMES	58
5.4.1	CRUE SIMPLE A UNE SEULE POINTE	58
5.4.2	CRUE A POINTES MULTIPLES	58
5.4.3	CRUES A POINTES MULTIPLES INDIVIDUALISEES	59
5.5	CLASSIFICATION DES EVENEMENTS HISTORIQUES	60
5.6	CARACTERISATION DES CRUES HISTORIQUES	62
6	ANALYSE DES EVENEMENTS HISTORIQUES – LES ETIAGES	63
6.1	IDENTIFICATION DES ETIAGES HISTORIQUES SUR LA PERIODE 1960-2019	63
6.1.1	METHODE D'IDENTIFICATION DES ETIAGES	63
6.1.2	ANALYSE DES ESTIMATIONS DE QMNA OBSERVES	63
6.1.3	SYNTHESE	64
6.2	ETUDE SUR DE LONGUES CHRONIQUES RECONSTITUEES	64
6.3	APPROCHE CLIMATOLOGIQUE	64
6.3.1	INDICE DE SECHERESSE NORMALISE (SPI)	64
6.3.1.1	Calcul du SPI sur 4 mois – mai à août	65
6.3.1.2	Calcul du SPI sur 6 mois – mars à août	66
6.3.2	INFLUENCE DES TEMPERATURES	66
6.4	TYPOLOGIE DES ETIAGES	68
7	BIBLIOGRAPHIE	69

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	CARTES GENERALES
ANNEXE 2	FICHES SYNTHETIQUES DES BASSINS VERSANTS AUX POINTS DE CALCUL
ANNEXE 3	LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES
ANNEXE 4	JAUGEAGES ET COURBES DE TARAGE
ANNEXE 5	CRUES SUPERIEURES A LA CRUE QUINQUENNALE SUR LES SOUS-BASSINS DE LA MOSELLE DEPUIS 1970
ANNEXE 6	FICHES EVENEMENTS DE CRUES
ANNEXE 7	ETIAGES 1960-2019

TABLE DES FIGURES

Figure 2-1 : profil de surface du bassin versant de la Moselle française. _____	5
Figure 2-2 : profil en long de la Moselle française et de ses principaux affluents. _____	6
Figure 2-3 : courbe hypsométrique du bassin versant de la Moselle française. _____	7
Figure 2-4 : répartition de l'occupation des sols sur le bassin versant de la Moselle française. ____	8
Figure 3-1 : répartition des stations pluviométriques selon la répartition des durées des chroniques. _____	12
Figure 3-2 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Saulxures-sur-Moselotte, 1938-2020. _____	16
Figure 3-3 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Nancy-Essey, 1927-2020. _____	16
Figure 3-4 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Metz-Frescaty, 1927-2020. _____	17
Figure 3-5 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – hautes Vosges. _____	18
Figure 3-6 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Vosges « intermédiaires ». _____	18
Figure 3-7 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – bassin Lorrain. _____	19
Figure 3-8 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Moselle aval. _____	19
Figure 3-9 : moyenne mobile des températures centrées réduites – Nancy-Essey, 1929-2020. _	23
Figure 3-10 : moyenne mobile des températures centrées réduites – Metz-Frescaty, 1929-2020.	24
Figure 3-11 : moyenne glissante sur 30 ans des températures moyennes - 1929-2020. _____	24

Figure 3-12 : évolution des températures moyennes annuelles à Metz sur la période 1921-2017 (d'après Emmanuel Gille, Reconstitution des crues historiques de la Moselle française, 2018).	25
Figure 3-13 : modules sur la Moselle amont.	29
Figure 3-14 : modules sur la Meurthe.	30
Figure 3-15 : modules sur la Moselle aval.	31
Figure 3-16 : QMNA sur la Moselle amont.	34
Figure 3-17 : QMNA sur la Meurthe.	35
Figure 3-18 : QMNA sur la Moselle aval.	36
Figure 3-19 : déficit d'écoulement sur la Moselle amont.	38
Figure 3-20 : déficit d'écoulement sur la Meurthe.	39
Figure 3-21 : déficit d'écoulement sur la Moselle aval.	39
Figure 3-22 : carte hydrogéologique de la nappe des grès du Trias inférieur (grès vosgien) – source : BRGM.	40
Figure 3-23 : mesures à Gérardmer (à gauche) et à Xonrupt-Longemer (à droite).	41
Figure 3-24 : mesures à Essegney (à gauche) et à Grandvillers (à droite).	41
Figure 3-25 : mesures à Haréville (à gauche) et à Gondreville (à droite).	41
Figure 3-26 : mesures à Celles-sur-Plaine (à gauche) et à Gélacourt (à droite).	42
Figure 3-27 : mesures à Dombasle-sur-Meurthe (à gauche) et à Amance (à droite).	42
Figure 3-28 : mesures dans les calcaires à Villers-en-Haye (à gauche) et à Atton (à droite).	42
Figure 3-29 : mesures dans les calcaires du Dogger à Ville-sur-Yron (à gauche) et à Val de Briey (à droite).	43
Figure 3-30 : mesures à Moineville (à gauche) et à Auboué (à droite).	43
Figure 3-31 : répartition des prélèvements sur le bassin versant de la Moselle française (hors agriculture et irrigation).	44
Figure 5-1 : flux d'Ouest perturbé – situation générale (source : METEO-France).	52
Figure 5-2 : illustrations de flux d'Ouest : crues de décembre 1982 et décembre 2001.	52
Figure 5-3 : flux de Sud à Sud-Ouest – situation générale (source : METEO-France).	53
Figure 5-4 : illustrations de flux de Sud-Ouest : crues d'avril 1983 et octobre 2006.	53
Figure 5-5 : flux de Nord à Nord-Ouest – situation générale (source : METEO-France).	54
Figure 5-6 : illustrations de flux de Nord-Ouest : crues de novembre 1977 et mars 1986.	54
Figure 5-7 : retour d'Est – situation générale (source : METEO-France).	55
Figure 5-8 : illustrations de flux de retour d'Est : crues de mai 1970 et mai 1983.	56
Figure 5-9 : exemple de crue simple – avril 1983.	58
Figure 5-10 : exemple de crue à pointes multiples – janvier 1995.	59
Figure 5-11 : exemple de crue à pointes multiples individualisées – décembre 1999.	59
Figure 6-1 : indice SPI à 4 mois sur la Moselle.	65

Figure 6-2 : indice SPI à 6 mois sur la Moselle. _____	66
Figure 6-3 : températures moyennes d'été à Metz et Nancy (juin à août). _____	67

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : liste des points de calcul des débits.	2
Tableau 2-1 : répartition de la superficie du bassin versant par tranches d'altitude.	6
Tableau 2-2 : caractéristiques du bassin versant de la Moselotte.	9
Tableau 2-3 : caractéristiques du bassin versant de la Vologne.	9
Tableau 2-4 : caractéristiques du bassin versant du Madon.	10
Tableau 2-5 : caractéristiques du bassin versant de la Meurthe.	10
Tableau 2-6 : caractéristiques du bassin versant de la Seille.	11
Tableau 2-7 : caractéristiques du bassin versant de l'Orne.	11
Tableau 3-1 : liste des postes pluviométriques.	14
Tableau 3-2 : variation des pluies saisonnières sur le bassin de la Moselle française.	20
Tableau 3-3 : liste des stations avec températures.	22
Tableau 3-4 : variation des températures sur le bassin de la Moselle française.	26
Tableau 3-5 : évolution des températures moyennes sur le bassin versant de la Moselle.	27
Tableau 3-6 : contribution des principaux sous-bassins versants au module (1980-2019).	32
Tableau 3-7 : principales années sèches sur la Moselle française.	33
Tableau 3-8 : contribution des principaux sous-bassins versants au QMNA (1980-2019).	37
Tableau 4-1 : synthèse des jaugeages en hautes eaux.	46
Tableau 4-2 : synthèse des jaugeages en basses eaux.	48
Tableau 5-1 : principales crues sur le bassin versant de la Moselle et ses sous-bassins principaux.	50
Tableau 6-1 : valeurs et interprétations du SPI.	65

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 subi 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 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 Custine	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	
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 1-1 de l'étude. Il comprend les chapitres suivants :

- Chapitre 2 : Description générale du bassin versant ;
- Chapitre 3 : Analyse des données liées au cycle de l'eau ;
- Chapitre 4 : Analyse des courbes de tarage aux stations hydrométriques ;
- Chapitre 5 : Analyse des événements historiques – les crues ;
- Chapitre 6 : Analyse des événements historiques – les étiages.

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 DESCRIPTION GENERALE DU BASSIN VERSANT

2.1 BASSIN VERSANT FRANÇAIS DE LA MOSELLE

Le bassin versant français de la Moselle s'étend sur environ 11 500 km² à la frontière luxembourgeoise à Apach.

Sa source est située dans les Vosges sur les hauteurs de Bussang. La source « officielle » de la Moselle est localisée à environ 730 m d'altitude, en contrebas du col de Bussang : cette source est retenue comme point kilométrique 0 (PK 0).

Depuis sa source, elle s'écoule sur 313 km jusqu'à Apach où elle marque la frontière avec le Luxembourg sur environ 1 km.

2.1.1 RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique est représenté sur la carte n°1 (cf. ANNEXE 1).

Sur le territoire français, les principaux affluents sont le Madon, la Meurthe, la Seille et l'Orne. Usuellement, la confluence avec la Meurthe à Custines marque la distinction entre Moselle amont et Moselle aval.

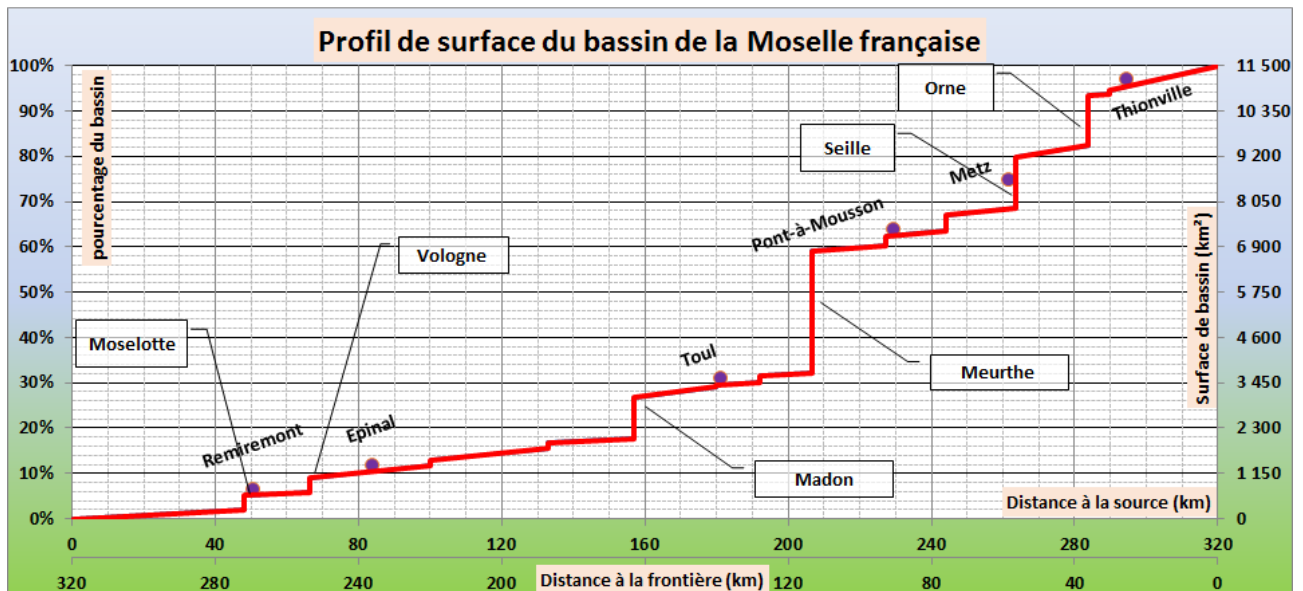


Figure 2-1 : profil de surface du bassin versant de la Moselle française.

La Figure 2-2 présente les profils en long de la Moselle et de ses principaux affluents (incluant la Moselotte et la Vologne). En amont de Remiremont la pente moyenne de la Moselle est de l'ordre de 0,6 % (6 m/km). La pente diminue progressivement : 0,2 % entre Remiremont et Epinal, 0,1 % entre Epinal et Toul, 0,05 % entre Toul et Pont-à-Mousson. En aval de Pont-à-Mousson, la pente reste relativement homogène à 0,035 % jusqu'à la frontière.

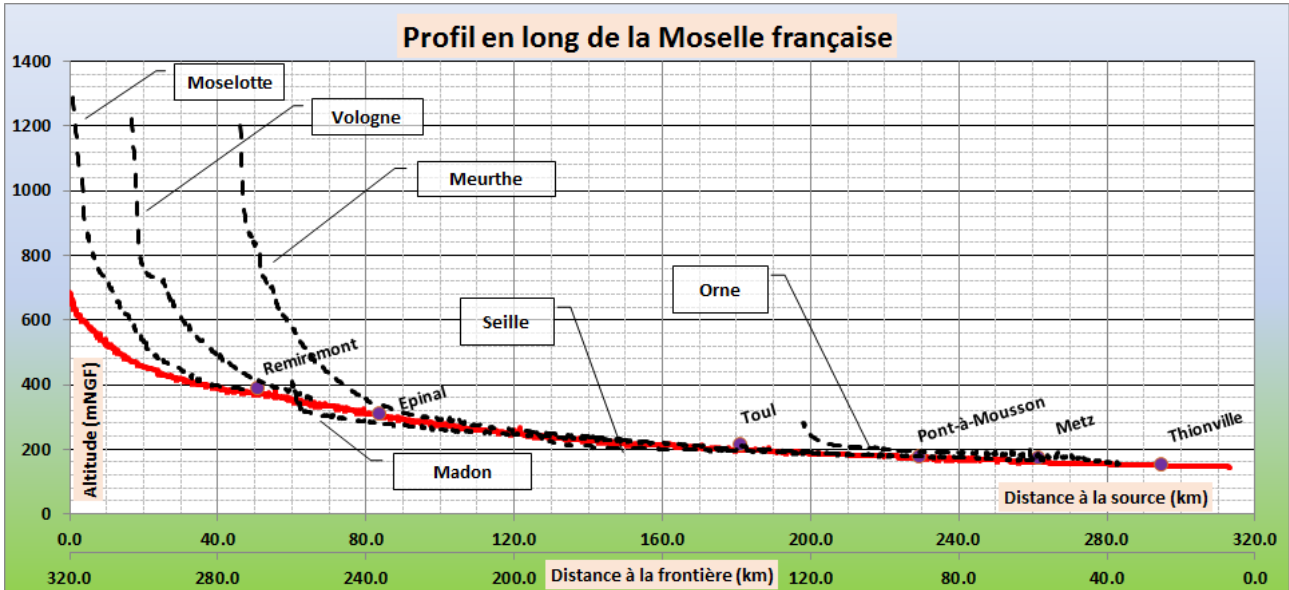


Figure 2-2 : profil en long de la Moselle française et de ses principaux affluents.

2.1.2 RELIEF

Le relief du bassin versant français de la Moselle est représenté sur la carte n°2 (cf. ANNEXE 1).

Le point culminant du bassin versant se situe au mont Hohneck à 1 363 m d'altitude. Il se situe sur le sous-bassin de la Moselotte.

Le relief de la Moselle amont et de la Meurthe amont est très marqué par les Vosges. Au Nord-Ouest d'une diagonale Epinal/Rambervillers/Raon-l'Etape, le relief s'adoucit et les altitudes dépassent rarement les 400 m.

En aval de la confluence de la Meurthe, le plateau lorrain occupe tout le bassin versant avec un relief en « cuesta » et des altitudes variant entre 120 et 400 m.

La répartition de la superficie totale du bassin versant de la Moselle française par tranche d'altitude est donnée dans le Tableau 2-1 :

Tranches d'altitude	% par rapport à la superficie totale à Apach
> 1 000 m	0,9 %
800 à 1 000 m	2,5 %
700 à 800 m	2,2 %
600 à 700 m	2,8 %
500 à 600 m	3,8 %
400 à 500 m	7,2 %
300 à 400 m	28,4 %
200 à 300 m	47,4 %
< 200 m	4,8 %

Tableau 2-1 : répartition de la superficie du bassin versant par tranches d'altitude.

La Figure 2-3 présente la courbe hypsométrique du bassin versant de la Moselle française :

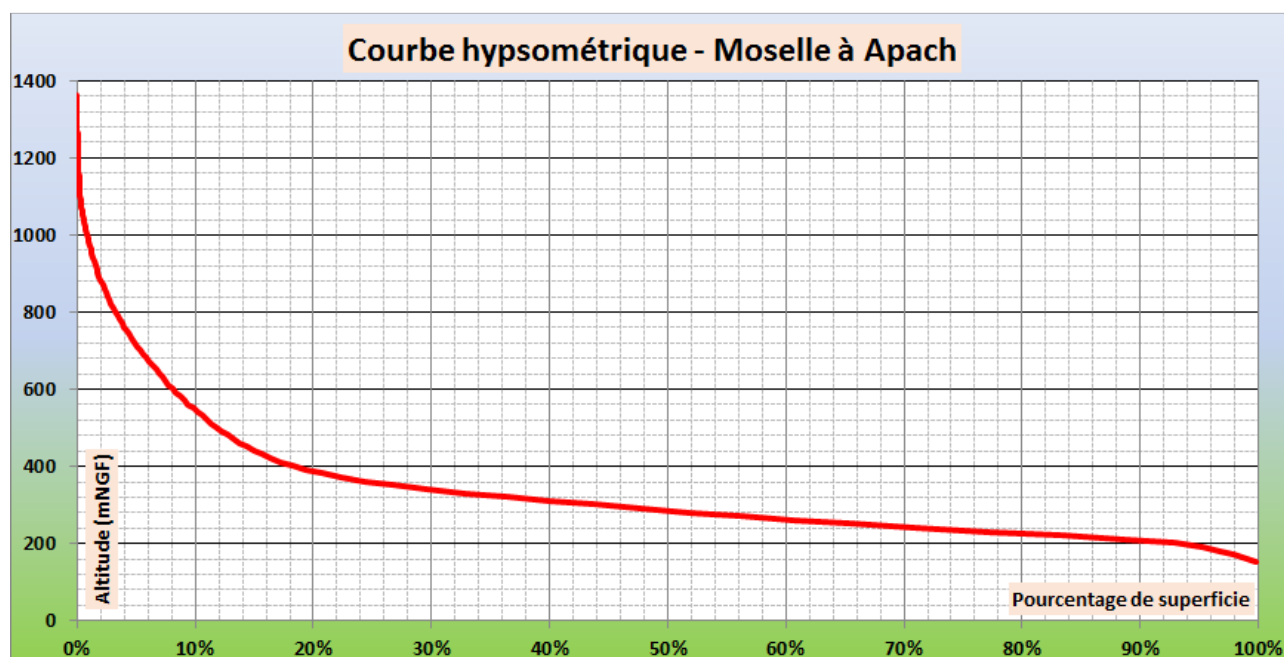


Figure 2-3 : courbe hypsométrique du bassin versant de la Moselle française.

Une très grande part du bassin versant de la Moselle (~76 %) se situe à des altitudes comprises entre 200 et 400 m.

Les altitudes inférieures à 200 m sont majoritairement occupées par les vallées des cours d'eau.

Le massif vosgien (altitudes supérieures à 500 m) occupe environ 10 % de la superficie du bassin versant de la Moselle française.

2.1.3 GEOLOGIE

La géologie du bassin versant français de la Moselle est représentée sur la carte n°3 (cf. ANNEXE 1). Elle met en évidence une grande variété de formations.

Les têtes amont des bassins de la Moselle (y compris Moselotte et Vologne) et de la Meurthe occupent les versants Ouest des Vosges cristallines. Les roches magmatiques et métamorphiques y sont prédominantes. Ces roches sont globalement peu perméables.

Les deux cours d'eau traversent ensuite les formations plus perméables de grès vosgiens où plusieurs de leurs affluents prennent leur source : Mortagne et Vezouze pour la Meurthe, Durbion et Madon pour la Moselle.

Plus en aval, le bassin versant est traversé du Sud au Nord par les formations du trias moyen, mêlant calcaires, dolomies et argiles : ces formations présentent une perméabilité de fissures (présence de karsts). Puis par les formations du trias inférieur composés principalement par les marnes : ces formations sont peu perméables. C'est dans ces formations que se trouvent les mines de sel du Sânon notamment.

Au nord d'une diagonale passant par Toul et Nancy, la Moselle traverse le plateau lorrain, constitué à l'Est par des formations marno-calcaires (en particulier sur le bassin aval de la Seille) et à l'Ouest par les calcaires du Dogger. Les roches sédimentaires du plateau lorrain sont également peu perméables.

Ainsi, de manière générale, l'ensemble du bassin de la Moselle française repose sur des formations peu à moyennement perméables. Les formations les plus perméables (grès vosgiens) sont restreintes en amont du bassin versant aux contreforts du massif vosgien.

2.1.4 OCCUPATION DU SOL

L'occupation du sol du bassin versant français de la Moselle est représentée sur la carte n°4 (cf. ANNEXE 1).

Elle met en évidence une forte prédominance des zones forestières (surtout sur l'amont) et des zones agricoles.

La répartition par catégories d'occupation des sols est présentée sur la Figure 2-4 :

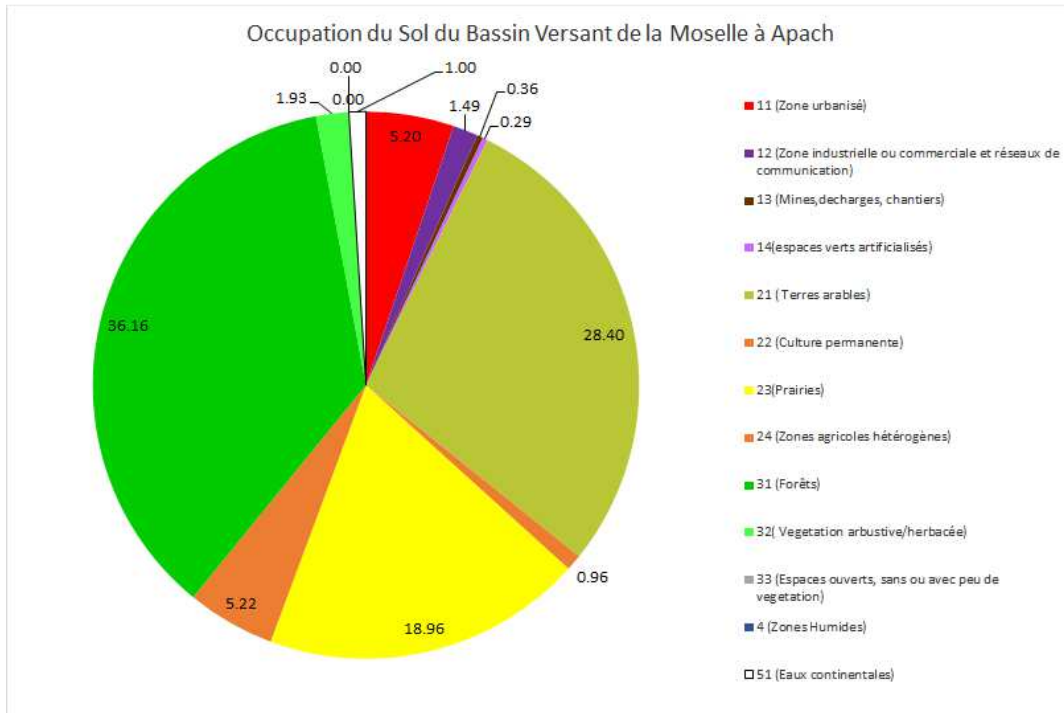


Figure 2-4 : répartition de l'occupation des sols sur le bassin versant de la Moselle française.

A l'échelle du bassin versant, les zones forestières occupent près de 40 % de la superficie du bassin.

Les zones agricoles occupent quant à elles environ 53 % de la superficie du bassin avec une prédominance des prairies et des terres arables.

Les zones urbaines représentent environ 7 % de la superficie du bassin versant.

2.2 LES PRINCIPAUX AFFLUENTS DE LA MOSELLE AMONT

2.2.1 LA MOSELOTTE

La Moselotte conflue avec la Moselle juste en amont de Remiremont dans les Vosges. A la confluence, le bassin versant de la Moselotte (357 km²) est plus étendu que celui de la Moselle amont (233 km²).

Les principales caractéristiques du bassin versant de la Moselotte sont répertoriées dans le Tableau 2-2 :

La Moselotte	
Bassin versant	357 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,60
Densité de drainage	0,83
Pente moyenne	0,26 m/m
Altitude moyenne	750 m
Géologie	Massif cristallin dominant

Tableau 2-2 : caractéristiques du bassin versant de la Moselotte.

2.2.2 LA VOLOGNE

La Vologne conflue avec la Moselle sur la commune de Jarménil dans les Vosges.

Les principales caractéristiques du bassin versant de la Vologne sont répertoriées dans le Tableau 2-3 :

La Vologne	
Bassin versant	368 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,80
Densité de drainage	0,74
Pente moyenne	0,17 m/m
Altitude moyenne	600 m
Géologie	Massif cristallin dominant, une partie du bassin sur les grès vosgiens

Tableau 2-3 : caractéristiques du bassin versant de la Vologne.

2.2.3 LE MADON

Le Madon conflue avec la Moselle sur la commune de Pont-Saint-Vincent en Meurthe-et-Moselle.

Le bassin versant du Madon représente 15 % du bassin versant de la Moselle amont et 9 % du bassin versant total de la Moselle française.

Les principales caractéristiques du bassin versant du Madon sont répertoriées dans le Tableau 2-4 :

Le Madon	
Bassin versant	1 035 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,63
Densité de drainage	0,64
Pente moyenne	0,07 m/m
Altitude moyenne	320 m
Géologie	Marnes et grès à l'amont, calcaires et marnes à l'aval

Tableau 2-4 : caractéristiques du bassin versant du Madon.

2.2.4 LA MEURTHE

La Meurthe conflue avec la Moselle sur les communes de Custines, Frouard et Pompey en Meurthe-et-Moselle (les deux cours d'eau délimitent les territoires communaux entre ces trois communes).

La Meurthe est le principal affluent de la Moselle française : son bassin versant représente 45 % du bassin versant de la Moselle amont et 27 % du bassin versant total de la Moselle française.

Les principales caractéristiques du bassin versant de la Meurthe sont répertoriées dans le Tableau 2-5 :

La Meurthe	
Bassin versant	3 090 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,71
Densité de drainage	0,75
Pente moyenne	0,12 m/m
Altitude moyenne	340 m
Géologie	Massif cristallin dominant à l'amont, traversée des grès vosgiens en partie médiane, puis marnes et grès et calcaires dans la traversée du plateau lorrain

Tableau 2-5 : caractéristiques du bassin versant de la Meurthe.

2.3 LES PRINCIPAUX AFFLUENTS DE LA MOSELLE AVAL

2.3.1 LA SEILLE

La Seille conflue avec la Moselle au cœur du centre-ville de Metz en Moselle.

La Seille est l'un des principaux affluents de la Moselle et le plus important sur la Moselle aval : son bassin versant représente 28 % du bassin versant de la Moselle aval et 11 % du bassin versant total de la Moselle française.

Les principales caractéristiques du bassin versant de la Seille sont répertoriées dans le Tableau 2-6 :

La Seille	
Bassin versant	1 288 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,88
Densité de drainage	0,68
Pente moyenne	0,05 m/m
Altitude moyenne	240 m
Géologie	Marnes sur l'amont de Nomény, calcaires et marnes en aval

Tableau 2-6 : caractéristiques du bassin versant de la Seille.

2.3.2 L'ORNE

L'Orne conflue avec la Moselle sur la commune de Richemont en Moselle.

L'Orne est l'un des principaux affluents de la Moselle : son bassin versant représente 27 % du bassin versant de la Moselle aval et 11 % du bassin versant total de la Moselle française.

Les principales caractéristiques du bassin versant de l'Orne sont répertoriées dans le Tableau 2-7 :

L'Orne	
Bassin versant	1 274 km ²
Indice de Gravelius (compacité)	1,68
Densité de drainage	0,63
Pente moyenne	0,05 m/m
Altitude moyenne	240 m
Géologie	Calcaires et marnes du plateau lorrain

Tableau 2-7 : caractéristiques du bassin versant de l'Orne.

3 ANALYSE DES DONNEES LIEES AU CYCLE DE L'EAU

3.1 PLUVIOMETRIE

3.1.1 DONNEES RECUEILLIES

De nombreuses stations pluviométriques parsèment le bassin versant de la Moselle française.

Les données ont été recueillies auprès des deux principaux producteurs sur une sélection de stations :

- Données Météo-France : 43 stations pluviométriques ;
- Données DREAL-SPC : 18 stations pluviométriques.

Ainsi, 61 stations permettent de couvrir le bassin versant de la Moselle française.

La période d'analyse des données est réduite à la période 1980-2020 afin de disposer d'un nombre suffisant de stations avec des chroniques couvrant toute la période :

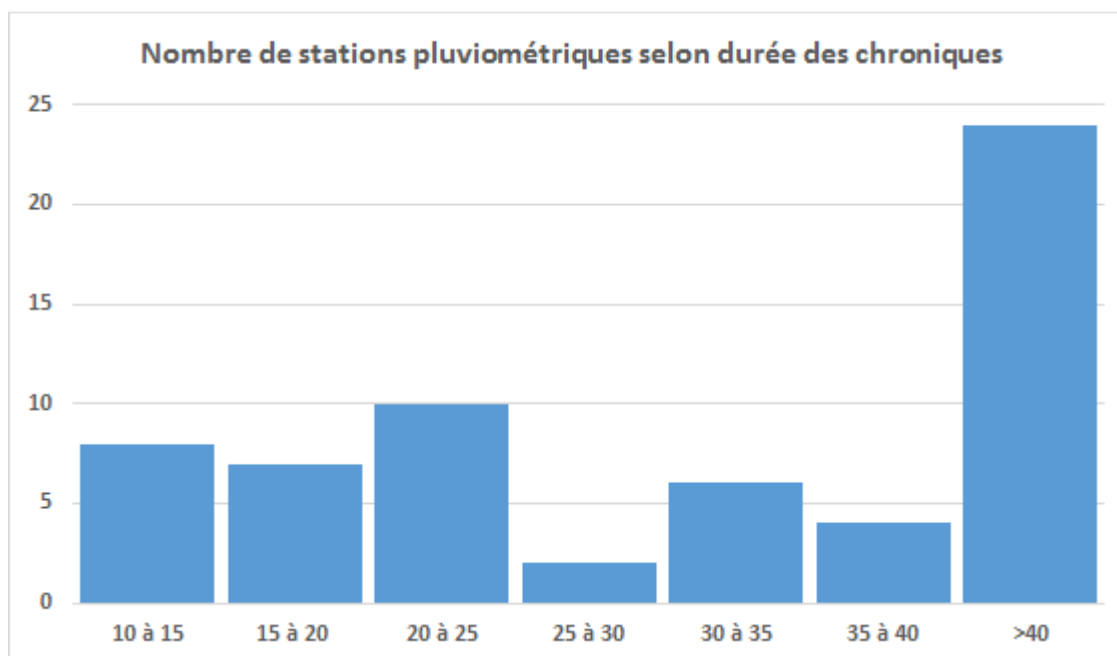


Figure 3-1 : répartition des stations pluviométriques selon la répartition des durées des chroniques.

La majorité des stations avec des chroniques courtes (inférieures à 25 ans) sont exploitées par la DREAL Grand-Est : ces stations ont été ouvertes à la fin des années 90 et dans les années 2000.

Le Tableau 3-1 liste les stations utilisées pour l'étude.

Certaines stations présentent des lacunes de mesures. Les stations présentant un taux de lacunes significatif sont : Ballon d'Alsace (Météo-France), Gerbéviller, Nomény, Colroy et Plainfaing (DREAL Grand-Est).

Code	Nom Station	Alt	LX	LY	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes	Producteur
54040001	BADONVILLER	336	936900	2398500	01/01/1980	30/06/2020	40	0.8%	Meteo-France
54054001	BAYON	268	894200	2393200	01/01/1980	31/05/2020	40	-	Meteo-France
54039001	BACCARAT	272	925600	2392800	01/01/1980	31/05/2020	40	-	Meteo-France
54136001	CONFLANS	197	856900	2468600	02/01/1980	31/12/2008	29	0.8%	Meteo-France
54182001	ESSEY-ET-MAIZERAIS	218	854700	2441300	01/01/1980	01/07/2020	40	3.4%	Meteo-France
54273002	JARNY	210	857800	2467700	01/01/2009	31/05/2020	11	-	Meteo-France
54329001	LUNEVILLE	222	905300	2406300	01/08/1992	31/05/2020	28	0.3%	Meteo-France
54405001	NANCY-OCHEY	336	867300	2404200	01/01/1980	01/07/2020	40	-	Meteo-France
54415001	PAGNY-SUR-MOSELLE	174	870500	2449200	01/01/1980	31/05/2020	40	0.4%	Meteo-France
54526001	TOMBLAINE	212	886000	2417000	01/01/1980	01/07/2020	40	-	Meteo-France
55063001	BOULIGNY	250	848900	2484200	01/01/1980	31/07/2011	32	0.3%	Meteo-France
55073001	BRAS-SUR-MEUSE	194	821800	2472000	01/01/1980	31/05/2020	40	0.4%	Meteo-France
55463001	SAINT-MIHIEL	226	834400	2438000	01/01/1980	31/12/2016	37	1.3%	Meteo-France
57039001	AUGNY	192	876900	2459100	01/01/1980	01/07/2020	40	-	Meteo-France
57171001	DELME	238	896900	2440100	01/01/1980	31/05/2020	40	0.7%	Meteo-France
57177001	DIEUZE	216	922300	2432600	01/02/1980	31/12/2018	39	0.4%	Meteo-France
57253001	GONDREXANGE	266	938000	2419800	01/01/1980	31/05/2020	40	-	Meteo-France
57465001	METZERVISSE	200	886900	2486600	01/01/1980	01/07/2020	40	0.2%	Meteo-France
57557001	PUTTELANGE-LES-THIONVILLE	193	884800	2505600	01/05/1982	01/07/2020	38	0.5%	Meteo-France
57623001	SAINT-QUIRIN	305	948700	2411700	01/01/1980	31/05/2020	40	0.7%	Meteo-France
67165003	GRANDFONTAINE	515	953000	2401600	01/08/1980	31/01/2005	25	-	Meteo-France
67421001	SAALES CENTRE MEDICAL	630	953100	2384300	01/01/1980	31/07/2003	24	-	Meteo-France
67421004	SAALES	558	953400	2383000	01/09/2003	30/06/2020	17	-	Meteo-France
68210002	MITTLACH	552	950000	2344500	01/01/1980	30/06/2020	40	-	Meteo-France
68247001	ODEREN - VALLEE	457	946200	2333600	01/01/1980	01/07/2020	40	0.6%	Meteo-France
68294001	SAINTE-CROIX-AUX-MINES	545	959300	2375400	01/01/2000	01/07/2020	20	0.3%	Meteo-France
68307001	SEWEN - LAC ALFELD	620	939600	2322700	01/01/1980	01/07/2020	40	3.9%	Meteo-France
88033001	BAN-DE-SAPT	583	945000	2382200	01/01/1996	31/05/2020	24	-	Meteo-France
88076001	BROUVELIEURES	395	926400	2368500	01/01/1980	31/08/2010	31	0.3%	Meteo-France
88101001	CHENIMENIL	402	916900	2357500	01/01/1980	31/05/2020	40	1.0%	Meteo-France
88136001	EPINAL-DOGNEVILLE	317	905700	2364900	01/06/1986	01/07/2020	34	0.2%	Meteo-France

Code	Nom Station	Alt	LX	LY	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes	Producteur
88181002	FRAIZE	535	947100	2364900	01/01/1980	31/12/2010	31	2.9%	Meteo-France
88267001	LERRAIN	320	883600	2356500	01/01/1980	31/05/2020	40	0.4%	Meteo-France
88302001	LE MENIL	665	934800	2334400	01/03/1990	31/05/2020	30	-	Meteo-France
88304005	MIRECOURT	265	881700	2374900	01/01/1980	30/09/2017	38	0.2%	Meteo-France
88340001	PADOUX	343	915100	2372600	01/01/1980	31/05/2020	40	-	Meteo-France
88383001	REMIREMONT	380	917600	2344300	01/01/1980	31/03/2020	40	0.2%	Meteo-France
88402002	ROVILLE	278	916300	2384600	01/01/1980	01/07/2020	40	-	Meteo-France
88408002	RUPT-SUR-MOSELLE	427	923200	2333200	01/01/1980	01/07/2020	40	3.1%	Meteo-France
88424001	SAINTE-MARGUERITE	358	943300	2373700	01/01/1980	31/12/2010	31	0.3%	Meteo-France
88447002	SAULXURES	465	931600	2336800	01/01/1980	31/05/2020	40	0.6%	Meteo-France
88531002	XONRUPT-LONGEMER	745	943500	2351100	01/01/1980	31/05/2020	40	-	Meteo-France
90065002	BALLON D'ALSACE	1120	1009370	2322900	01/10/1984	31/12/1994	10	16.5%	Meteo-France
54077003	BLAMONT		932463.9	2408349	01/01/1997	01/07/2020	23	4.5%	DREAL Grand Est
54152001	DAMELEVIÈRES		898714.9	2403745	01/01/1997	01/07/2020	23	4.4%	DREAL Grand Est
54222001	GERBEVILLER		909527.9	2395827	01/01/1997	01/07/2020	23	15.5%	DREAL Grand Est
54351001	CUSTINES		878167.1	2427944	01/11/2007	01/07/2020	13	0.2%	DREAL Grand Est
54400003	NOMENY		885861.9	2438562	28/03/2002	01/07/2020	18	12.9%	DREAL Grand Est
54574001	VILLERS-LA-CHEVRE		843050.5	2506070	01/11/2007	01/07/2020	13	0.7%	DREAL Grand Est
55043002	BELLEVILLE-SUR-MEUSE		821975.6	2468116	01/08/2007	01/07/2020	13	0.1%	DREAL Grand Est
55357001	MORGEMOULIN		836475.7	2475621	04/07/2008	01/07/2020	12	0.2%	DREAL Grand Est
57126001	CHAMBREY		902820.8	2428549	01/01/2002	01/07/2020	18	2.5%	DREAL Grand Est
57587002	RODALBE		919185.2	2444029	09/05/2005	01/07/2020	15	1.6%	DREAL Grand Est
88047001	BEGNECOURT		883330.7	2364083	01/01/2005	01/07/2020	15	0.2%	DREAL Grand Est
88112001	COLROY		953466.3	2381398	03/01/2000	01/07/2020	20	10.9%	DREAL Grand Est
88215002	SAINT-STAIL		950849.8	2385046	09/03/2007	01/07/2020	13	0.3%	DREAL Grand Est
88304007	MIRECOURT		881056.1	2374412	01/01/2005	01/07/2020	15	0.5%	DREAL Grand Est
88349003	PLAINFAING		949608.2	2359618	28/02/2000	01/07/2020	20	9.3%	DREAL Grand Est
88383003	REMIREMONT		917707.5	2344221	01/11/2007	01/07/2020	13	0.6%	DREAL Grand Est
88386001	REMOEIX		946206.6	2373245	01/01/2000	01/07/2020	20	1.9%	DREAL Grand Est
88021001	AUTREY GARE		922634.1	2375246	01/01/2005	01/07/2020	15	0.3%	DREAL Grand Est

Tableau 3-1 : liste des postes pluviométriques.

3.1.2 PLUVIOMETRIE INTERANNUELLE

3.1.2.1 Analyse des chroniques complètes

Dans un premier temps, les chroniques de 40 ans de durée avec quelques lacunes ainsi que les chroniques de durées supérieures à 38 ans sont complétées par corrélation avec les stations les plus proches. Cela permet de disposer d'un échantillon de 26 chroniques complètes réparties sur tout le territoire du bassin versant.

Dans un second temps, afin de pouvoir comparer plus aisément les séries complètes, les variables sont transformées en variables centrée-réduites : centrer une variable consiste à soustraire sa moyenne à chacune de ses valeurs initiales, la réduire consiste à diviser toutes ses valeurs par l'écart-type. Par construction, une variable centrée-réduite a une moyenne nulle et un écart-type égal à 1.

Cette transformation présente l'intérêt de disposer de données indépendantes de l'unité ou de l'échelle choisie tout en conservant les profils de variation.

Ensuite, une fois cette transformation opérée, les moyennes mobiles sur 10 ans des variables centrée-réduites sont calculées. Le parti retenu est d'affecter à l'année X la moyenne de la période [X-9,X], en d'autres termes, à chaque année est affectée la moyenne des dix dernières années. Les moyennes mobiles sont donc calculées de 1989 à 2019.

L'intérêt de la moyenne mobile est de lisser les variations annuelles et de dégager (ou pas) des tendances d'évolution.

3.1.2.2 Evolution des pluies moyennes sur le long terme

L'évolution des pluies moyennes sur le long terme est étudiée en trois stations :

- La station de Saulxures-sur-Moselotte à l'amont du bassin versant de la Moselle, dans les Vosges ;
- La station de Nancy-Essey (Tombelaine) dans la partie centrale du bassin versant ;
- La station de Metz-Frescaty (Aigny) dans la partie aval du bassin versant.

Pour ces trois stations, les cumuls mensuels de précipitation ont été recueillis auprès de Météo-France sur la période de 1927 à 2020. Les données recueillies présentent des lacunes qui sont comblées, dans la mesure du possible, par corrélation avec des stations voisines.

Ainsi, les chroniques mensuelles sont complétées pour les stations de Metz et Nancy sur la période 1927 à 2020 tandis que la chronique à Saulxures est complétée sur la période de 1938 à 2020.

Sur le plateau lorrain, stations de Nancy et Metz, les évolutions sont bien corrélées. Les écarts sont un peu plus marqués avec la partie vosgienne.

Les années 1940 à 1965 sont plutôt sèches sur l'ensemble du bassin versant.

La période 1965 à 1970 est plus contrastée, avec des années plutôt humides, ce caractère humide étant plus marqué sur le bassin lorrain que sur les Vosges.

Les années 1970 à 1976 voient se succéder des années sèches à très sèches (sécheresse de 1976), ce phénomène étant plus marqué dans les Vosges.

Ensuite, les variations sur l'ensemble du bassin versant sont assez bien corrélées d'après les données aux trois stations.

Les décennies 1980-1990 et 2000-2010 ressortent comme plutôt humides.

La dernière décennie, 2010 à 2020 ressort comme plutôt sèche, en particulier sur l'aval du bassin versant : à Metz, les moyennes sont proches de celles des années 1940 à 1965.

Les figures suivantes présentent l'évolution en moyennes mobiles sur 10 ans de la pluviométrie annuelle (sur l'année hydrologique) exprimée en variable centrée réduite. Les évolutions sont présentées pour toute la période disponible et pour la période 1980 à 2020.

Les variations sur la période 1980-2020 sont du même ordre de grandeur que celles calculées avec l'ensemble de la période 1927-2020 : la variabilité sur la période 1980-2020 (caractérisée par l'écart-type) est très proche de celle de l'ensemble de la période.

La courbe de la période 1980-2020 se situe systématiquement sous la courbe de la période 1927-2020 : cette observation traduit que la moyenne calculée sur la période 1980-2020 est supérieure à celle calculée sur la période 1927-2020. En d'autres termes, les 40 dernières ont été plus humides que la moyenne des 92 dernières années. Ce constat est plus marqué sur la partie vosgienne.

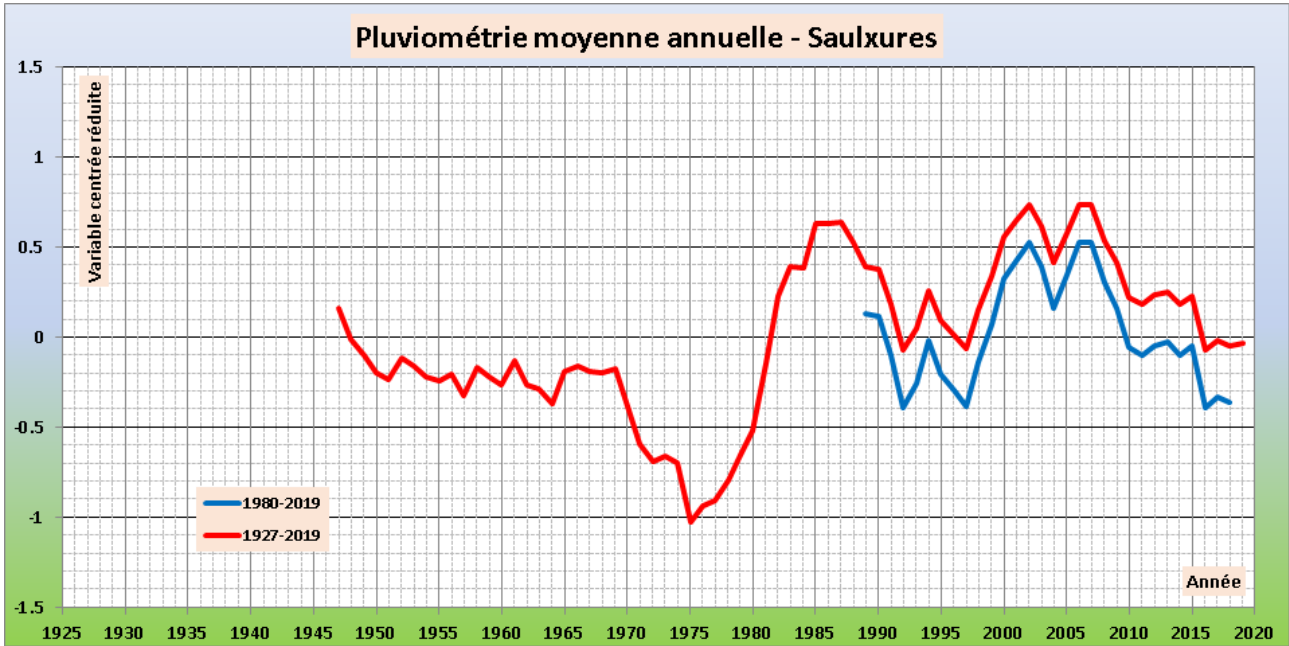


Figure 3-2 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Saulxures-sur-Moselotte, 1938-2020.

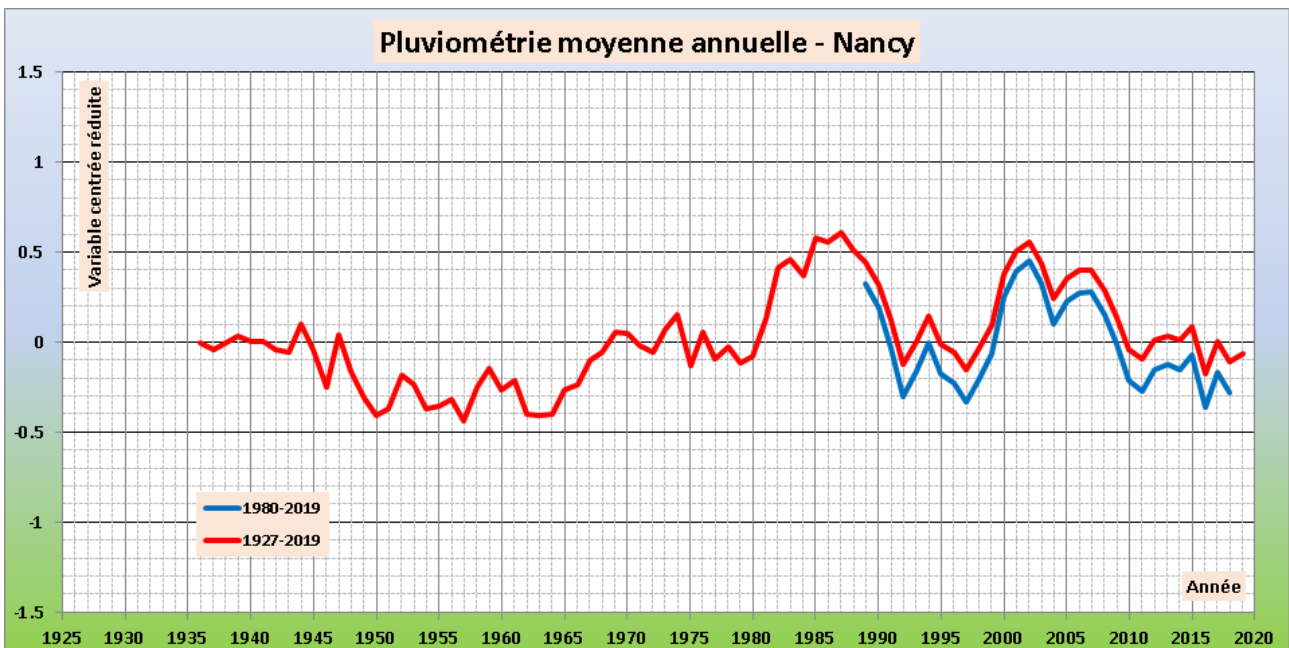


Figure 3-3 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Nancy-Essey, 1927-2020.

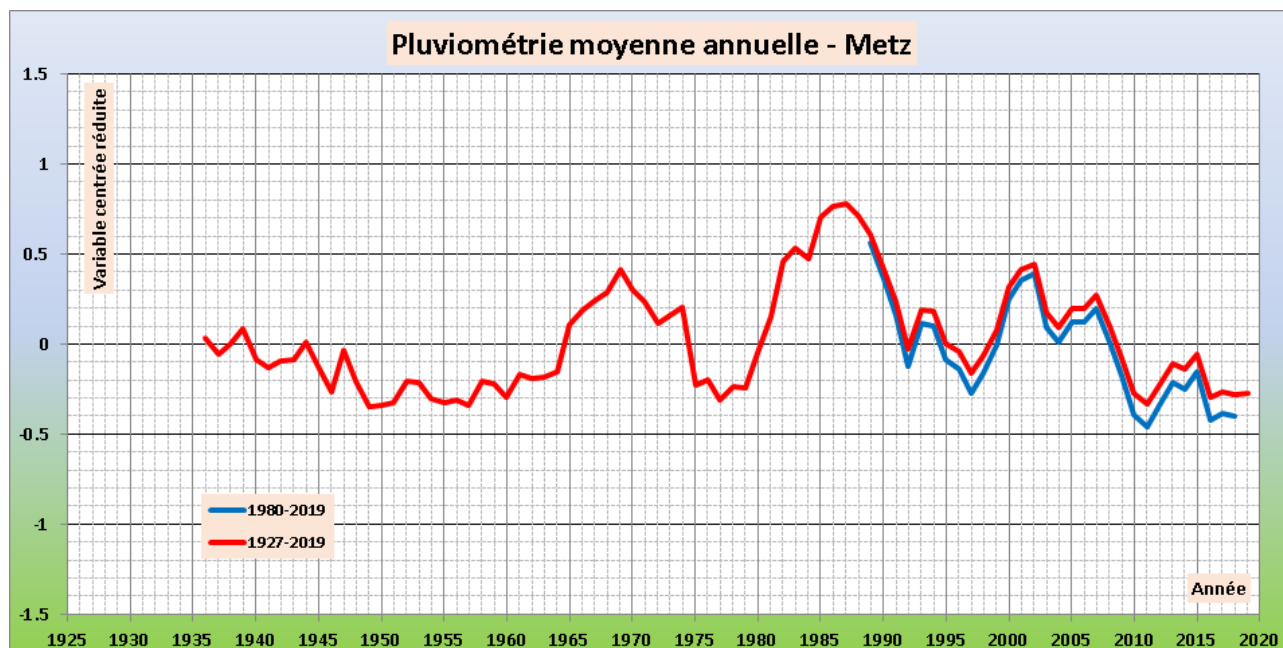


Figure 3-4 : moyennes mobiles des pluies centrées réduites – Metz-Frescaty, 1927-2020.

Ces observations sont à rapprocher des travaux menés par le LOTERR (cf. [1]) comprenant la reconstitution de longues séries de pluies sur la période 1860-2004. Les auteurs ont mis en évidence 2 sous périodes, la période 1950-2004 étant plus humides que la période 1860-1950 (en moyenne, + 10% environ de précipitation sur le bassin versant de la Moselle française).

En conclusion, l'analyse de « longues » séries de pluies (environ 90 ans) ne montre pas de tendance particulièrement marquée. La période 1980 à 2010 ressort comme une période plutôt humide dans l'ensemble en comparaison des décennies précédentes. La dernière décennie fait apparaître une baisse des précipitations comparable à celle observée dans les années 1990-2000. Cette baisse semble plus marquée sur l'aval du bassin versant à Metz.

3.1.2.3 Evolution des pluies sur le bassin versant de la Moselle française – période 1980-2020

Dans ce paragraphe, les évolutions sont analysées sur l'ensemble des postes pluviométriques étudiés pour la période 1980-2020.

On retrouve sensiblement les mêmes observations que celles formulées sur les longues séries : alternance de périodes humides et moyennes entre 1980 et 2010, baisse des précipitations sur la dernière décennie sans pour autant donner une tendance marquée. Selon les secteurs, la dernière décennie est tantôt légèrement sèche, tantôt dans la moyenne en fonction des postes pluviométriques considérés.

Trois stations montrent un comportement qui diffère des stations voisines : Bras-sur-Meuse à l'aval, Saint-Quirin sur la partie intermédiaire des Vosges et, surtout, Roville dont le comportement est significativement différent de celui des stations voisines.

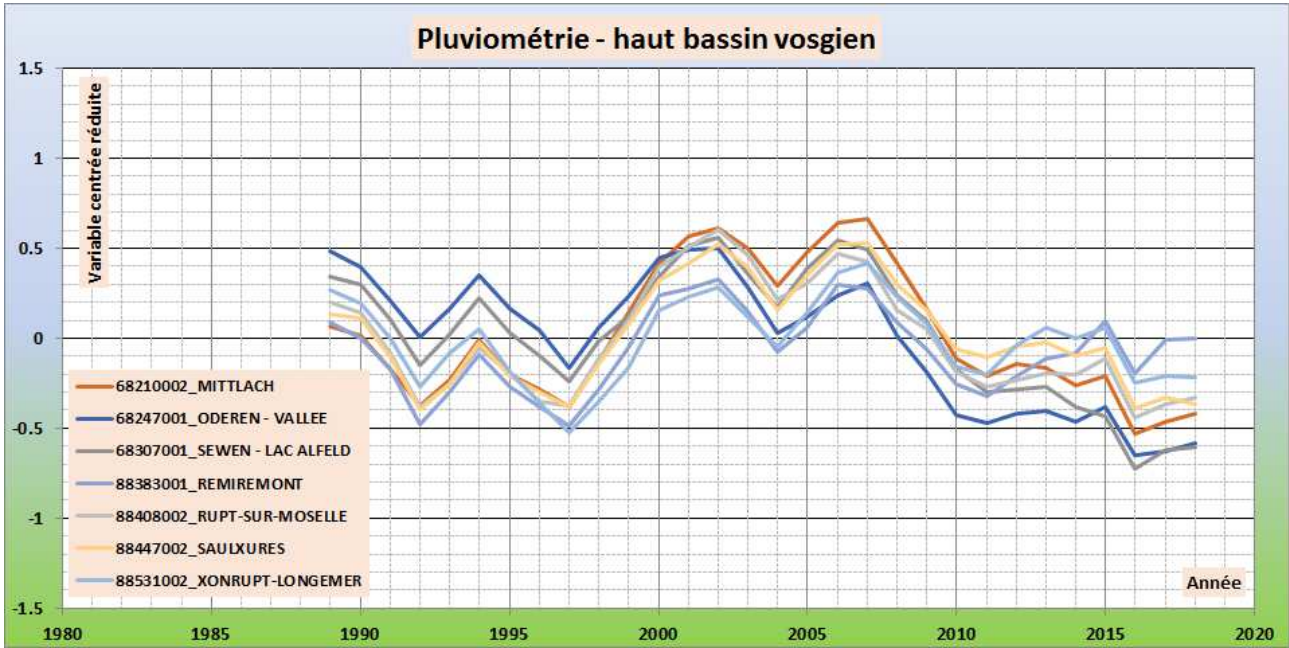


Figure 3-5 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – hautes Vosges.

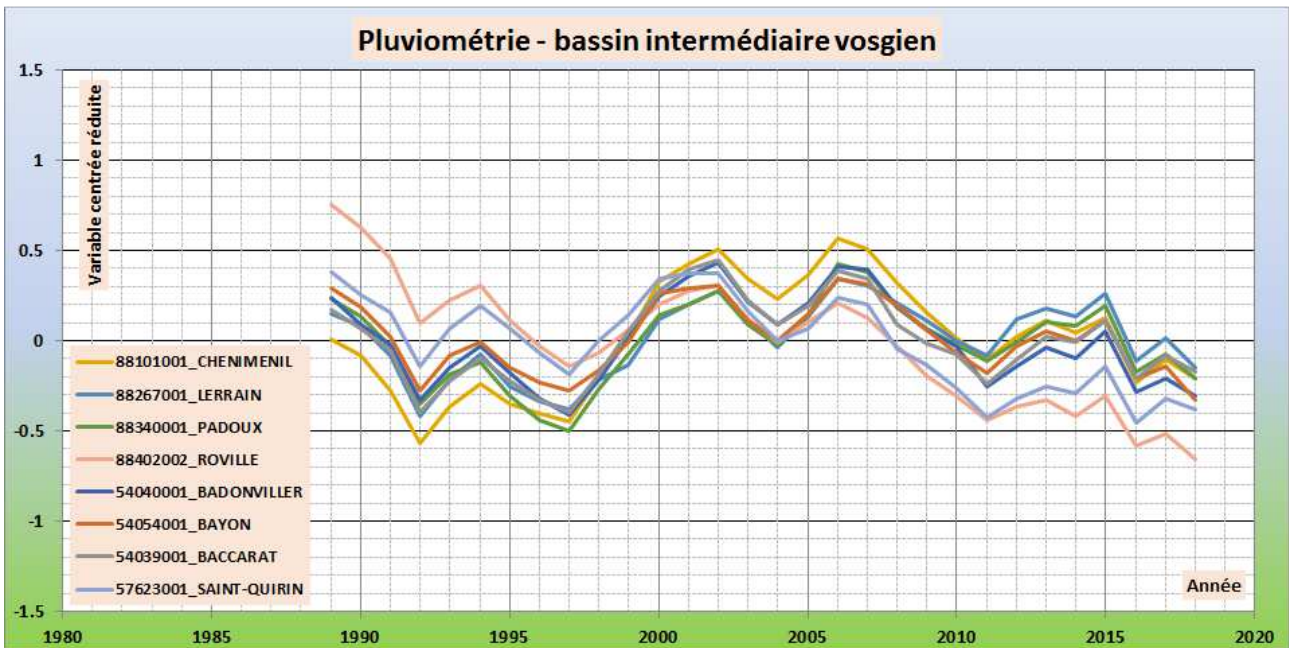


Figure 3-6 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Vosges « intermédiaires ».

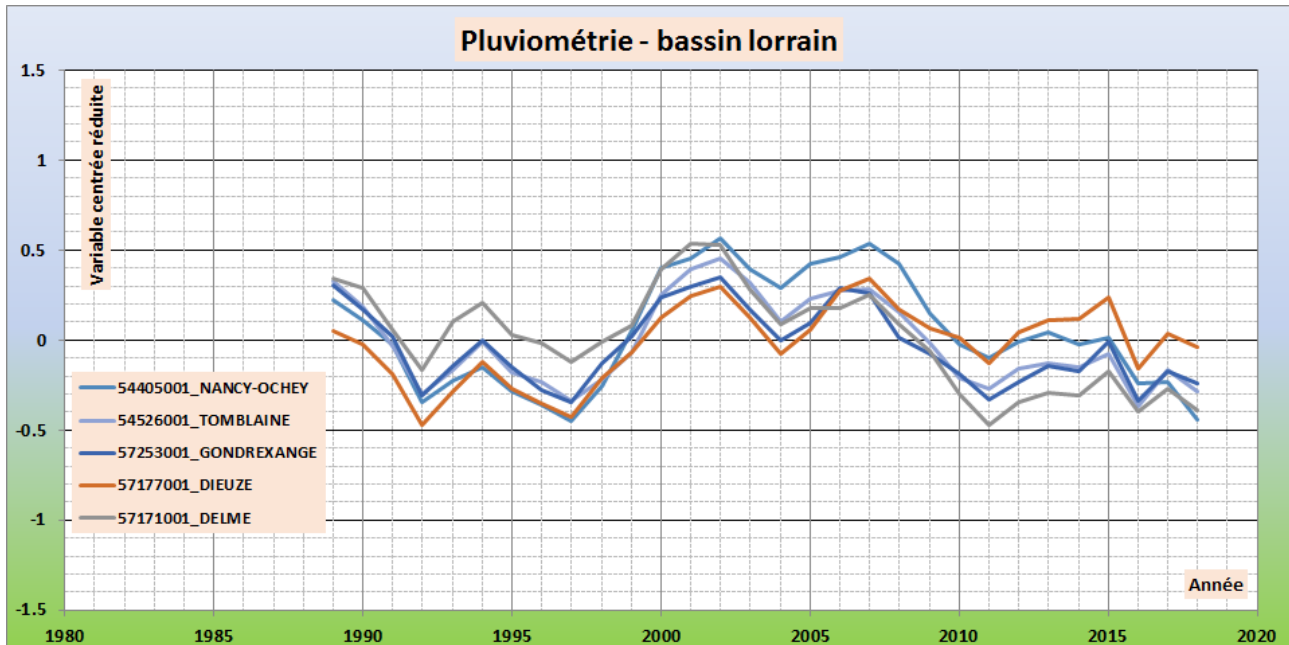


Figure 3-7 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – bassin Lorrain.

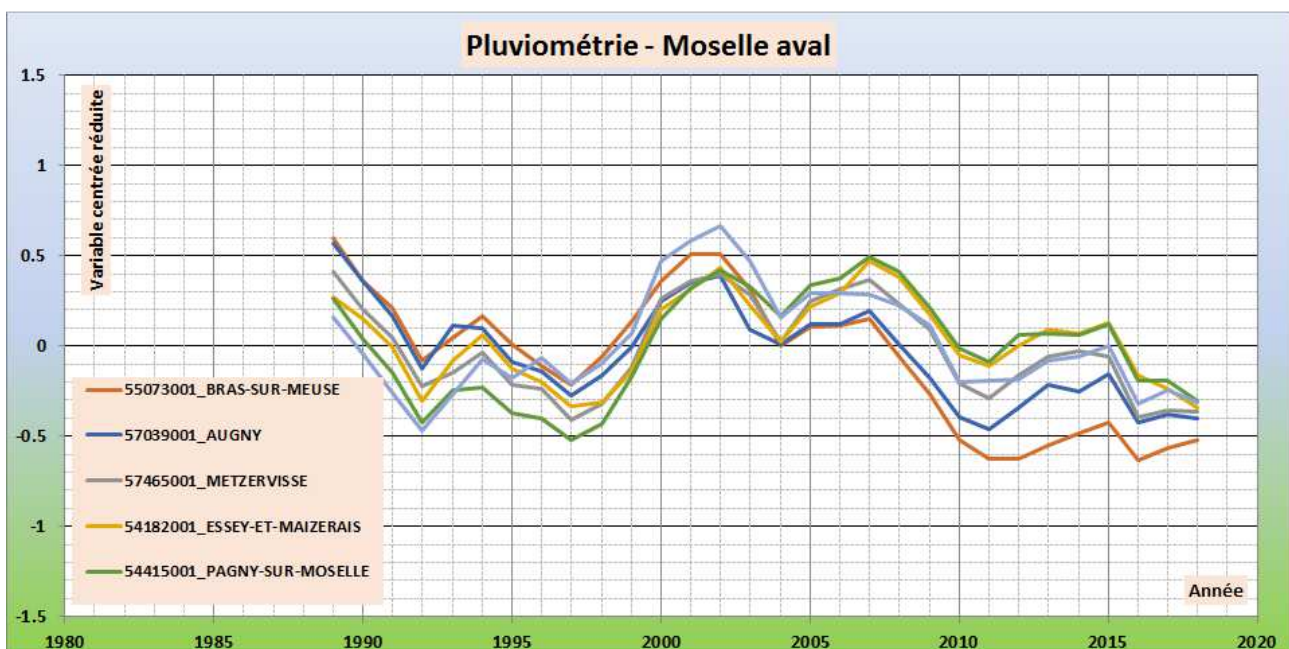


Figure 3-8 : moyenne mobile des pluies centrées réduites – Moselle aval.

3.1.3 PLUIES SAISONNIERES

De la même manière que pour les pluies interannuelles, l'évolution des pluies saisonnières est analysée sur les longues chroniques aux stations de Metz, Nancy et Saulxures.

Le découpage en saison est le suivant :

- Printemps : mars, avril et mai ;
- Été : juin, juillet et août ;

- Automne : septembre, octobre et décembre ;
- Hiver : décembre, janvier et février.

Les graphiques du Tableau 3-2 illustrent les variations saisonnières de pluviométrie.

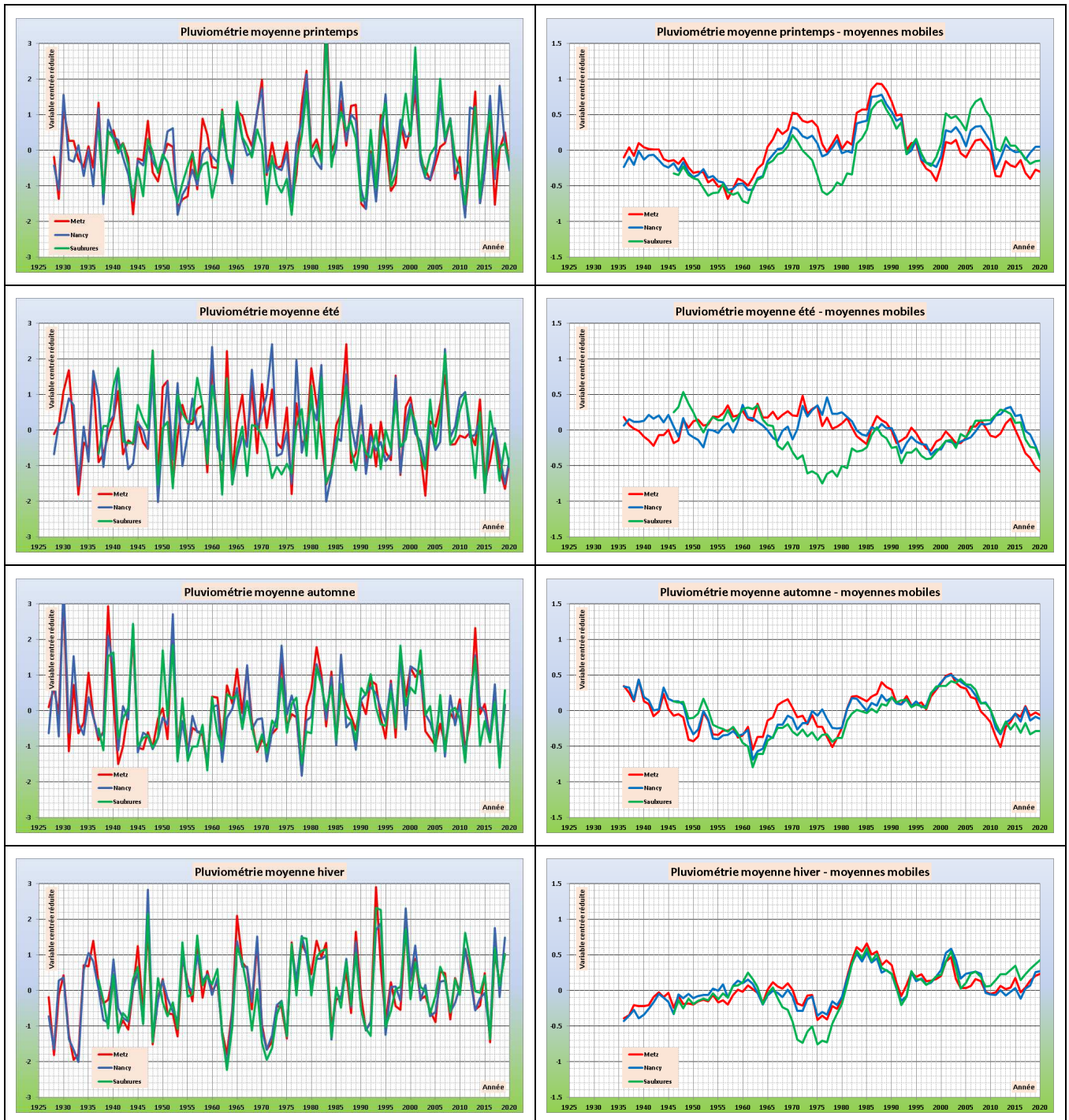


Tableau 3-2 : variation des pluies saisonnières sur le bassin de la Moselle française.

De manière générale, les variations aux postes de Nancy et Metz sont très similaires avec des amplitudes légèrement variables. Le comportement à la station de Saulxures peut différer notablement, même si les grandes tendances se retrouvent.

Pluies de printemps : une tendance à la hausse des pluies printanières est détectée d'après les observations sur les trois stations. Depuis la fin des années 1970, la valeur de 1,5 (pour la variable centrée réduite) est régulièrement dépassée, ce qui n'était pas le cas auparavant. A noter le caractère exceptionnel du printemps 1983 avec des valeurs atteintes de 3,6 à 4. Le printemps 2001 a également été particulièrement humide sans pour autant atteindre le même caractère exceptionnel.

Pluies d'été : les pluies d'été montrent une forte variabilité interannuelle et des écarts entre les stations pouvant être importants. Ceci peut s'expliquer par les caractéristiques propres de ces pluies, qui peuvent être intenses et localisées (phénomènes orageux). Jusqu'aux années 2010, les moyennes glissantes ne montrent pas de tendance particulière, hormis la succession de plusieurs étés secs entre 1972 et 1976 à Saulxures. Depuis 2010, une tendance à la baisse, assez marquée, est observée aux trois postes : cette tendance tient plus à l'absence d'étés humides, le dernier été « vraiment humide » remontant à 2007.

Pluies d'automne : les pluies d'automne ne font pas apparaître de tendance significative. Jusque dans les années 1950, des automnes très humides étaient régulièrement observés, ce qui est moins souvent le cas depuis. A noter que l'automne 2006 ne ressort pas comme un automne particulièrement humide malgré l'intensité de la crue d'octobre 2006.

Pluies d'hiver : comme pour les pluies de printemps, une tendance à la hausse des pluies d'hiver est observée sur les trois stations. Cette tendance n'est pas tant marquée par des hivers plus humides mais plutôt par une diminution de la fréquence des hivers secs. Les hivers remarquables sont ceux de 1947-1948, 1993-1994 et 1994-1995.

3.2 DONNEES DE TEMPERATURE

3.2.1 DONNEES RECUEILLIES

Parmi les 61 stations utilisées, 35 mesurent également les températures :

- Données Météo-France : 17 stations ;
- Données DREAL-SPC : 18 stations.

Le Tableau 3-3 liste les stations pour lesquelles les données de températures sont fournies.

Code	Nom Station	Alt	LX	LY	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes	Producteur
54040001	BADONVILLER	336	936900	2398500	01/01/1980	30/06/2020	40	0.9%	Meteo-France
54182001	ESSEY-ET-MAIZERAIS	218	854700	2441300	24/10/2018	01/07/2020	2	0.0%	Meteo-France
54405001	NANCY-OCHEY	336	867300	2404200	01/01/1980	01/07/2020	40	0.0%	Meteo-France
54526001	TOMBLAINE	212	886000	2417000	01/01/1980	01/07/2020	40	0.0%	Meteo-France
57039001	AUGNY	192	876900	2459100	01/01/1980	01/07/2020	40	0.0%	Meteo-France
57465001	METZERVISSE	200	886900	2486600	17/11/2018	01/07/2020	2	0.0%	Meteo-France
57557001	PUTTELANGE-LES-THIONVILLE	193	884800	2505600	25/06/2019	01/07/2020	1	0.3%	Meteo-France
67165003	GRANDFONTAINE	515	953000	2401600	01/08/1980	31/01/2005	25	0.0%	Meteo-France
67421001	SAALES CENTRE MEDICAL	630	953100	2384300	01/12/1986	31/07/1994	8	2.3%	Meteo-France
68294001	SAINTE-CROIX-AUX-MINES	545	959300	2375400	01/01/2004	01/07/2020	16	2.9%	Meteo-France
68307001	SEWEN - LAC ALFELD	620	939600	2322700	01/01/1980	01/07/2020	40	6.2%	Meteo-France
88136001	EPINAL-DOGNEVILLE	317	905700	2364900	01/06/1986	01/07/2020	34	0.0%	Meteo-France
88304005	MIRECOURT	265	881700	2374900	01/01/1980	30/09/2017	34	0.0%	Meteo-France
88402002	ROVILLE	278	916300	2384600	01/01/1980	01/07/2020	40	0.0%	Meteo-France
88408002	RUPT-SUR-MOSELLE	278	916300	2384600	17/09/2019	01/07/2020	1	0.0%	Meteo-France
88424001	SAINTE-MARGUERITE	358	943300	2373700	01/01/1980	31/12/2010	31	0.3%	Meteo-France
90065002	BALLON D'ALSACE	1120	1009370	2322900	11/10/1984	31/12/1994	10	15.2%	Meteo-France
54077003	BLAMONT		932463.927	2408348.53	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
54152001	DAMELEVIERES		898714.933	2403744.75	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
54222001	GERBEVILLER		909527.912	2395827.45	01/07/2008	02/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
54351001	CUSTINES		878167.126	2427943.51	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
54400003	NOMENY		885861.91	2438562.01	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
54574001	VILLERS-LA-CHEVRE		843050.532	2506069.62	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
55043002	BELLEVILLE-SUR-MEUSE		821975.607	2468115.76	15/01/2009	01/07/2020	11	0.0%	DREAL Grand Est
55357001	MORGEMOULIN		836475.665	2475620.92	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
57126001	CHAMBREY		902820.798	2428549.42	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
57587002	RODALBE		919185.237	2444029.27	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88021001	AUTREY GARE		922634.13	2375245.83	08/09/2009	02/07/2020	11	0.0%	DREAL Grand Est
88047001	BEGNECOURT		883330.65	2364082.6	01/11/2009	01/07/2020	11	0.0%	DREAL Grand Est
88112001	COLROY		953466.303	2381398.14	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88215002	SAINT-STAIL		950849.795	2385046.11	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88304007	MIRECOURT		881056.052	2374411.57	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88349003	PLAINFAING		949608.195	2359617.73	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88383003	REMIREMONT		917707.52	2344221.28	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est
88386001	REMOMEIX		946206.649	2373245.31	04/07/2008	01/07/2020	12	0.0%	DREAL Grand Est

Tableau 3-3 : liste des stations avec températures.

Les mesures de températures aux stations DREAL ont commencé en 2008 et 2009 : les durées des chroniques varient ainsi de 11 à 12 ans. Les chroniques de la DREAL Grand-Est sont complètes.

Les durées des mesures de températures aux stations Météo-France sont quant à elles très variables : 9 stations ont des durées de plus de 30 ans et 5 stations ont des durées de mesures inférieures à 5 ans. Hormis pour la station du Ballon d'Alsace, le taux de lacunes est assez faible pour les températures.

Les données fournies varient selon le producteur :

- Météo France fournit des données journalières : températures moyenne, maximale et minimale ;
- La DREAL Grand-Est fournit des données horaires : températures moyenne, maximale et minimale.

3.2.2 TEMPERATURES MOYENNES

De la même manière que pour les pluies, les données sont « centrées-réduites » afin de comparer les tendances sur les différentes stations.

3.2.2.1 Evolution des températures moyennes sur le long terme

L'évolution des pluies moyennes sur le long terme est étudiée en deux stations :

- La station de Nancy-Essey (Tombelaine) dans la partie centrale du bassin versant ;
- La station de Metz-Frescaty (Augny) dans la partie aval du bassin versant.

Pour l'amont vosgien, aucune station ne fournit une chronique suffisamment longue.

Pour ces deux stations, les températures moyennes mensuelles ont été recueillies auprès de Météo-France sur la période de 1929 à 2020. Les données recueillies présentent des lacunes qui sont comblées, dans la mesure du possible, par corrélation avec des stations voisines.

Ainsi, les chroniques mensuelles sont complétées pour les stations de Metz et Nancy sur la période 1929 à 2020. Seuls une dizaine de mois n'ont pu être reconstitués faute de données disponibles : juin à octobre 1940 et août à décembre 1944.

Les températures aux deux stations sont bien corrélées dans l'ensemble.

Les figures suivantes présentent l'évolution en moyennes mobiles sur 10 ans de la température moyenne annuelle exprimée en variable centrée réduite. Les évolutions sont présentées pour toute la période disponible et pour la période 1980 à 2020.

Les variations sur la période 1980-2020 sont du même ordre de grandeurs que celles calculées avec l'ensemble de la période 1929-2020 : la variabilité sur la période 1980-2020 (caractérisée par l'écart-type) est très proche de celle de l'ensemble de la période.

La courbe de la période 1980-2020 se situe systématiquement sous la courbe de la période 1929-2020 : cette observation traduit que la moyenne calculée sur la période 1980-2020 est supérieure à celle calculée sur la période 1929-2020. En d'autres termes, les 40 dernières ont été plus chaudes que la moyenne des 90 dernières années.

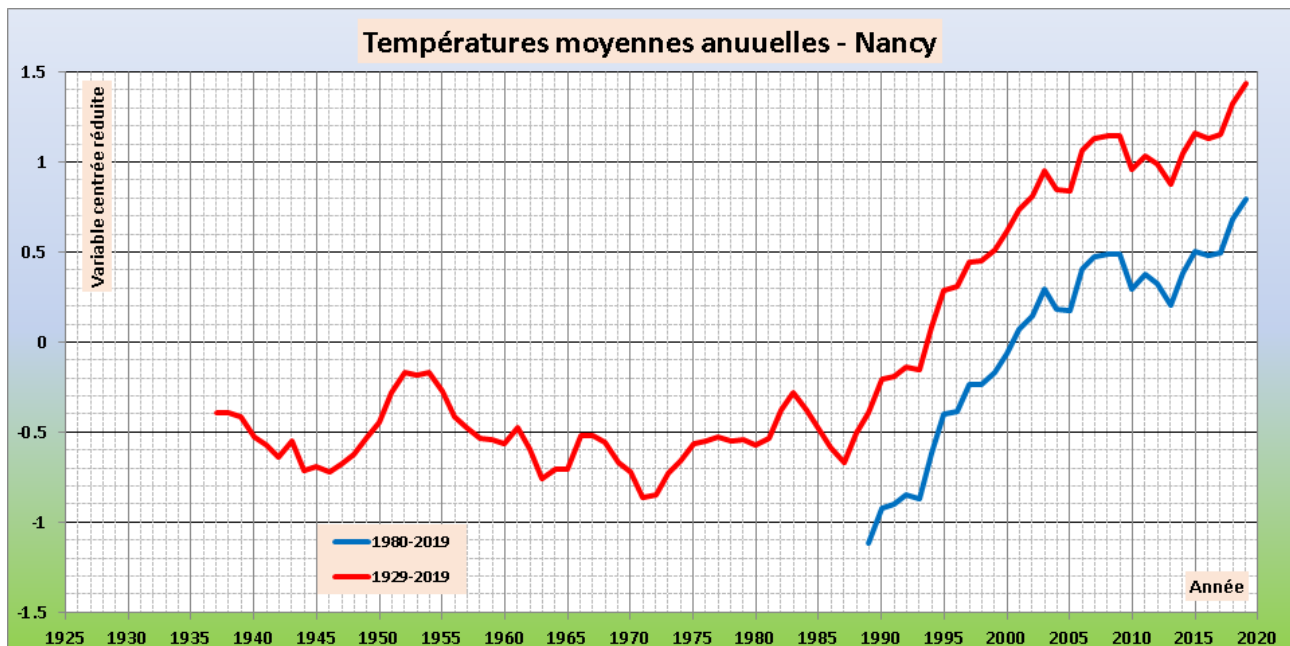


Figure 3-9 : moyenne mobile des températures centrées réduites – Nancy-Essey, 1929-2020.

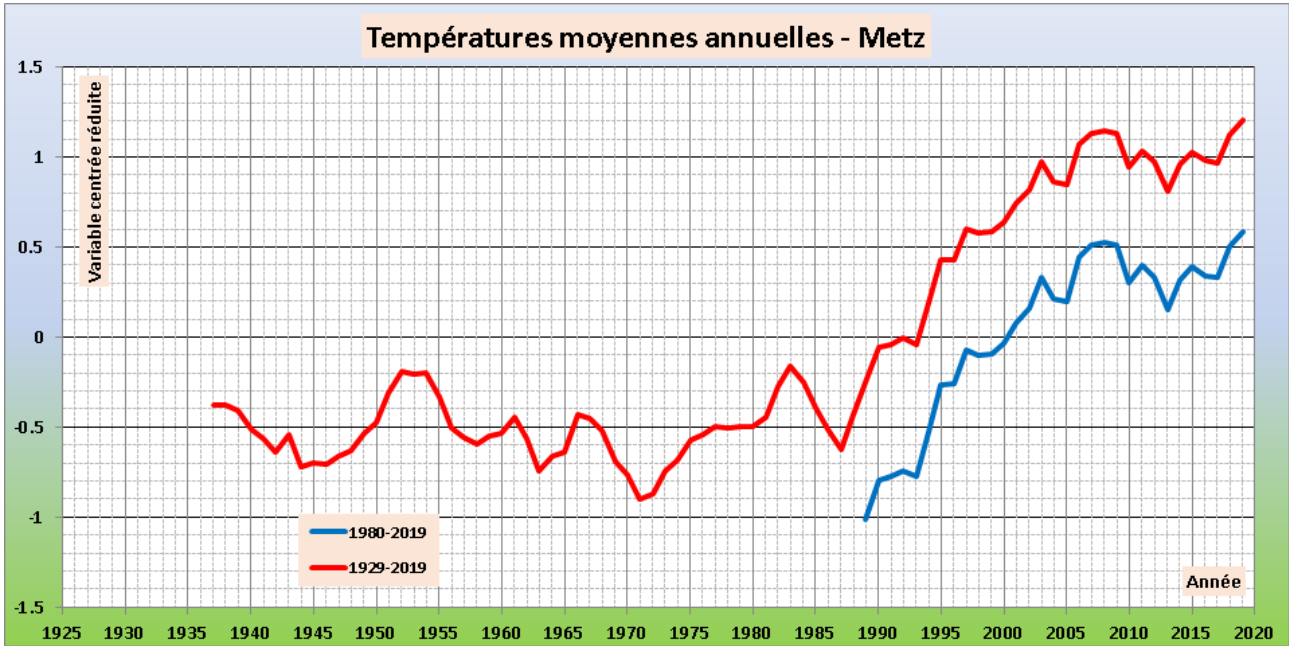


Figure 3-10 : moyenne mobile des températures centrées réduites – Metz-Frescaty, 1929-2020.

Autant les tendances sur la pluviométrie ne sont pas particulièrement marquées, autant celles sur les températures le sont très nettement.

Une rupture de pente très nette est observée entre 1985 et 1990. Depuis cette période, les températures moyennes sont en augmentation quasi continue.

La Figure 3-11 présente les températures en moyennes glissantes sur 30 années (durée généralement retenue pour calculer les moyennes météorologiques de référence) :

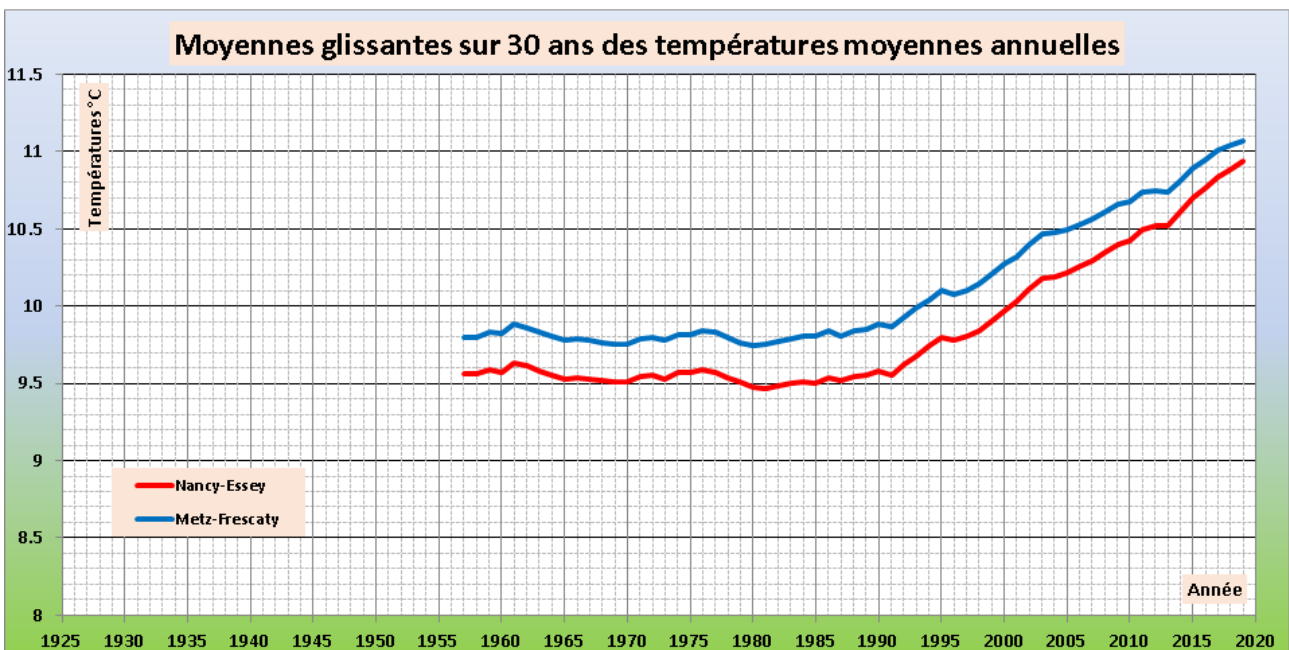


Figure 3-11 : moyenne glissante sur 30 ans des températures moyennes - 1929-2020.

Les deux courbes de Nancy et Metz montrent des comportements similaires avec la rupture de pente à la fin des années 1980.

Ainsi, avant 1990, la moyenne sur 30 ans varie très peu aux deux stations : $9,8^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) à Metz-Frescaty et $9,5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$) à Nancy-Essey.

Sur les 30 dernières années, de 1990 à 2020, cette moyenne a augmenté de $1,3^{\circ}\text{C}$ à Metz et $1,4^{\circ}\text{C}$ à Nancy : $11,1^{\circ}\text{C}$ à Metz-Frescaty et $10,9^{\circ}\text{C}$ à Nancy-Essey.

Les données aux deux stations montrent par ailleurs que l'écart de température entre Metz et Nancy tend à se réduire, avec l'observation suivante : jusqu'en 2013, les températures moyennes annuelles à Nancy sont toujours inférieures à celles de Metz (de $0,3^{\circ}\text{C}$ en moyenne) ; depuis 2013, les températures moyennes annuelles à Nancy sont systématiquement plus élevées qu'à Metz (de $0,1$ à $0,2^{\circ}\text{C}$). Il en ressort que la partie Sud du bassin versant tend à se réchauffer plus rapidement que la partie Nord : cette observation est confirmée par l'étude des températures sur les 40 dernières années (cf. 3.2.2.2).

Les travaux d'Emmanuel Gille ont également mis en évidence cette tendance sur la chronique de mesures à Metz sur la période 1921-2017 : dans ses travaux, E. Gille met en évidence une rupture autour de l'année 1987, avec une augmentation des moyennes de $1,1^{\circ}\text{C}$ entre la période 1921-1987 et la période 1988-2017 (cf. Figure 3-12).

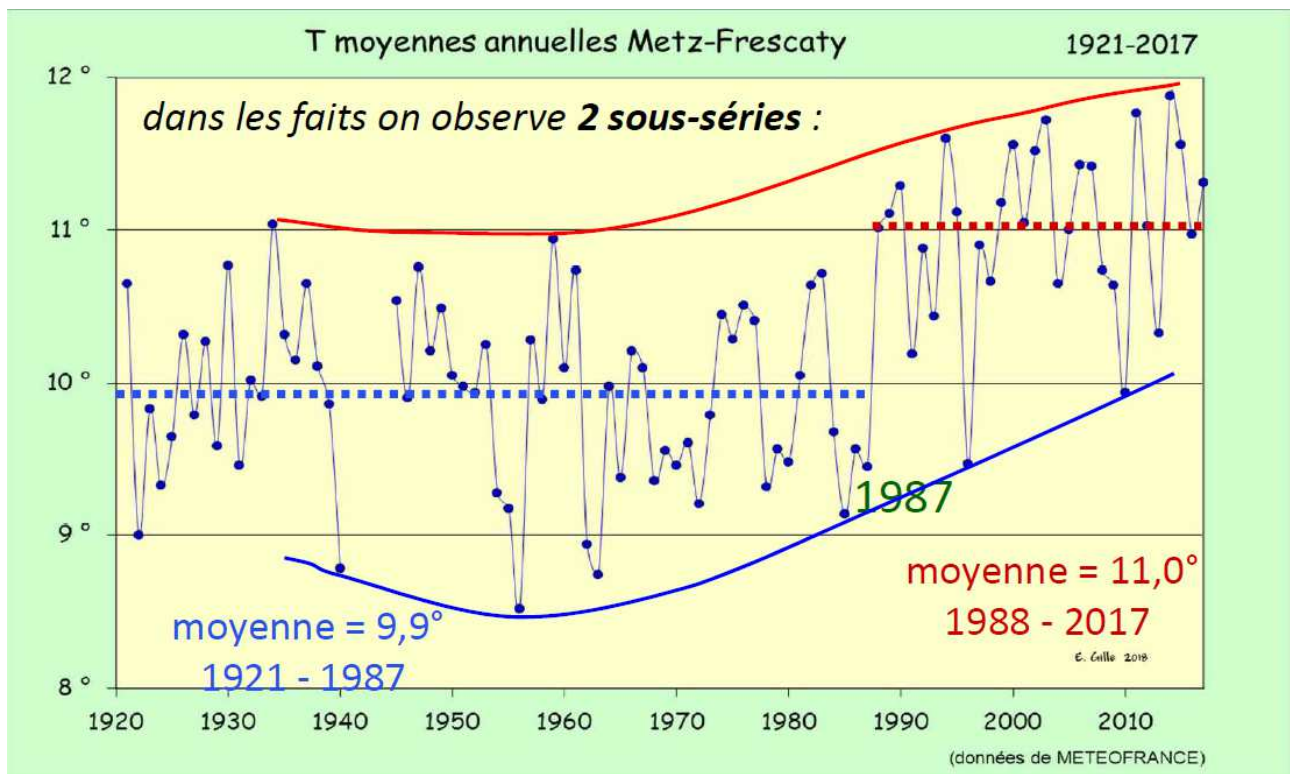


Figure 3-12 : évolution des températures moyennes annuelles à Metz sur la période 1921-2017 (d'après Emmanuel Gille, Reconstitution des crues historiques de la Moselle française, 2018).

3.2.2.2 Evolution des températures moyennes sur le bassin versant de la Moselle française – période 1980-2020

Les données de températures ont été complétées sur la période 1980-2020 pour huit stations du bassin versant. Les reconstitutions sont menées avec les observations au droit de stations voisines par simple corrélation (les corrélations en températures sont très bonnes dans l'ensemble).

Les moyennes mobiles sur 10 ans pour la période 1980-2020 sont données sur les graphiques du Tableau 3-4 :



Tableau 3-4 : variation des températures sur le bassin de la Moselle française.

Pour les 8 stations présentées ici, et qui sont réparties sur l'ensemble du bassin versant de la Moselle française, la tendance à la hausse des températures moyennes est très marquée. Ainsi, entre la décennie 1980-1989 et la décennie 2010-2019, les températures moyennes ont augmenté de plus de 1°C sur l'ensemble du bassin versant (cf. Tableau 3-5).

L'augmentation des températures est plus notable sur la partie Sud du bassin versant, avec des augmentations supérieures à 1,5°C entre les deux décennies.

Station	Situation	T moyenne 1980-1989	T moyenne 2010-2019	Ecart
Sewen-Lac Alfed	Haute Vosges	8,7°C	10,3°C	+1,6°C
Epinal	Piémont vosgien	9,3°C	10,7°C	+1,5°C
Badonviller	Piémont vosgien	8,8°C	10,6°C	+1,8°C
Roville	Piémont vosgien	9,2°C	10,7°C	+1,5°C
Mirecourt	Piémont vosgien	8,9°C	10,7°C	+1,8°C
Nancy-Essey (Tombelaine)	Plateau Lorrain	9,7°C	11,3°C	+1,6°C
Nancy-Ochey	Plateau Lorrain	9,4°C	10,9°C	+1,5°C
Metz-Frescaty (Augny)	Plateau Lorrain aval	10,1°C	11,3°C	+1,2°C

Tableau 3-5 : évolution des températures moyennes sur le bassin versant de la Moselle.

La tendance à la hausse est également très marquée sur les températures maximales avec des températures maximales élevées lors de la dernière décennie.

Pour les températures minimales, la tendance est aussi à la hausse mais cette tendance est moins marquée et plus récente au cours de la dernière décennie.

3.3 DEBITS DES COURS D'EAU

Les débits journaliers des cours d'eau du bassin de la Moselle française ont été recueillis en 122 stations de la Banque Hydro.

Les stations sont localisées sur la carte n°7 et synthétisées dans le tableau en ANNEXE 2.

Nous présentons ci-dessous une analyse des modules et des QMNA sur plusieurs stations de référence du bassin versant.

Pour rappel :

- **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 d'octobre de l'année N au mois de septembre de l'année N+1) ;
- **QMNA** : le QMNA 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).

3.3.1 VARIATION DES MODULES

3.3.1.1 Moselle amont

Les modules interannuels (calculés sur l'année hydrologique) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-13 :

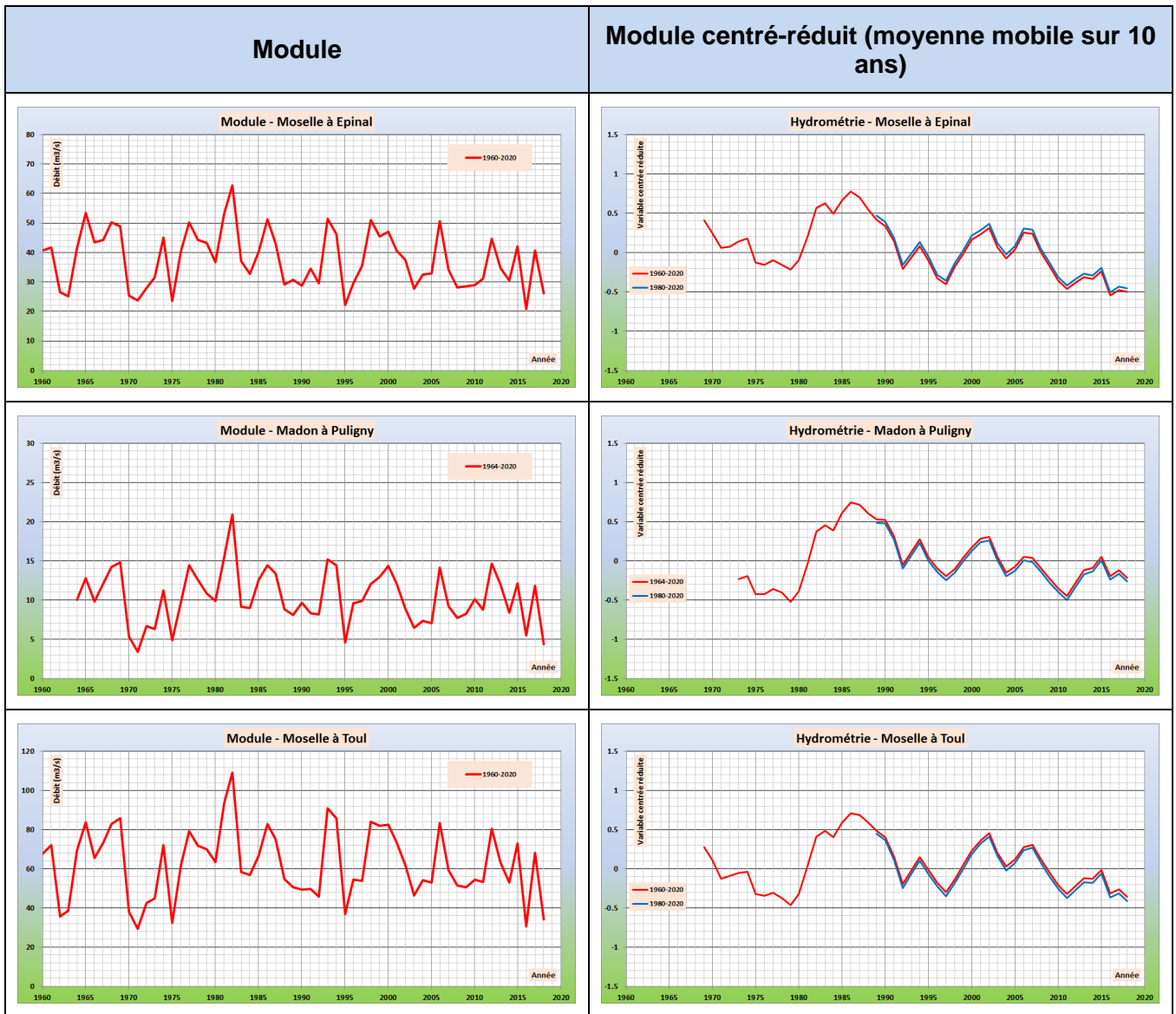


Figure 3-13 : modules sur la Moselle amont.

La Moselle amont à Epinal montre une tendance à la baisse assez nette des modules, la dernière décennie étant la plus sèche observée (plus sèche que les années 70).

Sur le Madon et la Moselle à Toul, cette tendance est moins marquée, la décennie 1970-1980 demeurant la période la plus sèche observée ces 60 dernières années.

3.3.1.2 Meurthe

Les modules interannuels (calculés sur l'année hydrologique) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-14 :

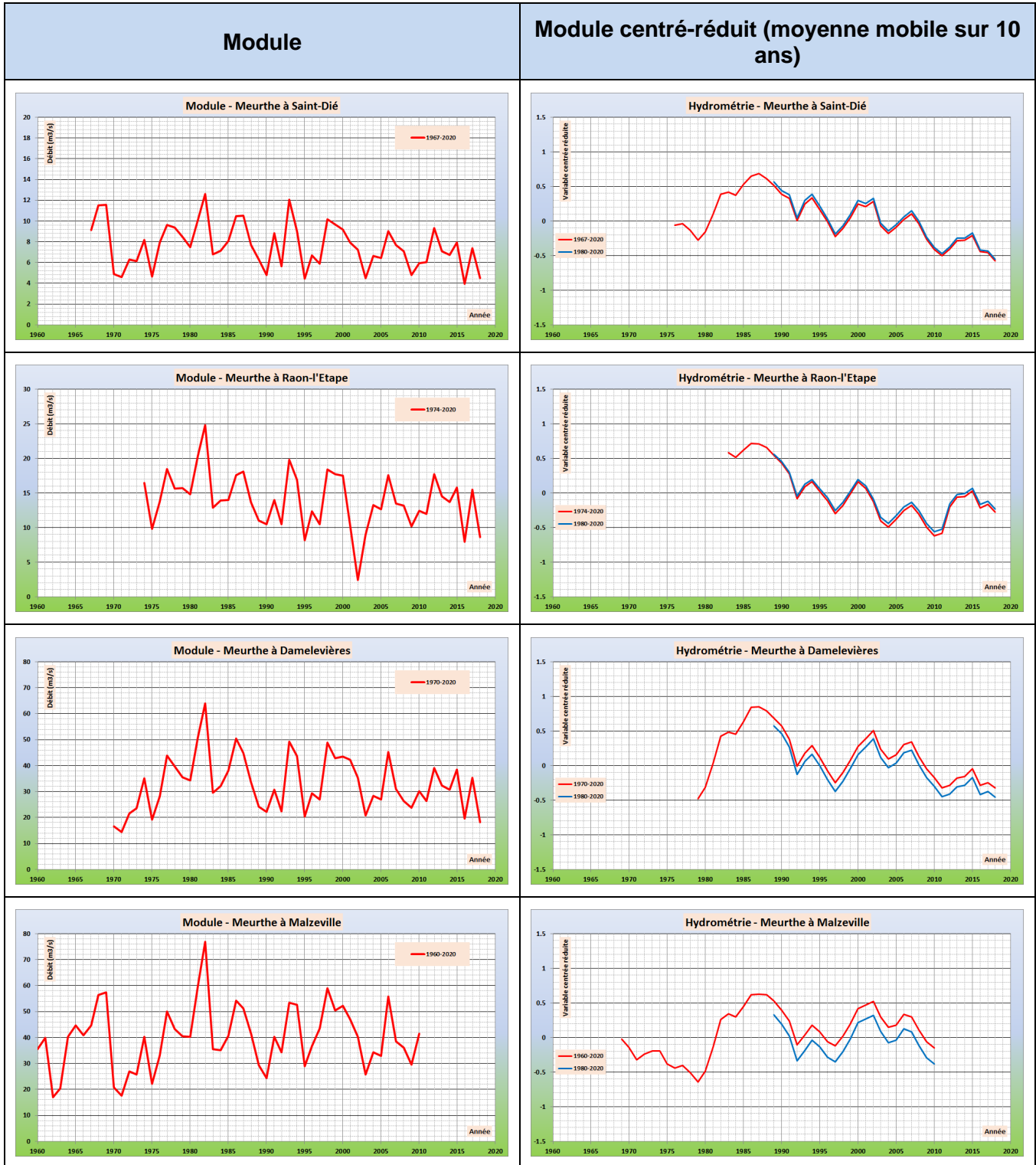


Figure 3-14 : modules sur la Meurthe.

La Meurthe amont à Saint-Dié et à Raon l'Étape montre la même tendance baissière assez nette que la Moselle à Epinal.

Sur la Meurthe aval, comme sur la Moselle à Toul et le Madon, cette tendance est moins marquée, la décennie 1970-1980 demeurant la période la plus sèche observée ces 60 dernières années.

3.3.1.3 Moselle aval

Les modules interannuels (calculés sur l'année hydrologique) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-15 :

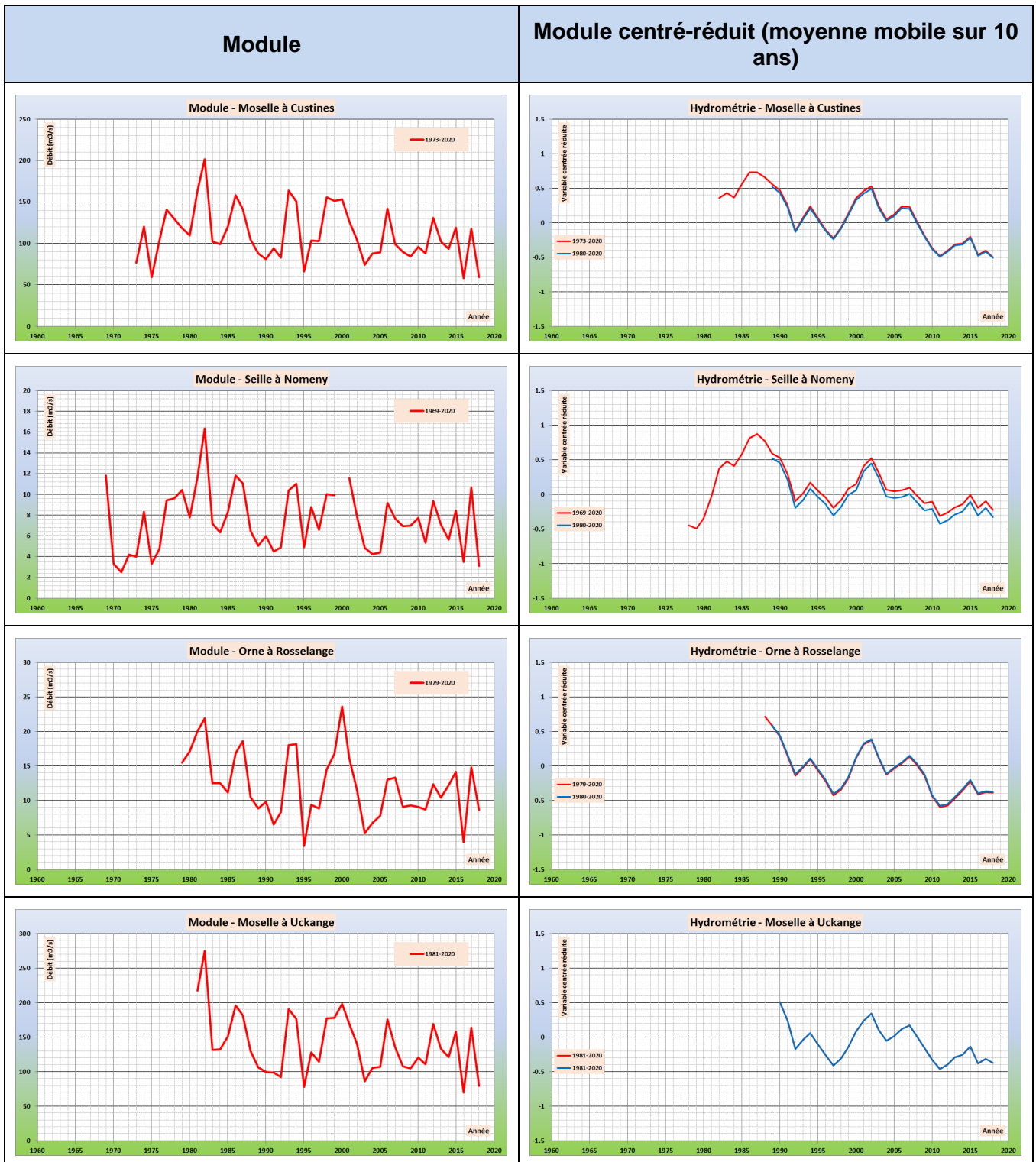


Figure 3-15 : modules sur la Moselle aval.

Les stations présentées sur la Moselle aval n'étaient pas toutes en service lors des années 1970. Néanmoins, les évolutions semblent cohérentes avec celles de la Meurthe aval et de la Moselle à Toul : tendance à la baisse peu marquée des modules, la décennie 1970 demeurant la plus sèche de ces 60 dernières années.

3.3.1.4 Synthèse

Le Tableau 3-6 reprend les contributions des principaux sous-bassins versants au module de la Moselle :

Meurthe		Moselle amont	
Bassin versant	Module	Bassin versant	Module
Saint-Dié	7,5 m ³ /s 20,2 l/s/km ²	Epinal	37,2 m ³ /s 30,6 l/s/km ²
Malzéville	41,3 m ³ /s 14,0 l/s/km ²	Toul	63,3 m ³ /s 19,0 l/s/km ²
Moselle aval			
Custines		111,7 m ³ /s 16,4 l/s/km ²	
Uckange		139,7 m ³ /s 13,0 l/s/km ²	

Tableau 3-6 : contribution des principaux sous-bassins versants au module (1980-2019).

Globalement, la Moselle amont est plus « contributive » que la Meurthe. A la confluence, le module à Custines est quasiment la somme du module à Malzéville (Meurthe) et du module à Toul (Moselle amont). Entre Custines et Uckange, le module augmente de 25 %.

Ainsi, la Moselle amont (Custines) contribue pour environ 79 % du module à Uckange alors que le bassin versant à Custines représente 63 % de la superficie de bassin à Uckange.

Les principales années sèches depuis 1960 sont :

Sous-bassin	Années (hydrologiques) sèches
Moselle amont	1962-1963 1963-1964 1970-1971 1971-1972 1975-1976 1995-1994 2016-2017 2018-2019
Meurthe	1962-1963 1963-1964 1970-1971 1971-1972 1975-1976 1990-1991 1995-1994 2002-2003 2016-2017 2018-2019
Moselle aval	1970-1971 1971-1972 1975-1976 1995-1994 2002-2003 2016-2017 2018-2019

Tableau 3-7 : principales années sèches sur la Moselle française.

On retrouve sensiblement les mêmes années sèches sur les trois entités. Les années 1962-1963 et 1963-1964 n'apparaissent pas sur la Moselle à l'aval car les mesures sur la Moselle aval sont postérieures.

L'année 1990-1991 est identifiée comme particulièrement sèche sur le sous-bassin de la Meurthe mais ne ressort pas sur les sous-bassins de la Moselle amont et aval.

3.3.2 VARIATION DES DEBITS MINIMAUX MENSUELS (QMNA)

3.3.2.1 Moselle amont

Les QMNA (calculés sur l'année calendaire) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-16 :

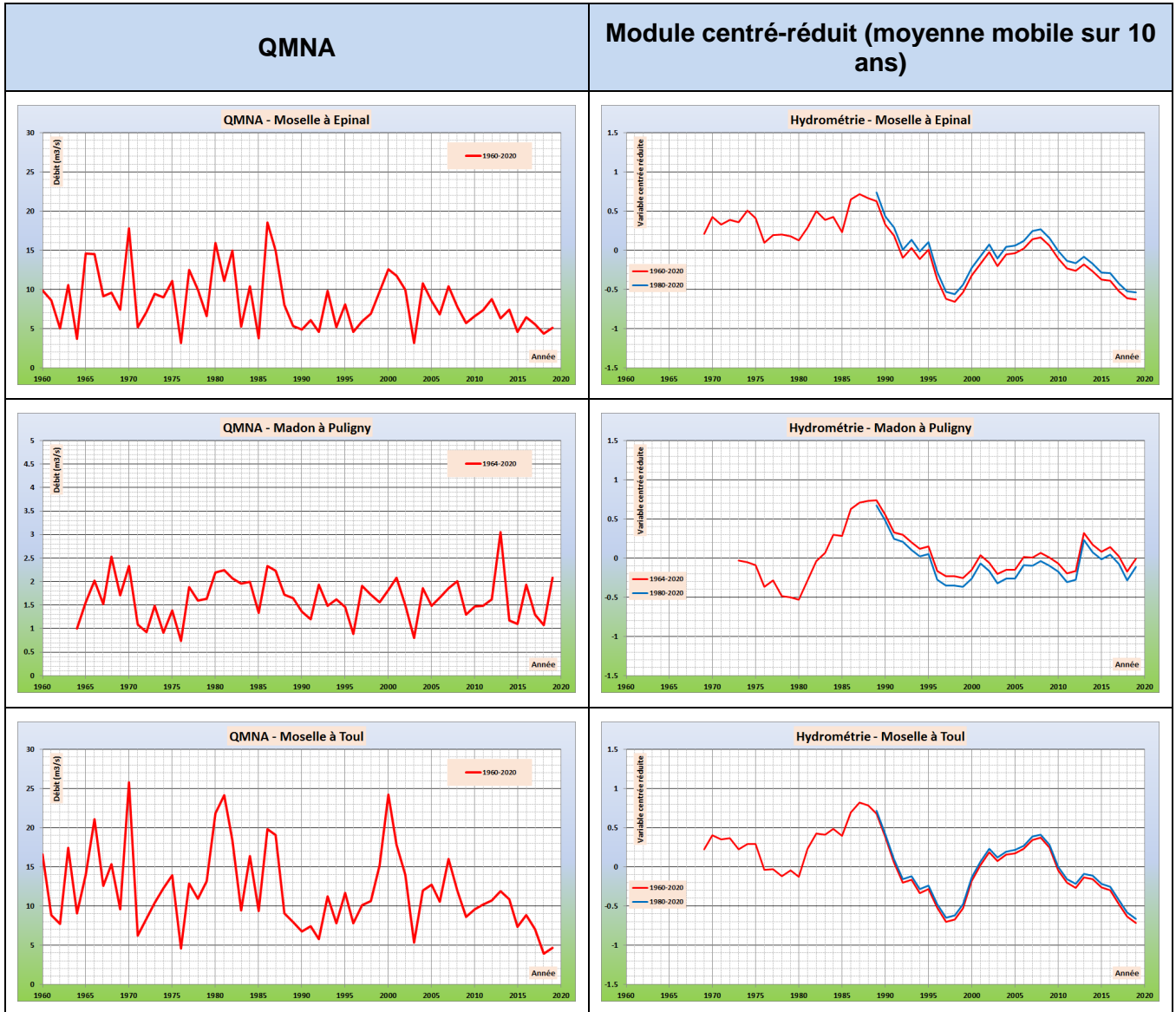


Figure 3-16 : QMNA sur la Moselle amont.

Sur le Madon, les observations ne montrent pas de tendance nette.

Sur la Moselle, à Epinal et Toul, les QMNA montrent une tendance à la baisse nettement plus marquée que celle des modules.

3.3.2.2 Meurthe

Les QMNA (calculés sur l'année calendaire) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-17 :

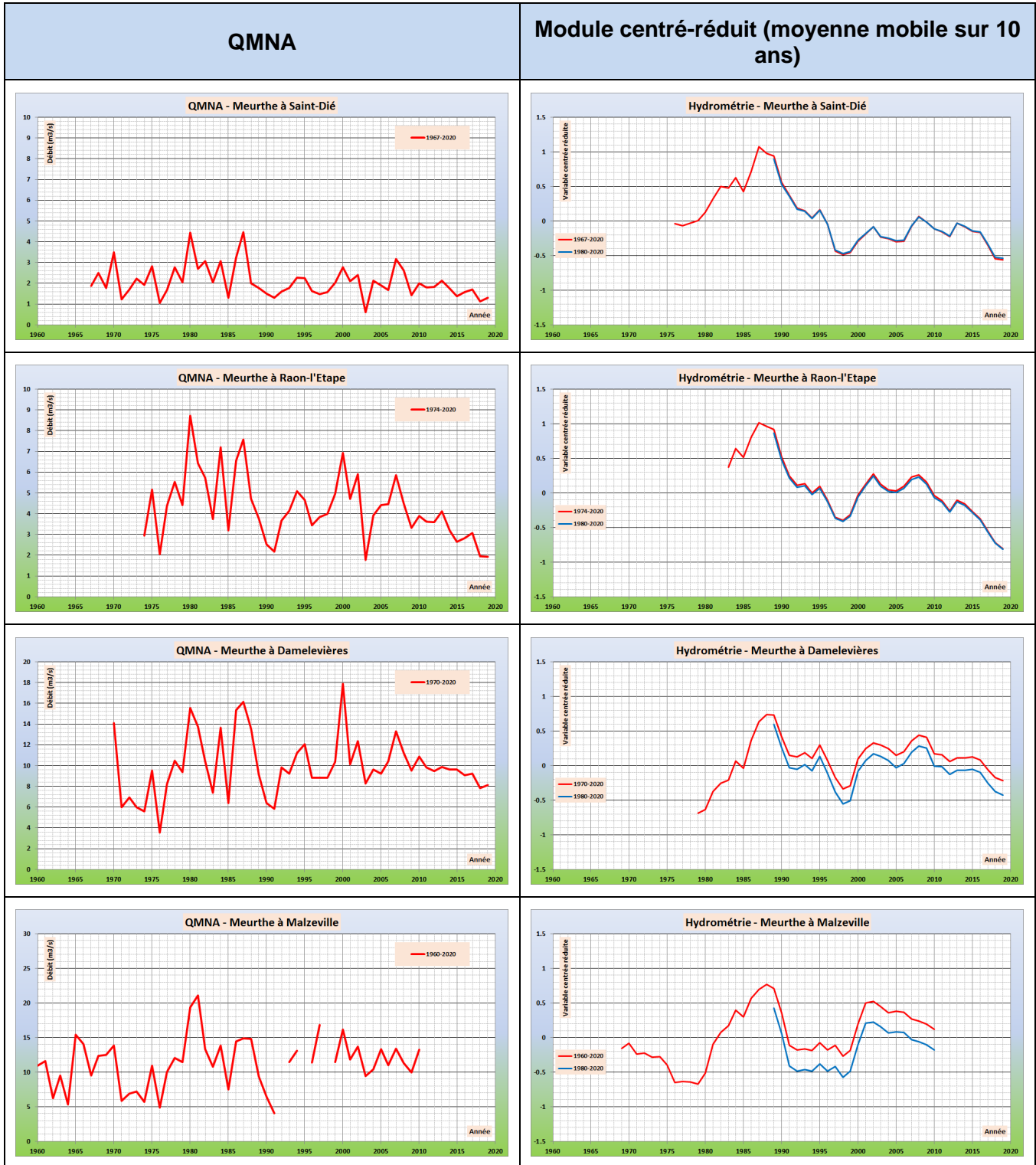


Figure 3-17 : QMNA sur la Meurthe.

Sur la Meurthe, une tendance à la baisse est également notée même si moins nette que sur la Moselle amont

3.3.2.3 Moselle aval

Les QMNA (calculés sur l'année calendaire) et les tendances sont donnés sur les graphiques de la Figure 3-18 :

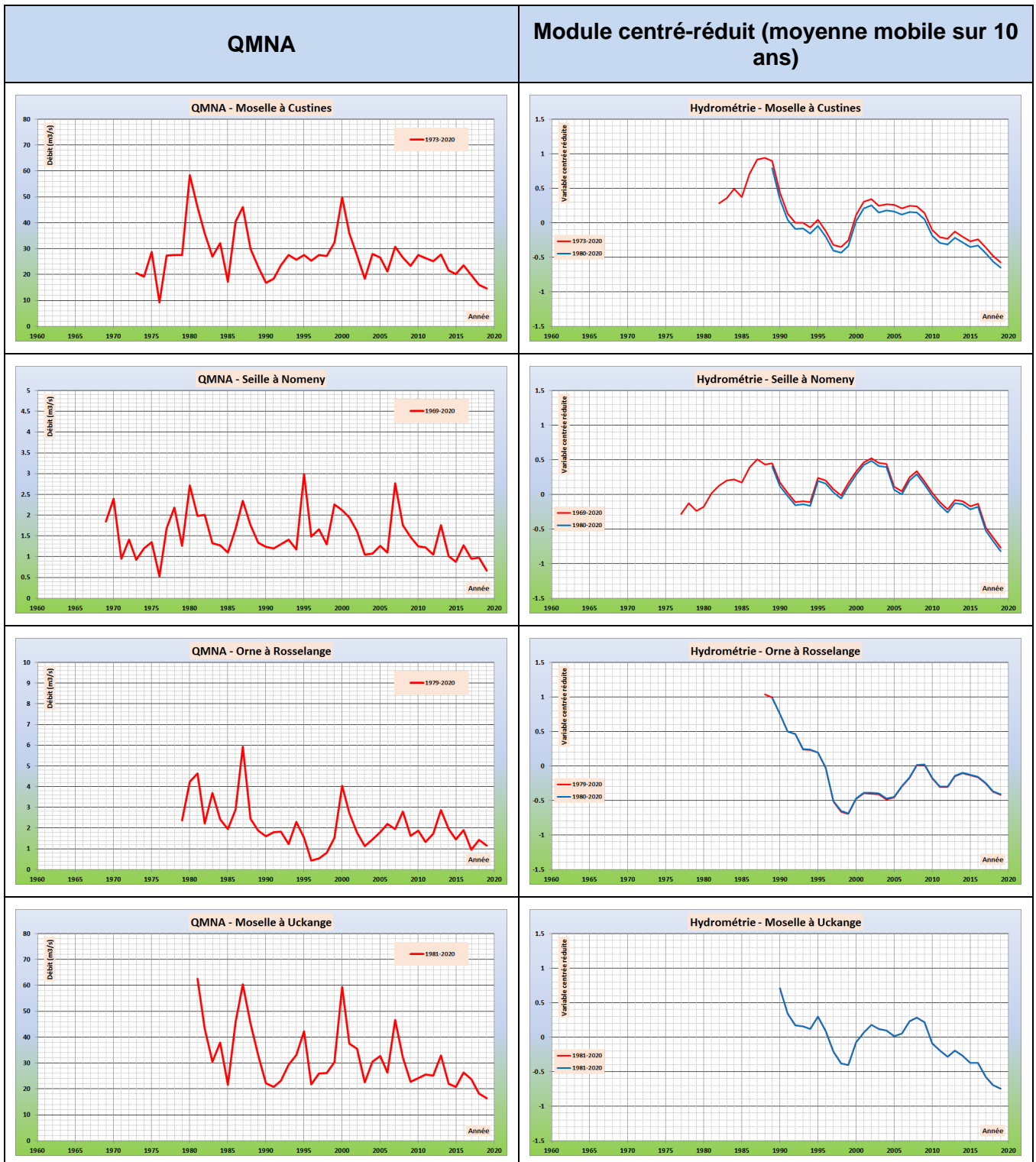


Figure 3-18 : QMNA sur la Moselle aval.

Sur la Moselle aval, la tendance à la baisse des QMNA est également observée, à la fois sur le cours principal et sur les principaux affluents.

3.3.2.4 Synthèse

Le Tableau 3-8 reprend les contributions des principaux sous-bassins versants au QMNA de la Moselle :

Meurthe		Moselle amont	
Bassin versant	QMNA	Bassin versant	QMNA
Saint-Dié	2,1 m ³ /s 5,5 l/s/km ²	Epinal	8,1 m ³ /s 6,7 l/s/km ²
Malzéville	11,8 m ³ /s 4,0 l/s/km ²	Toul	11,7 m ³ /s 3,5 l/s/km ²
Moselle aval			
Custines		28,0 m ³ /s 4,1 l/s/km ²	
Uckange		31,7 m ³ /s 2,9 l/s/km ²	

Tableau 3-8 : contribution des principaux sous-bassins versants au QMNA (1980-2019).

Le débit spécifique de QMNA à Custines est supérieur à ceux de la Moselle à Toul et de la Meurthe à Malzéville, ce qui peut paraître étonnant. A noter qu'à Custines, le cours principal de la Moselle « récupère » les contributions de plusieurs canaux.

Les QMNA de la Meurthe et de la Moselle amont à Toul sont très proches.

3.4 DEFICIT D'ÉCOULEMENT

Le déficit d'écoulement traduit la différence, sur un bassin versant, entre la pluviométrie tombée sur le bassin et la quantité d'eau à son exutoire, sur une période donnée.

L'estimation du déficit d'écoulement a été menée sur plusieurs sous-bassins de la Moselle française pour la période 1980-2019. Des pluies moyennes de bassin versant ont été calculées à partir des données pluviométriques par pondération entre les postes (méthode de Thiessen).

Les débits à l'exutoire sont traduits en hauteur équivalente afin de les comparer directement avec les précipitations.

La période de comparaison est l'année hydrologique, on compare ainsi les pluies moyennes annuelles avec les modules de chaque sous-bassin.

3.4.1.1 Moselle amont

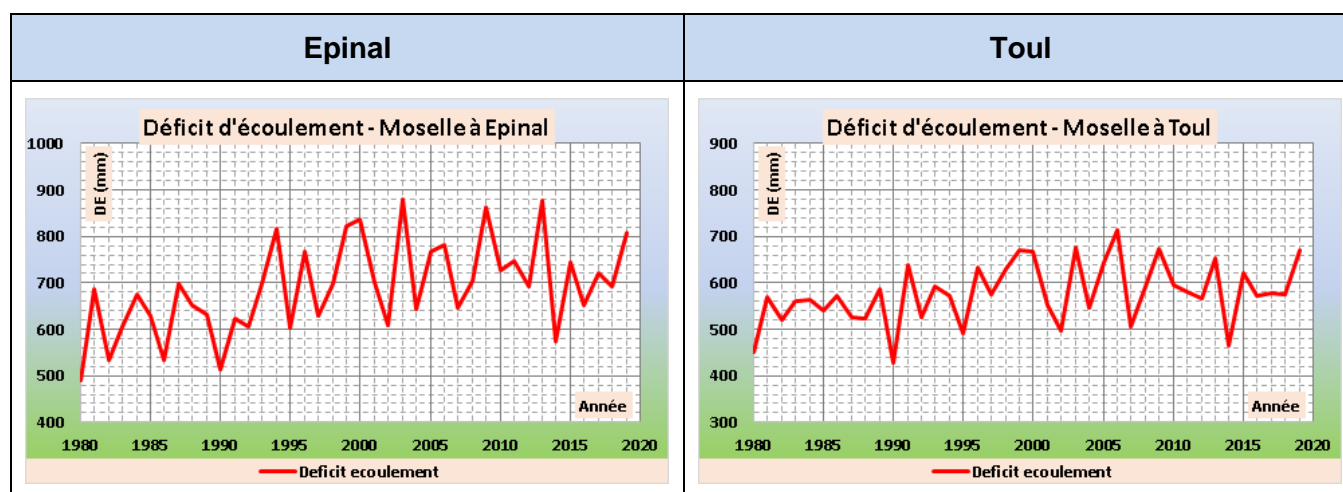


Figure 3-19 : déficit d'écoulement sur la Moselle amont.

Le déficit d'écoulement sur la Moselle amont présente des valeurs assez élevées, avec une moyenne sur la période de 680 mm environ à Epinal et environ 580 mm à Toul. Cette valeur assez forte peut en partie s'expliquer par le couvert forestier du bassin versant.

Les deux courbes montrent une tendance assez nette à l'augmentation du déficit d'écoulement sur la Moselle, cette tendance étant plus marquée sur la Moselle amont à Epinal, et un peu moins marquée à Toul.

3.4.1.2 Meurthe

Sur la Meurthe, les estimations de déficit d'écoulement ne montrent pas de tendance particulière. A noter sur Damelevières l'influence du réservoir de Vieux-Pré qui se traduit par une augmentation de la variabilité inter-annuelle du déficit d'écoulement.

Les valeurs moyennes du déficit sont très proches de celles sur la Moselle amont : environ 690 mm à Raon-l'Étape et environ 610 mm à Damelevières.

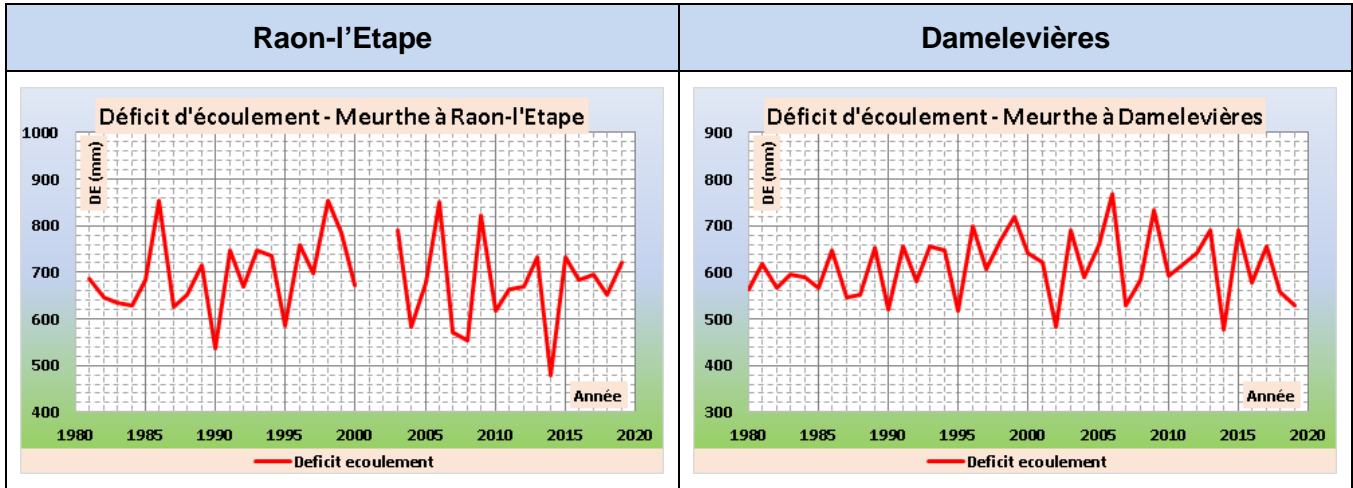


Figure 3-20 : déficit d'écoulement sur la Meurthe.

3.4.1.3 Moselle aval

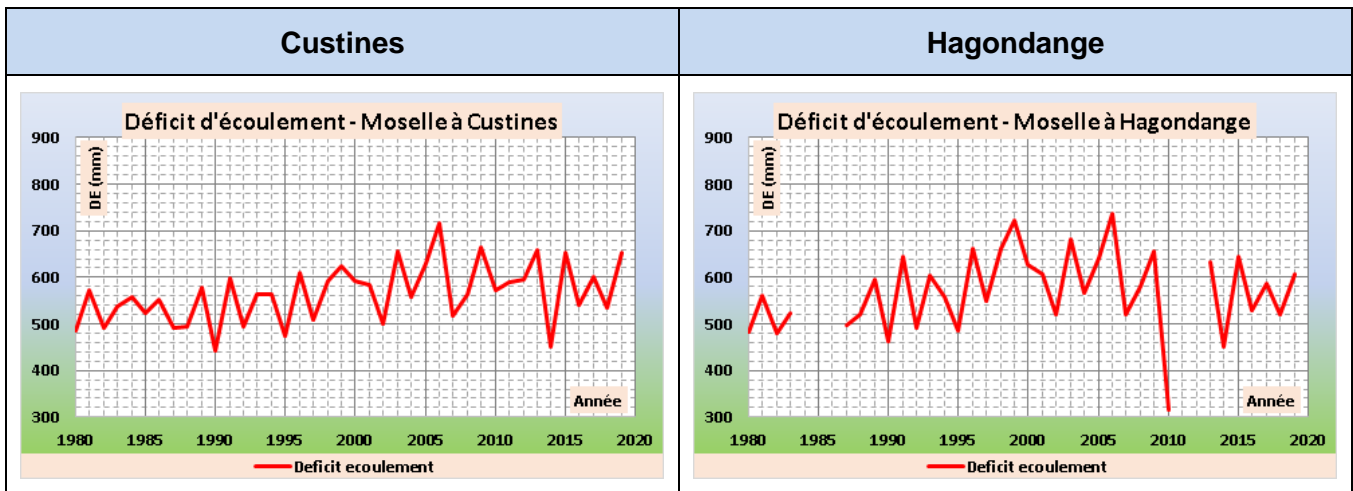


Figure 3-21 : déficit d'écoulement sur la Moselle aval.

Sur la Moselle aval, le déficit d'écoulement est estimé à environ 560 mm en moyenne.

Une tendance à la hausse est également observée aux deux stations. Cette tendance est moins marquée que sur la Moselle amont.

3.5 DONNEES DE NIVEAUX DES NAPPES

Les données de niveaux des nappes sont issues de la base de données publiques ADES (<https://ades.eaufrance.fr>).

De nombreux piézomètres sont exploités sur le bassin versant de la Moselle. Leur répartition spatiale est toutefois très inégale (nombreux piézomètres dédiés au suivi du bassin ferrifère par exemple) et les durées d'exploitation sont variables. La partie amont du bassin versant est peu suivie. Ils sont localisés sur la carte n°10 (cf. ANNEXE 1).

3.5.1 LES PRINCIPALES NAPPES DU BASSIN DE LA MOSELLE

Deux principaux aquifères sont localisés sur le bassin versant de la Moselle : l'aquifère des grès vosgiens et l'aquifère des calcaires du Dogger. D'autres aquifères existent mais sont de bien moindre puissance.

L'aquifère des grès vosgiens occupe une large part du bassin versant amont de la Moselle. Il s'étend depuis les Vosges à l'amont puis sur la partie Est de la partie aval et sur le bassin voisin de la Sarre. La nappe s'enfonce en profondeur du Sud vers le Nord.

Elle est alimentée par infiltration des eaux au niveau des affleurements des grès vosgiens.

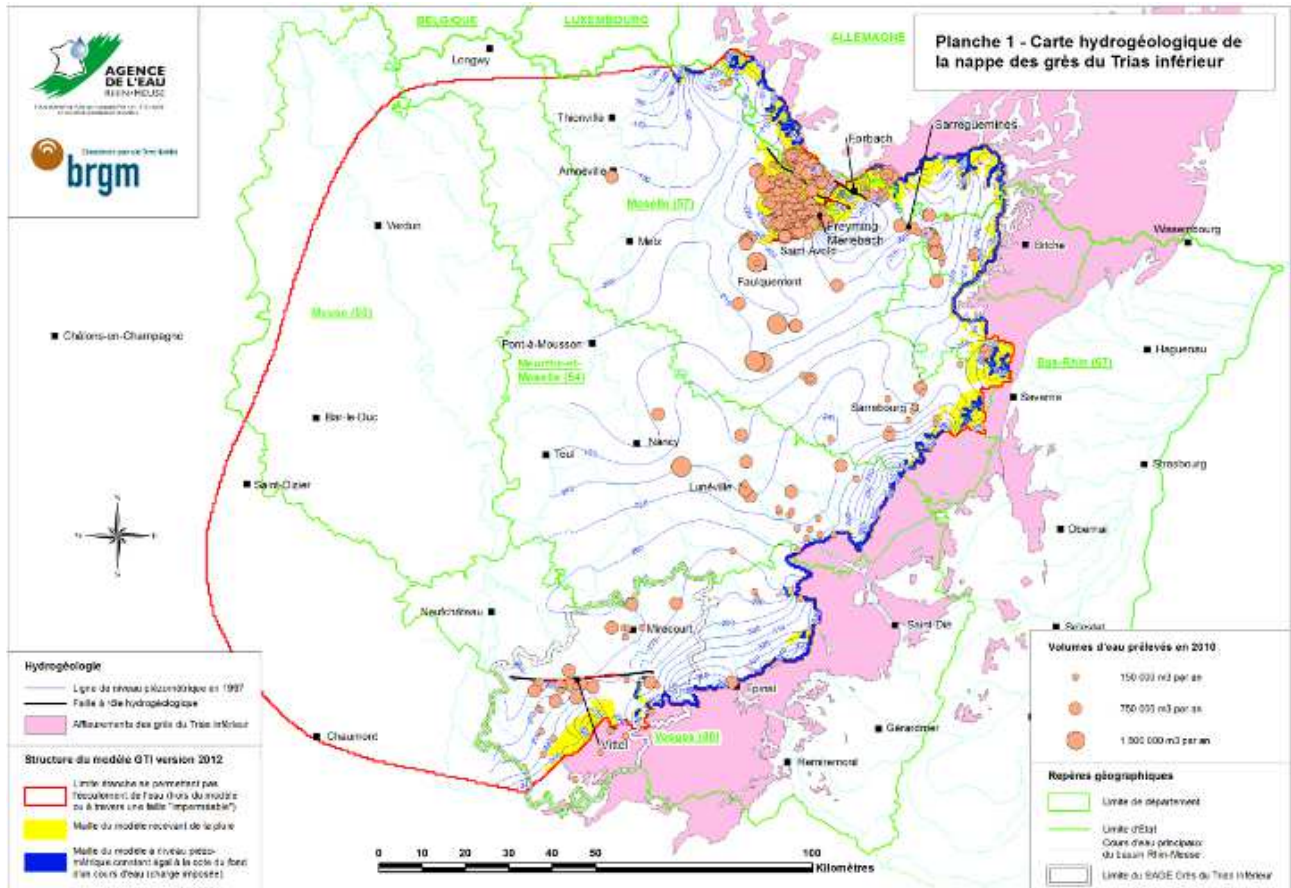


Figure 3-22 : carte hydrogéologique de la nappe des grès du Trias inférieur (grès vosgien) – source : BRGM.

L'aquifère des calcaires du Dogger s'étend en rive gauche de la Moselle depuis Toul à l'amont jusqu'à la frontière Luxembourgeoise. Il s'étend également en amont sur le bassin du Madon. Il est alimenté par les affleurements des calcaires des côtes de Moselle.

3.5.2 MOSELLE AMONT

Plusieurs piézomètres sont localisés sur la Moselle amont.

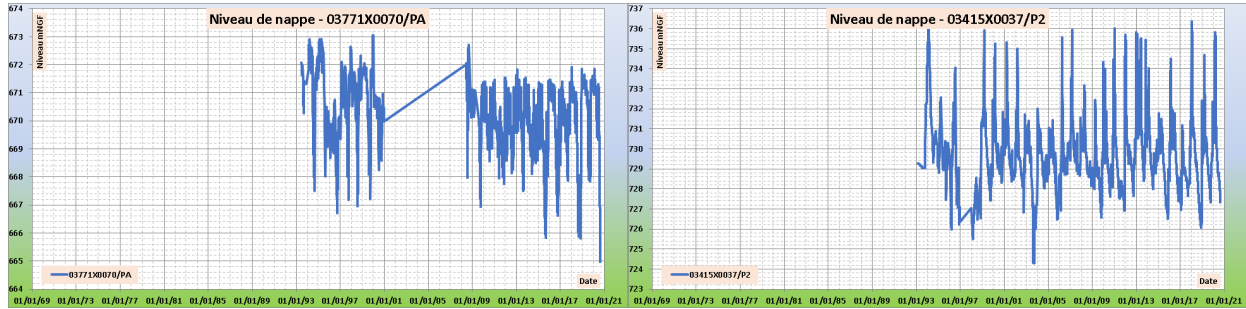


Figure 3-23 : mesures à Gérardmer (à gauche) et à Xonrupt-Longemer (à droite).

Les deux piézomètres de Gérardmer et Xonrupt sont localisés dans le socle vosgien. Ils couvrent à peu près la même période de mesure. Ils ne mettent pas en évidence de tendance nette sur l'évolution des niveaux de nappe à l'amont sur la période 1993-2020.

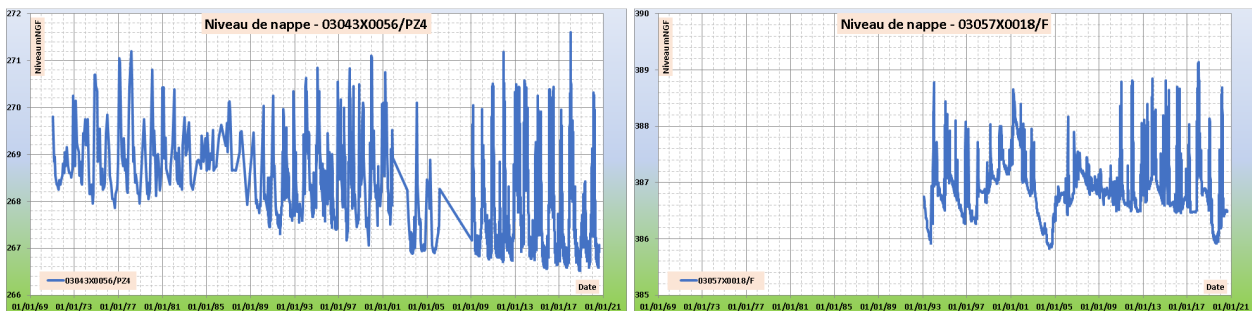


Figure 3-24 : mesures à Essegney (à gauche) et à Grandvillers (à droite).

Le piézomètre d'Essegney est situé dans les alluvions de la Moselle en aval d'Epinal. Les variations sont fortement liées à l'hydraulicité du cours d'eau. Les mesures montrent deux abaissements par palier, vers 1990 puis vers 2002, qui pourraient être liés à un abaissement de barrage.

A Grandvillers, sur le bassin du Durbion, le piézomètre permet le suivi de la nappe du grès vosgien. Un fort abaissement est observé à l'été 2003, ainsi qu'un niveau faible à l'été 2018.

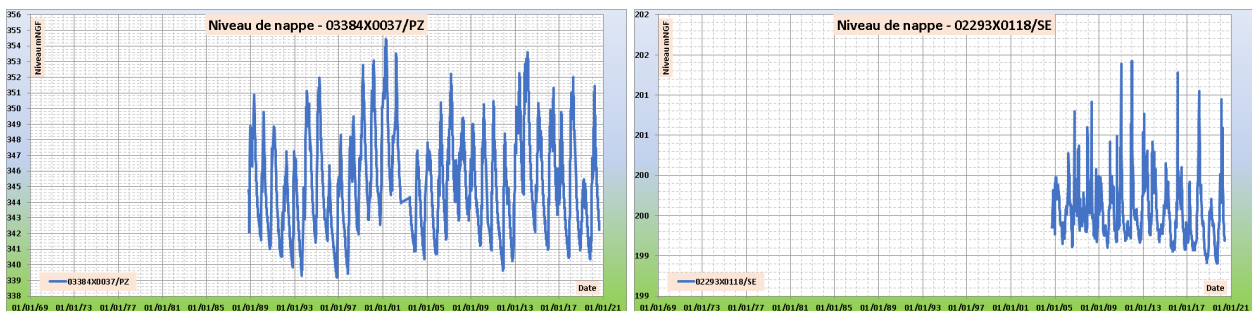


Figure 3-25 : mesures à Haréville (à gauche) et à Gondreville (à droite).

Les mesures dans les calcaires à Haréville, en tête de bassin du Madon, mettent en évidence les années sèches du début des années 1990. Les dernières années sont également assez sèches sans pour autant indiquer une tendance significative à ce stade. Le niveau le plus bas a été enregistré en 1996 qui compte parmi les étiages sévères sur le Madon.

Les mesures dans les alluvions de la Moselle à Gondreville, en aval de Toul, montrent une légère tendance à l'abaissement avec notamment les niveaux les plus bas mesurés en 2018 et 2019 (début des mesures en 2005).

3.5.3 MEURTHE

Peu de piézomètres sont situés sur la Meurthe amont. Un appareil est installé à Celles-sur-Plaine en amont de Raon-l'Etape. Les mesures ne mettent pas en évidence de tendance d'évolution.

Un second appareil est localisé à Gélacourt dans les grès vosgiens : celui-ci montre une tendance à la baisse du niveau de la nappe mesurée depuis 2009 environ.

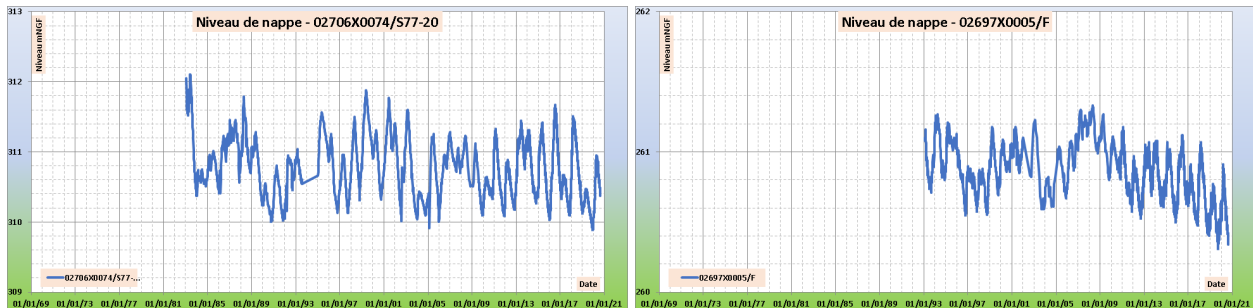


Figure 3-26 : mesures à Celles-sur-Plaine (à gauche) et à Gélacourt (à droite).

Plus en aval, un piézomètre est localisé dans les grès à Dombasle-sur-Meurthe. Les mesures montrent une tendance à la hausse des niveaux de la nappe depuis 2010. Néanmoins, les mesures demeurent difficiles à interpréter. Plus en aval, à Amance, là aussi dans les grès, les mesures montrent au contraire une tendance à la baisse depuis 2012-2013.

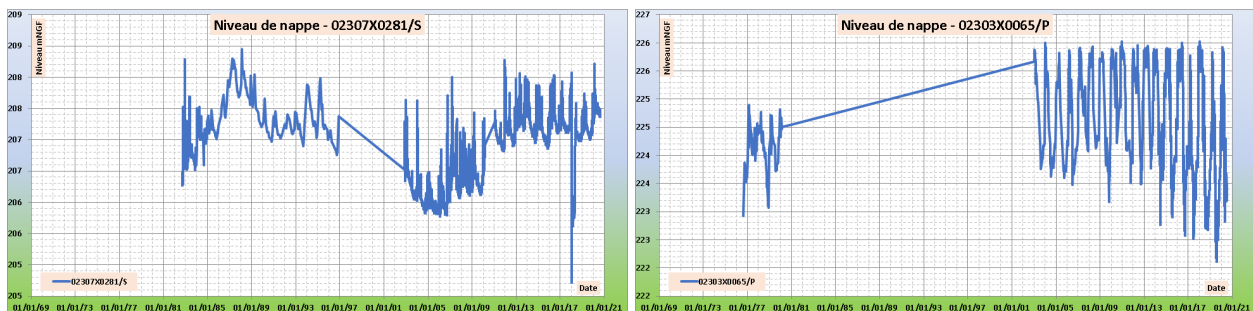


Figure 3-27 : mesures à Dombasle-sur-Meurthe (à gauche) et à Amance (à droite).

3.5.4 MOSELLE AVAL

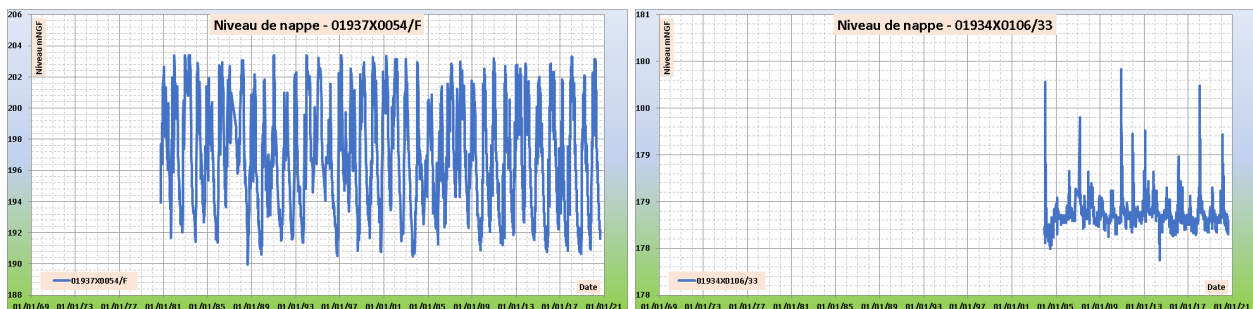


Figure 3-28 : mesures dans les calcaires à Villers-en-Haye (à gauche) et à Atton (à droite).

Le piézomètre de Villers-en-Haye, situé dans les calcaires, présente une assez longue chronique de mesures. Il ne montre pas de tendance significative au cours du temps. Le niveau le plus bas de la nappe a été enregistré en 1988. Les niveaux de 1996, 2003 et 2018 figurent parmi les plus bas niveaux enregistrés.

Celui d'Atton est situé dans les alluvions de la Moselle. Le niveau mesuré dépend fortement de l'hydraulique du cours d'eau. Les observations ne montrent pas de tendance significative sur l'évolution des niveaux mesurés ni sur l'amplitude des variations.

3.5.5 BASSIN FERRIFERE

De nombreux piézomètres sont exploités sur le bassin ferrifère lorrain. Les dynamiques souterraines sur ce secteur sont particulièrement complexes du fait des interconnexions via les puits et galeries souterraines.

A la fin de l'exploitation des puits du bassin minier, un remplissage progressif des galeries s'est opéré notamment par l'arrêt des pompages qui permettaient de maintenir hors d'eau les sites d'exploitation.

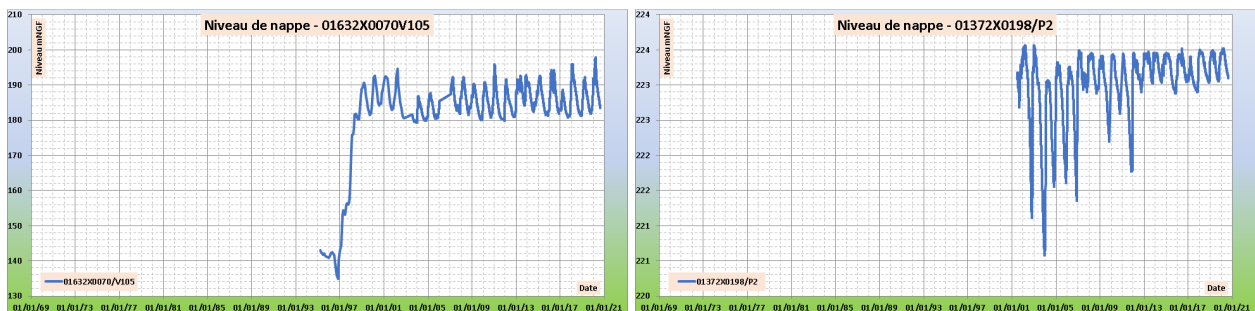


Figure 3-29 : mesures dans les calcaires du Dogger à Ville-sur-Yron à (à gauche) et à Val de Briey (à droite).

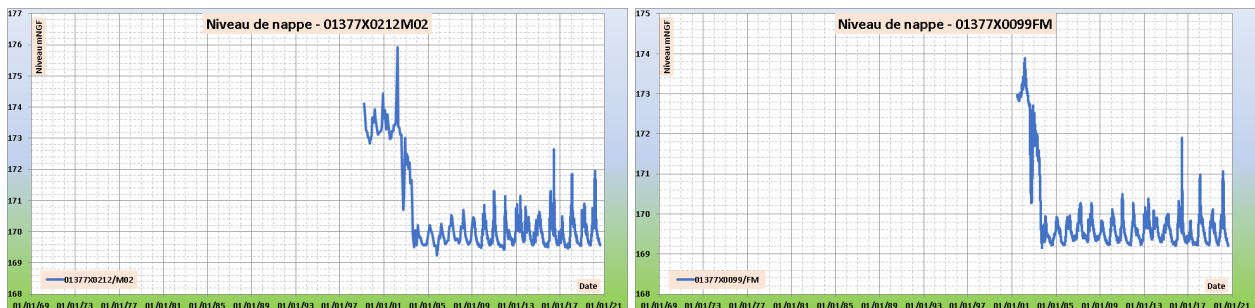


Figure 3-30 : mesures à Moineville à (à gauche) et à Auboué (à droite).

3.5.6 SYNTHÈSE

Les données de niveaux des nappes sont relativement nombreuses mais très hétérogènes sur l'ensemble du bassin versant de la Moselle. L'interprétation des mesures est ainsi rendue difficile et ne permet pas de dégager d'éventuelles tendances.

3.6 PRELEVEMENTS D'EAUX DE SURFACE

3.6.1 DONNEES BNPE

Les données de prélèvements d'eau sont recueillies sur le site de la banque nationale des prélèvements d'eau (<https://bnpe.eaufrance.fr/>).

Dans la région Grand Est, les données sont disponibles depuis 2012 jusque 2018. Seuls les prélèvements d'eau de surface sont utilisés. Il convient de noter que les prélèvements pour l'agriculture et l'irrigation ne sont pas renseignés dans la base de données BNPE.

Au total, 182 ouvrages de prélèvements sont recensés dans la base BNPE. Plusieurs ouvrages peuvent être liés à un même site (par exemple, 5 ouvrages sont liés au site EDF de Cattenom).

La Figure 3-31 présente la répartition moyenne des prélèvements à l'échelle du bassin versant de la Moselle française sur la période 2012-2018 :

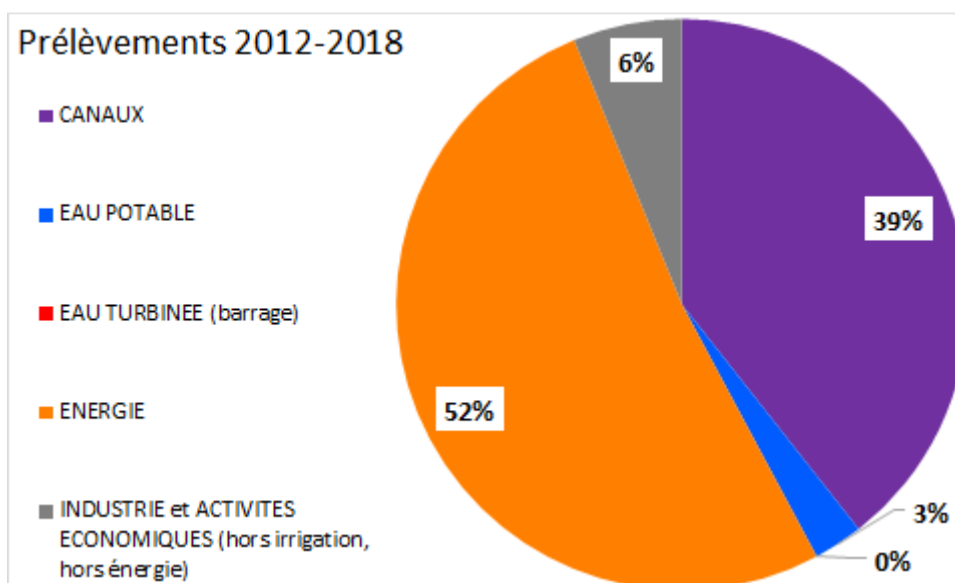


Figure 3-31 : répartition des prélèvements sur le bassin versant de la Moselle française (hors agriculture et irrigation).

Plus de la moitié du volume prélevé est utilisé pour la production d'énergie (refroidissement des centrales EDF), près de 40 % pour l'alimentation des voies navigables. Les prélèvements pour l'industrie représentent 6 %, ceux pour l'eau potable 3 %.

Traduits en débits prélevés moyens, cela représente un total de 37,4 m³/s à l'échelle du bassin versant.

A titre de comparaison, le module moyen à Uckange est de l'ordre de 140 m³/s.

3.6.2 DONNEES DE L'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE

Des données complémentaires ont été fournies par l'Agence de l'Eau Rhin Meuse sur les prélèvements. Il s'agit des redevances perçues par l'AERM. Ces données complètent en partie les données disponibles dans la BNPE pour la période de 1990 à 2012.

Les prélèvements en eaux de surface sont relativement peu nombreux en comparaison des prélèvements en eaux souterraines.

Les données de prélèvements d'eaux de surface sur la période 2012-2018 sont, dans l'ensemble, cohérentes avec les données issues de la BNPE.

Sur la période 1990-2018, ces données ne montrent pas de tendance nette d'évolution des prélèvements. A l'échelle du bassin versant de la Moselle, ils apparaissent globalement stables.

3.6.3 VALORISATION DES DONNEES RECUEILLIES DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE

Pour la suite de l'étude, les données recueillies auprès de la BNPE et fournies par l'Agence de l'Eau Rhin Meuse sont utilisées pour la reconstitution des chroniques de débits journaliers sur le bassin versant de la Moselle française pour l'étude des étiages.

Les données recueillies recouvrent des périodes variables (2012-2018 et 1990-2018) et, surtout, sont disponibles à un pas de temps annuel. Pour l'étude des étiages, une distribution mensuelle de ces valeurs annuelles est opérée. La distribution retenue est cohérente avec celle définie dans le cadre de l'étude quantitative de 2020 (cf. [2]).

4 ANALYSE DES COURBES DE TARAGE AUX STATIONS HYDROMETRIQUES

Les courbes de tarage et les données de jaugeages ont été fournies par la DREAL Grand-Est pour 33 stations hydrométriques.

Les courbes de tarage (courbe valide à la date de rédaction du présent rapport) et les jaugeages sont présentés en ANNEXE 4. Les jaugeages ont été répartis de manière forfaitaire par décennie afin de mettre en évidence d'éventuelles évolutions dans le temps.

4.1 SYNTHÈSE EN HAUTES EAUX

Le Tableau 4-1 donne un aperçu synthétique sur les jaugeages recueillis aux différentes stations en hautes eaux :

Bassin	Cours d'eau	Station	Bassin versant (km ²)	Nb de jaugeages	Jaugeage max (m ³ /s)	Date	Intensité (période de retour)	Incertitude estimée	nb de jaugeages > Q2
Moselle amont	Moselle	Rupt-sur-Moselle	152	365	108	20/12/1993	5 ans	10-15 %	2
	Moselotte	Vagny (ancienne)	187	287	107	14/11/1972	nc	10-15 %	nc
	Moselotte	Vagny (Zainvillers)	184	74	108	12/11/2017	nc	10-15 %	nc
	Moselle	Remiremont	589	63	434	14/01/2004	10 ans	15-20 %	3
	Moselle	Saint-Nabord	626	334	639	15/02/1990	20 à 30 ans	< 10 %	5
	Vologne	Cheniménil	355	240	107	15/02/1990	10 à 20 ans	< 10 %	1
	Moselle	Epinal	1 217	541	756	15/02/1990	10 à 20 ans	< 10 %	6
	Moselle	Tonnoy	1 976	342	770	01/01/2018	2 à 10 ans	15-20 %	2
	Madon	Pulligny	943	427	160	21/12/1993	2 ans	15-20 %	0
	Moselle	Pont-Saint-Vincent	3 070	213	695	04/02/2021	2 à 5 ans	10-15 %	4
Moselle	Toul	3 338	354	897	16/02/1990	10 ans	10-15 %	12	
Meurthe	Meurthe	Saint-Dié-des-Vosges	374	375	106	25/05/1983	5 à 10 ans	10-15 %	8
	Meurthe	Raon-l'Étape	727	295	142	17/03/1988	2 à 5 ans	10-15 %	3
	Meurthe	Lunéville	1 105	172	354	04/10/2006	30 à 50 ans	10-15 %	4
	Meurthe	Damelevières	2 280	373	702	04/10/2006	30 à 50 ans	10-15 %	7
	Sânon	Dombasle-sur-Meurthe	284	195	50.7	02/03/2007	5 à 10 ans	10-15 %	2
	Meurthe	Laneuveville-devant-Nancy	2 780	202	443	14/01/2004	5 à 10 ans	10-15 %	6
	Meurthe	Malzéville	2 960	173	723	04/10/2006	30 à 50 ans	10-15 %	8
Moselle aval	Moselle	Custines	6 830	337	1640	04/10/2006	20 ans	< 10 %	11
	Moselle	Hauconcourt	9 387	417	2080	11/04/1983	30 à 50 ans	10-15 %	12
	Moselle	Hagondange	9 422	113	1120	07/01/2018	2 à 5 ans	< 10 %	2
	Moselle	Uckange	10 770	276	2420	11/04/1983	50 ans	< 10 %	14
	Esch	Jézainville	231	486	16.2	10/02/1970	2 ans	15-20 %	1
	Rupt de Mad	Onville	358	572	174	07/02/1973	5 ans	10-15 %	4
	Seille	Moyenvic	352	307	39.3	26/02/1997	10 ans	10-15 %	6
	Petite Seille	Château-Salins	143	500	27.8	26/02/1997	10 ans	15-20 %	4
	Seille	Nomény	925	779	90.8	24/12/1993	5 ans	25-30 %	10
	Seille	Metz Pont-Lothaire	1 280	555	173	26/02/1997	20 ans	10-15 %	17
	Seille	Metz Pont-Lothaire amont	1 280	97	96.6	23/01/2018	2 à 5 ans	< 10 %	5
	Orne	Boncourt	412	394	74.6	01/06/2016	5 ans	20-25 %	2
	Yron	Jarny (La Cartoucherie)	383	265	66.3	26/03/1988	< 2 ans	15-20 %	0
Orne	Rosselange	1 226	426	273	15/02/1990	10 à 20 ans	10-15 %	7	

Tableau 4-1 : synthèse des jaugeages en hautes eaux.

La colonne « intensité » donne une évaluation de la période de retour du débit maximal jaugé (ne pas confondre avec la période de retour du débit de pointe, la mesure étant rarement réalisée au moment de la pointe de crue).

La colonne « Incertitude estimée » traduit la dispersion des jaugeages en hautes eaux autour de la courbe de tarage qui, de manière générale, tend à fournir une estimation médiane (à quelques exceptions près, cf. ANNEXE 4) : cette estimation demeure approximative.

Plusieurs stations présentent des débits maximaux jaugés inférieurs au débit de crue décennale : il s'agit parfois de stations récemment installées (Hagondange sur la Moselle aval, Metz Pont Lothaire amont sur la Seille) mais souvent de stations anciennes (par exemple, Madon à Pulligny, Esch à Jézainville, Yron à Jarny, etc.).

Les incertitudes sur les estimations sont à relativiser en fonction du nombre de jaugeages réalisés en crues : la dernière colonne indique le nombre de jaugeages réalisés avec des débits supérieurs au débit de crue biennale. Par exemple, à la station de Cheniménil sur la Vologne, l'incertitude est estimée inférieure à 10 % mais un unique jaugeage a été réalisé au-delà du débit de crue biennale.

Ceci-dit, les incertitudes estimées sont plutôt homogènes sur l'ensemble des stations, avec une moyenne de 10 à 15 % sur les débits en hautes eaux. Deux stations présentent des incertitudes supérieures à 20 % : la Seille à Nomény et l'Orne à Boncourt.

4.2 SYNTHÈSE EN BASSES EAUX

Le Tableau 4-2 donne un aperçu synthétique sur les jaugeages recueillis aux différentes stations en basses eaux.

La colonne « intensité » donne une évaluation de la période de retour du débit minimal jaugé.

La colonne « Incertitude estimée » traduit la dispersion des jaugeages en basses eaux autour de la courbe de tarage qui, de manière générale, tend à fournir une estimation médiane (à quelques exceptions près, cf. ANNEXE 4) : cette estimation demeure approximative.

Les incertitudes liées à l'estimations des débits de basses eaux sont supérieures, voire même très supérieures, à celles en crues. Pour certaines stations, des écarts relatifs de l'ordre de 60 % ont été estimés et, sur de nombreuses stations, ils dépassent les 25 %.

Seules quelques rares stations présentent des incertitudes inférieures sur les bas débits ou de l'ordre de 20 % : la Meurthe à Raon-l'Étape, Damelevières et Laneuveville-devant-Nancy, la Moselle à Custines.

Sur la quasi-totalité des stations, les débits les plus faibles mesurés correspondent à des débits inférieurs ou égaux au VCN3 10 ans secs (VCN3 (10S)). A la station de Lunéville sur la Meurthe le jaugeage minimal correspond à un VCN3 médian.

Bassin	Cours d'eau	Station	Bassin versant (km ²)	Nb de jaugeages	Jaugeage min (m ³ /s)	Date	Intensité	Incertitude estimée
Moselle amont	Moselle	Rupt-sur-Moselle	152	365	0.142	13/09/1972	<VCN3 (10S)	25-30 %
	Moselotte	Vagny (ancienne)	187	287	0.28	27/08/1997	VCN3 (10S)	35-40 %
	Moselotte	Vagny (Zainvillers)	184	74	0.324	25/08/2020	VCN3 (10S)	40-45 %
	Moselle	Remiremont	589	63	0.57	06/08/1992	nc	nc
	Moselle	Saint-Nabord	626	334	0.906	04/08/1964	VCN3 (10S)	30-35 %
	Vologne	Cheniménil	355	240	0.697	11/08/2020	<VCN3 (10S)	45-50 %
	Moselle	Epinal	1 217	541	2.35	11/08/2003	<VCN3 (10S)	35-40 %
	Moselle	Tonnoy	1 976	342	2.87	28/08/1991	<VCN3 (10S)	40-45 %
	Madon	Pulligny	943	427	0.605	01/09/1976	VCN3 (10S)	40-45 %
	Moselle	Pont-Saint-Vincent	3 070	213	2.8	08/08/2003	<VCN3 (10S)	35-40 %
Moselle	Toul	3 338	354	1.77	29/08/1991	<VCN3 (10S)	35-40 %	
Meurthe	Meurthe	Saint-Dié-des-Vosges	374	375	0.505	28/08/2003	<VCN3 (10S)	20-25 %
	Meurthe	Raon-l'Etape	727	295	1.52	25/08/1976	<VCN3 (10S)	15-20 %
	Meurthe	Lunéville	1 105	172	3.11	11/08/1998	VCN3	20-25 %
	Meurthe	Damelevières	2 280	373	2.86	01/07/1976	<VCN3 (10S)	15-20 %
	Sânon	Dombasle-sur-Meurthe	284	195	0.412	21/08/2019	VCN3 (10S)	55-60 %
	Meurthe	Laneuveville-devant-Nancy	2 780	202	5.21	26/08/1996	VCN3 (10S)	15-20 %
	Meurthe	Malzéville	2 960	173	1.61	03/09/1991	<VCN3 (10S)	20-25 %
Moselle aval	Moselle	Custines	6 830	337	7.3	01/06/1976	<VCN3 (10S)	15-20 %
	Moselle	Hauconcourt	9 387	417	5.83	23/09/1991	<VCN3 (10S)	nc
	Moselle	Hagondange	9 422	113	7.67	26/08/2003	<VCN3 (10S)	20-25 %
	Moselle	Uckange	10 770	276	6.63	02/06/2020	<VCN3 (10S)	20-25 %
	Esch	Jézainville	231	486	0.002	29/08/2011	<VCN3 (10S)	35-40 %
	Rupt de Mad	Onville	358	572	0.1	21/09/1971	<VCN3 (10S)	60-65 %
	Seille	Moyenvic	352	307	0.237	07/06/2011	VCN3 (10S)	40-45 %
	Petite Seille	Château-Salins	143	500	0.101	16/08/1977	<VCN3 (10S)	30-35 %
	Seille	Nomény	925	779	0.494	18/08/1976	<VCN3 (10S)	50-55 %
	Seille	Metz Pont-Lothaire	1 280	555	0.41	18/08/1976	<VCN3 (10S)	40-45 %
	Seille	Metz Pont-Lothaire amont	1 280	97	0.602	31/07/2019	<VCN3 (10S)	35-40 %
	Orne	Boncourt	412	394	0.007	15/09/2020	<VCN3 (10S)	45-50 %
	Yron	Jarny (La Cartoucherie)	383	265	0.007	28/08/2003	<VCN3 (10S)	55-60 %
	Orne	Rosselange	1 226	426	0.408	23/07/1996	<VCN3 (10S)	35-40 %

Tableau 4-2 : synthèse des jaugeages en basses eaux.

5 ANALYSE DES EVENEMENTS HISTORIQUES – LES CRUES

5.1 IDENTIFICATION DES CRUES HISTORIQUES

Le Tableau 5-1 synthétise les principales crues connues sur la Moselle et ses principaux sous-bassins versants. Seules les crues dont le débit de pointe est supérieur (environ) à la crue de période de retour 5 ans et ayant touché plusieurs grands sous bassins sont présentées.

Un tableau plus exhaustif des crues supérieures à la crue quinquennale sur les principaux sous-bassins versants est présenté en ANNEXE 5. Cet échantillon compte 42 évènements ayant touché, à des degrés divers, les sous-bassins de la Moselle française entre 1970 et 2020 : sont listés les évènements pour lesquels au moins un des sous-bassins a connu une crue supérieure à la crue de période de retour 5 ans. Il comprend ainsi les crues listées au Tableau 5-1 ainsi que plusieurs crues plus localisées, ayant touché un seul affluent ou sous-bassin versant.

Avant 1980, les observations sont plus ou moins disponibles selon les stations hydrométriques en service.

Plusieurs évènements de crues ont touché l'ensemble du bassin versant de la Moselle :

- Décembre 1947 ;
- Avril et Mai 1983 ;
- Février 1990 ;
- Décembre 2001.

Ces évènements constituent les crues de référence à l'échelle du bassin versant de la Moselle française. Trois autres crues peuvent être signalées :

- Décembre 1919 ;
- Décembre 1982 ;
- Octobre 2006.

Ces trois crues font également partie des crues de référence à l'échelle du bassin versant de la Moselle française. Le caractère généralisé de la crue de décembre 1919 n'est pas connu. Il s'agit d'une crue très intense sur la Moselle amont et la Meurthe ainsi que sur l'axe Moselle aval. L'intensité de cette crue sur les affluents aval n'est pas connue.

La crue de décembre 1982 est globale sur le bassin versant même si elle est moins intense sur le sous-bassin de l'Orne. La crue d'octobre 2006 a particulièrement été intense sur l'amont, la Seille et l'Orne ayant moins réagi.

Les crues de la Moselle aval sont concomitantes avec des crues significatives sur le bassin amont à Custines à quelques exceptions près :

- Mars 1988 : forte crue de l'Orne ;
- Décembre 1993 : fortes crues de la Seille et de l'Orne ;
- Février 1997 : fortes crues de la Seille et de l'Orne ;
- Décembre 2010 : forte crue de la Seille ;
- Janvier 2018 : forte crue de la Seille.

Pour ces cinq évènements, des crues fortes de la Seille et/ou de l'Orne sont venues amplifier une crue « fréquente » de la Moselle amont.

Crue	Moselle amont	Meurthe	Moselle Custines	Seille	Orne	Moselle Uckange
Décembre 1919	X	X	X			X
Décembre 1947	X	X	X	X	X	X
Février 1970		X				
Mai 1970		X		X		
Novembre 1972	X					
Février 1979		X		X		X
Février 1980	X			X		X
Octobre 1981				X	X	
Décembre 1981				X	X	
Décembre 1982	X	X	X	X		X
Avril 1983	X	X	X	X	X	X
Mai 1983	X	X	X	X	X	X
Février 1984					X	X
Mars 1988					X	
Décembre 1988	X	X				
Février 1990	X	X	X	X	X	X
Décembre 1993	X			X	X	X
Janvier 1994	X		X			
Janvier 1995	X		X	X	X	X
Février 1997				X	X	X
Oct-Nov 1998	X	X	X	X		
Février 1999		X				
Mars 1999	X	X	X			
Décembre 1999	X	X		X		
Décembre 2001	X	X	X	X	X	X
Janvier 2004	X	X	X	X		
Octobre 2006	X	X	X			X
Décembre 2010		X		X		X
Décembre 2011	X					
Juin 2016					X	
Janvier 2018	X			X		X
Février 2020				X		

Tableau 5-1 : principales crues sur le bassin versant de la Moselle et ses sous-bassins principaux.

De manière générale, la période de crue s'étend d'octobre à avril.

Les crues en dehors de cette période d'octobre à avril sont rares : la crue de mai 1983 en est le contre-exemple le plus remarquable. Il s'agit d'une des plus fortes crues connues sur la Moselle et sur ses principaux affluents.

Dans une moindre mesure, la crue de mai 1970 est notable sur le bassin de la Meurthe ainsi que sur les affluents de la Moselle aval entre Custines et Metz : c'est la plus forte crue observée sur le Rupt-de-Mad et il est très probable que la Seille et le ruisseau d'Esch aient également fortement réagi.

La crue de mai-juin 2016 a particulièrement touché le bassin de l'Orne sans être significative sur les autres sous-bassins. Cette crue est la plus forte crue sur l'Orne depuis 2001.

5.2 CONDITIONS METEOROLOGIQUES A L'ORIGINE DES CRUES

Dans le cadre de l'étude hydrologique des crues du bassin français de la Moselle (cf. [3]), un important inventaire des situations météorologiques conduisant aux crues sur la Moselle a été réalisé sur la période 1970-1991.

Les éléments présentés ci-après s'appuient sur la description des situations typiques sur la France établie par METEO-France (<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/la-prevision-du-temps/les-situations-meteo-types-en-france#>), sur les archives de la météorologie allemande (<http://www1.wetter3.de/>) et sur les cartes synoptiques établies à partir des réanalyses NCEP (<https://www.infoclimat.fr/modeles/ncep.php?area=europe¶m=500&month=1&year=1871&day=1&hour=0>) sur la période 1871-2011.

De manière générale, quatre situations principales donnant lieu à des crues sur le bassin de la Moselle sont rencontrées :

- Les flux d'Ouest perturbés ;
- Les flux de Sud-Ouest perturbés ;
- Les flux de Nord-Ouest perturbés ;
- Les retours d'Est.

Ces différentes situations sont décrites dans les paragraphes suivants et illustrées d'exemples propres au bassin versant français de la Moselle.

5.2.1 FLUX D'OUEST PERTURBE

Les flux d'Ouest se produisent toute l'année et se caractérisent par le passage successif et rapide de perturbations. Les flux d'Ouest sont plus rares en période estivale.

Les flux d'Ouest perturbés sont générés sous l'influence d'une zone de basse pression associée à de l'air froid en altitude sur l'Atlantique Nord et de l'anticyclone des Açores accompagné d'air chaud subtropical en altitude. Entre ces deux centres d'action, le flux plus ou moins rapide circule d'Ouest en Est au-dessus de l'Atlantique.

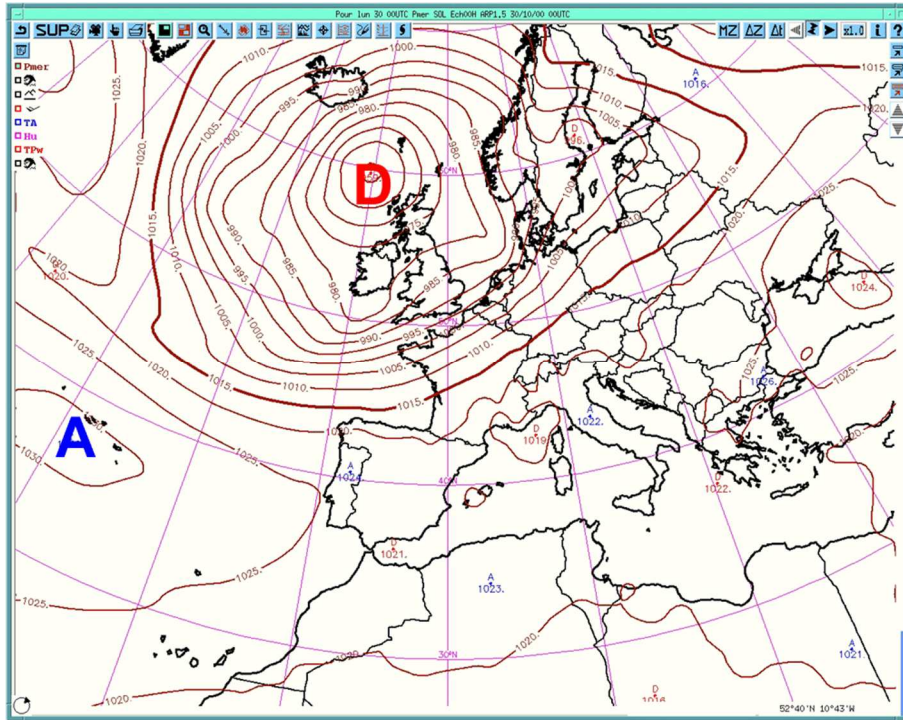


Figure 5-1 : flux d'Ouest perturbé – situation générale (source : METEO-France).

L'humidité apportée par l'océan et le fort gradient de température sont propices à la formation de perturbations actives qui balayent ensuite la France. L'origine océanique de la masse d'air a pour effet de modérer les températures qui sont plutôt douces en hiver.

Les flux d'Ouest sont à l'origine de nombreuses crues sur le bassin versant de la Moselle. Ces situations affectent généralement l'ensemble des bassins versants avec un maximum des précipitations sur le versant lorrain des Vosges. Le haut bassin de la Meurthe est généralement moins arrosé que le haut bassin de la Moselle.

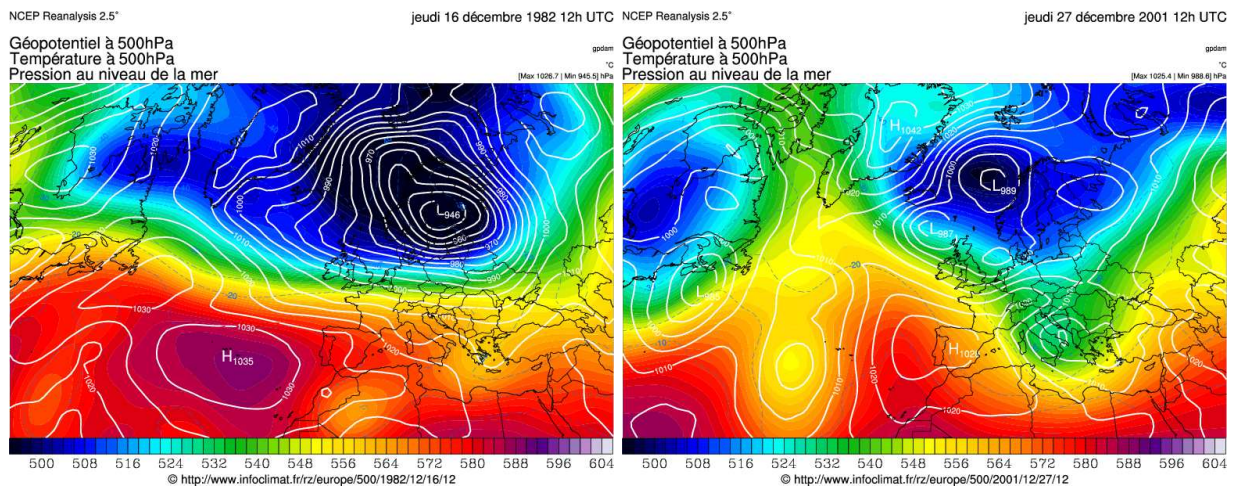


Figure 5-2 : illustrations de flux d'Ouest : crues de décembre 1982 et décembre 2001.

5.2.2 FLUX DE SUD A SUD-OUEST

Les situations de flux orienté de Sud à Sud-Ouest sont généralement observées lorsqu'une dépression est située en proche Atlantique et des hautes pressions sur l'Europe Centrale.

Le flux de Sud-Ouest apporte des masses d'air d'origine subtropicale chargées d'humidité et de chaleur : en hiver, ce flux apporte douceur et pluies.

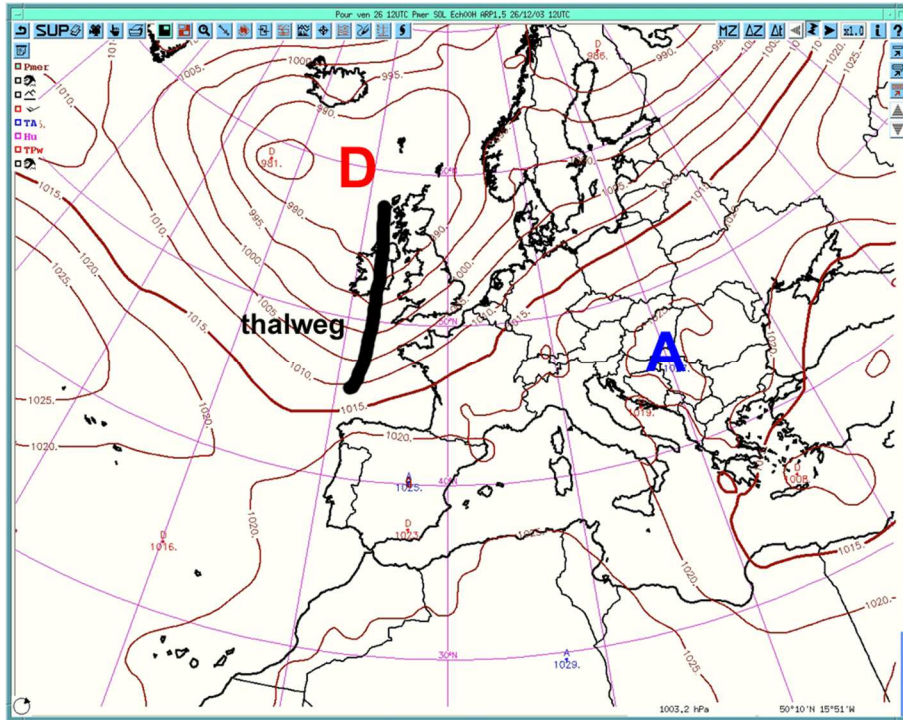


Figure 5-3 : flux de Sud à Sud-Ouest – situation générale (source : METEO-France).

Les flux de Sud-Ouest sont également à l'origine de nombreuses crues sur le bassin versant de la Moselle. Ces situations affectent davantage la Moselle amont, et plus particulièrement l'amont d'Epinal. Dans ce type de situation, la Meurthe amont est moins arrosée.

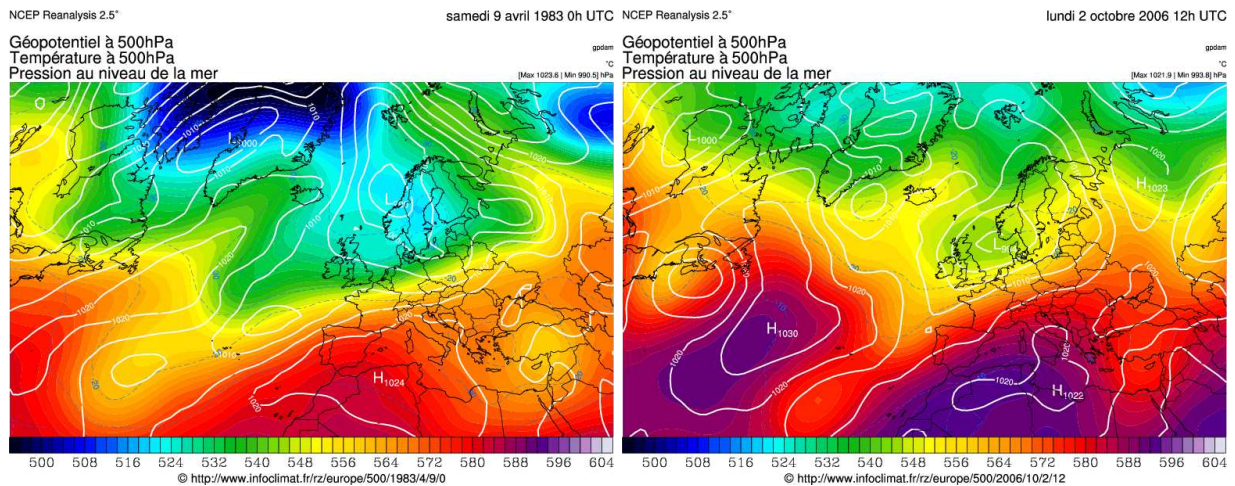


Figure 5-4 : illustrations de flux de Sud-Ouest : crues d'avril 1983 et octobre 2006.

Les crues associées à des flux de Sud sont plutôt rares sur le bassin versant de la Moselle. Ces situations touchent presque exclusivement la Moselle en amont de Remiremont. Dans l'étude [3], ces situations sont associées aux crues de janvier 1984 et décembre 1989.

5.2.3 FLUX DE NORD-OUEST

Les situations de flux de nord-Ouest sont généralement observées lorsqu'une dépression se positionne ou se forme en mer du Nord. Cette situation se rencontre fréquemment au printemps, à l'automne et en hiver.

En hiver, l'anticyclone des Açores peut remonter sur l'Atlantique Nord jusqu'au Sud de l'Islande. Le système dépressionnaire se décale alors vers la Scandinavie ou les pays baltes, ce qui expose la France à un flux rapide de Nord (cf. Figure 5-5).

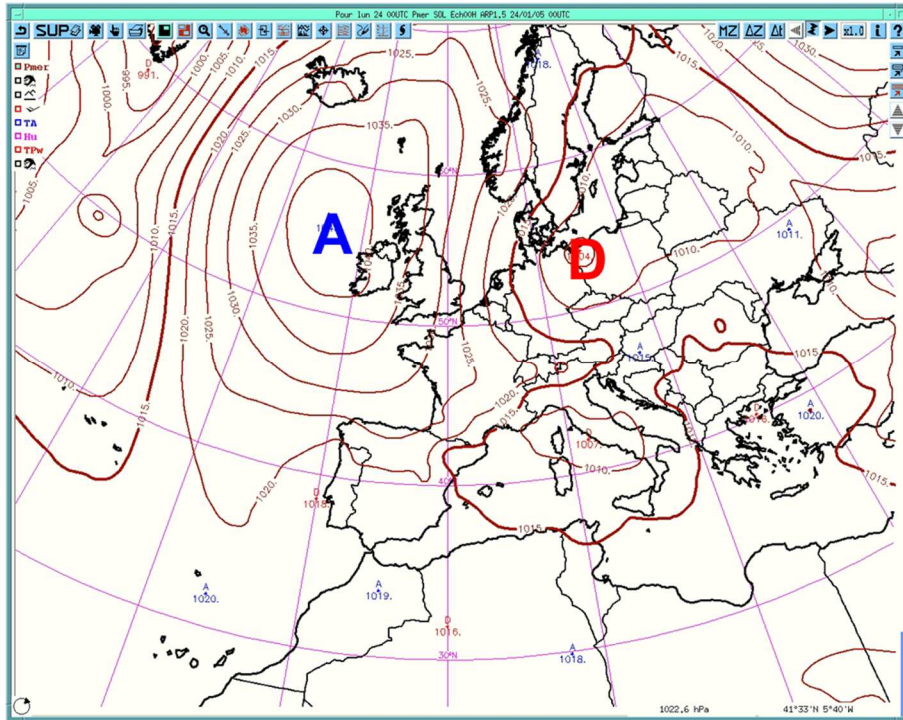


Figure 5-5 : flux de Nord à Nord-Ouest – situation générale (source : METEO-France).

Les crues associées à des flux de Nord-Ouest sont plutôt rares sur le bassin versant de la Moselle et de faible intensité. Les flux de Nord-Ouest apportent un air plus frais et sont plutôt associés à des épisodes neigeux, surtout l'hiver.

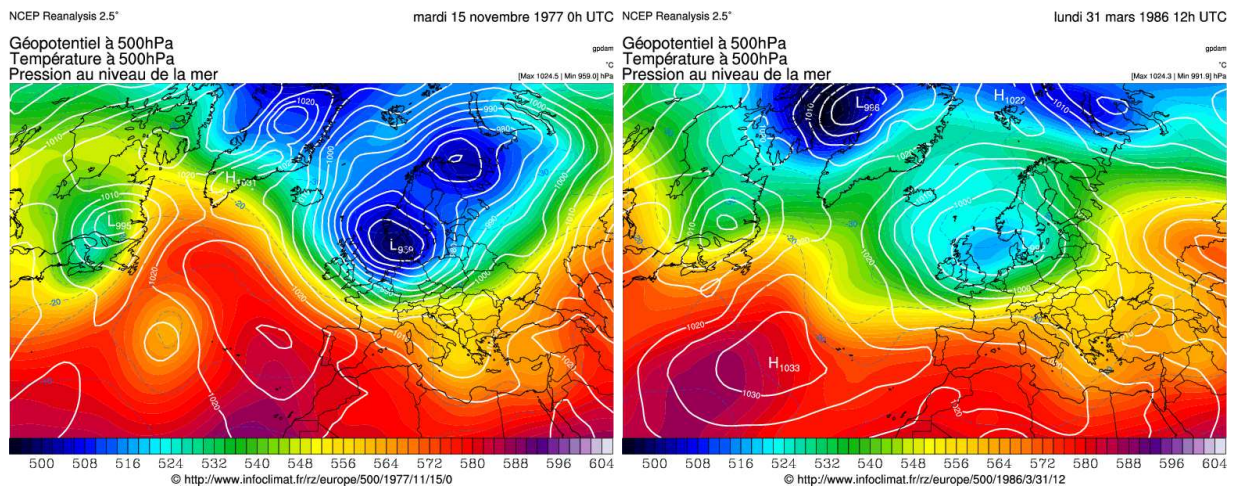


Figure 5-6 : illustrations de flux de Nord-Ouest : crues de novembre 1977 et mars 1986.

5.2.4 RETOUR D'EST

Le retour d'Est est un phénomène particulier d'inversion de la circulation atmosphérique : les perturbations qui affectent la France se déplacent généralement d'Ouest en Est, dans le cas des retours d'Est, elles entrent en France par l'Est du pays.

Ces situations sont caractérisées par des hautes pressions localisées très au Nord : les perturbations océaniques doivent contourner cet anticyclone et reviennent sur la France par l'Est.

Cette configuration est appelée « situation de blocage », l'anticyclone pouvant rester en place plusieurs jours.

Les retours d'Est¹ sont associés à une « goutte froide » d'altitude qui peut venir s'isoler sur la France. En hiver, les retours d'Est sont associés à des épisodes neigeux, l'air étant plus froid.

Les retours d'Est s'observent plus rarement au printemps et en été mais peuvent être à l'origine de cumuls pluviométriques particulièrement importants compte tenu de la stationnarité des perturbations.

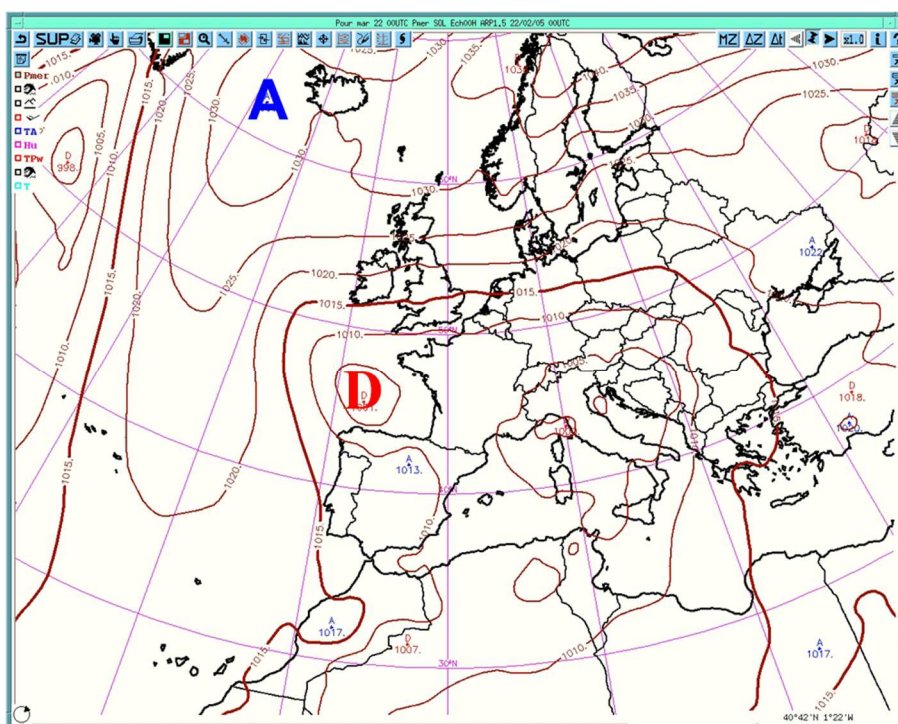


Figure 5-7 : retour d'Est – situation générale (source : METEO-France).

Peu de crues liées à des retours d'Est sont observées (à ce jour) sur le bassin versant de la Moselle. Elles ont toutes lieu au printemps ou début d'été. L'évènement le plus notable est celui de mai 1983.

La crue de mai 1970 a particulièrement touché le bassin voisin de la Sarre. Plus récemment, l'évènement de mai/juin 2016 a touché l'Orne et l'évènement de juillet 2021 a particulièrement touché le bassin de la Meurthe et également l'Orne.

Les cumuls pluviométriques sont fortement liés à la durée pendant laquelle les conditions de blocage se maintiennent : 2 à 3 jours en mai 1970, 4 à 5 jours en mai 1983, 3 à 4 jours en juillet 2021.

¹ Les retours d'Est sont généralement associés au phénomène de « goutte froide » en altitude. Cet air froid d'altitude vient à la rencontre d'un air plus chaud et humide qui remonte de la surface et favorise de fortes précipitations.

Dans cette configuration, la partie Nord-Est du bassin versant, et en particulier la Meurthe, est plus affectée. La haute Moselle est peu affectée par les crues de retour d'Est : la crue de mai 1983 ne figure pas parmi les crues les plus notables de la Moselle à Epinal et en amont.

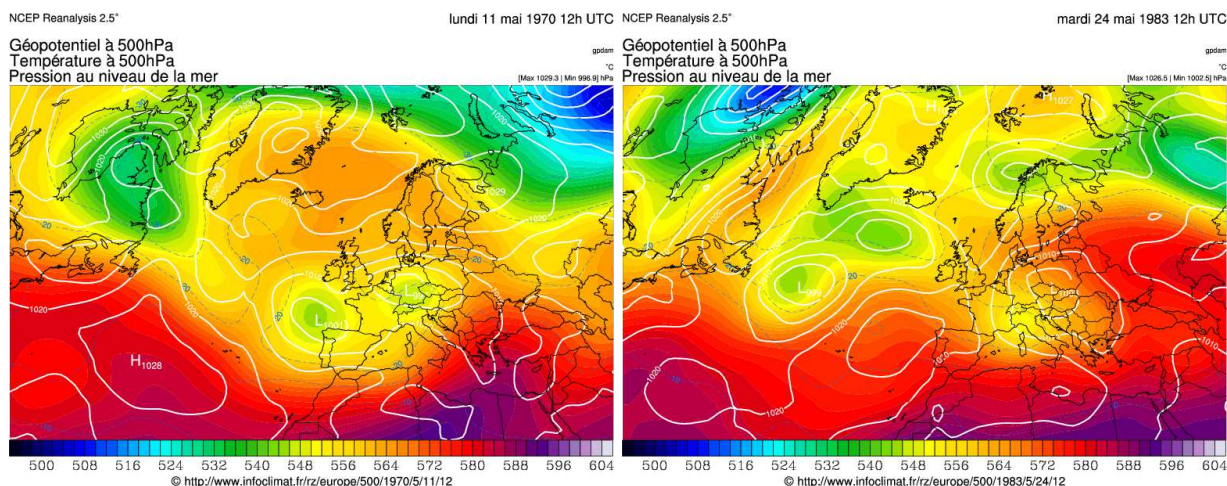


Figure 5-8 : illustrations de flux de retour d'Est : crues de mai 1970 et mai 1983.

5.3 GRANDS TYPES DE CRUES

Pour compléter l'analyse des situations météorologiques, une classification saisonnière des crues est constituée. Cette classification reprend les dénominations proposées dans le rapport [3] :

- Crues de fin de basses eaux, ou d'automne, survenant majoritairement en octobre et/ou novembre ;
- Crues de hautes eaux, ou d'hiver, à caractère pluvial, survenant sur la période de décembre à mars ;
- Crues de redoux de période froide, survenant également sur la période de décembre à mars ;
- Crues de fin de hautes eaux, ou de printemps, survenant majoritairement entre avril et juin.

5.3.1 CRUES DE FIN DE BASSES EAUX, OU CRUES D'AUTOMNE

Ces événements sont en général associés à des flux de Sud-Ouest, à l'origine de pluies frontales atteignant le bassin versant. Ce type d'évènement arrivant en fin de période estivale, la saturation initiale des sols est faible. Ces crues touchent principalement la Moselle amont et sont peu marquées sur les affluents de la Moselle aval.

Elles donnent des volumes de crue et des débits de pointe modestes au niveau des stations aval des grands bassins (Moselle à Toul, Meurthe et Moselle aval).

Plusieurs exceptions à ces considérations générales sont à signaler :

- La crue de novembre 1977 qui a été remarquable sur le Rupt-de-Mad, la Seille et l'Orne ;
- La crue d'octobre 2006 qui a peu touché le haut bassin de la Moselle à Epinal, mais qui a fortement impacté la Meurthe et le bassin intermédiaire de la Moselle amont en aval d'Epinal, donnant la 3^{ème} plus forte crue observée à Custines depuis 1977 ;
- La crue d'octobre 2013 qui a impacté quasi exclusivement la Meurthe amont.

5.3.2 CRUES DE HAUTES EAUX A CARACTERE PLUVIAL

Ces évènements sont associés majoritairement à des flux d'Ouest ou Sud-Ouest. Ils sont caractérisés par une succession d'averses liées au passage de séries de perturbations océaniques. La saturation initiale des sols est généralement élevée.

La succession des averses favorise la formation de crues « complexes » à pointes multiples souvent rapprochées dans le temps. Les volumes d'écoulement associés à ces crues sont souvent importants.

Les pluies peuvent affecter durablement l'ensemble du bassin versant de la Moselle. Elles touchent préférentiellement la Moselle amont et, dans une moindre mesure, la Meurthe. Les affluents aval peuvent également connaître des crues notables.

Les crues de décembre 1982, février 1990 et février 1997 font partie des crues les plus significatives de cette catégorie, en ayant affecté l'ensemble du bassin versant.

5.3.3 CRUES DE REDOUX DE PERIODE FROIDE

Ces évènements sont la conséquence d'un redoux apporté majoritairement par des flux d'Ouest ou Sud-Ouest. Ce redoux entraîne la fonte du manteau neigeux et un ruissellement sur sol gelé.

Tout comme les crues de hautes eaux à caractère pluvial, les volumes d'écoulement sont importants. Les débits de pointe sont quant à eux plus modestes du fait de la relative lenteur de la fonte des neiges.

Les hauts bassins de la Moselle et de la Meurthe apparaissent moins affectés par ce type d'évènement compte tenu de l'altitude qui limite et retarde les effets du redoux.

La crue de décembre 2001 ressort comme la crue la plus notable de cette catégorie dans la mesure où elle a touché l'ensemble du bassin versant de la Moselle. Les températures moyennes journalières sont restées négatives sur l'ensemble du bassin versant, même en plaine, pendant les 15 jours précédant le passage de la perturbation.

La crue de décembre 1947 entrerait également dans cette catégorie.

5.3.4 CRUES DE FIN DE HAUTES EAUX, OU CRUES DE PRINTEMPS

Les crues de fin de hautes eaux ayant conduit à des débits notables sont rares, mais elles fournissent les deux crues les plus intenses observées sur la Moselle aval depuis le début des mesures : les crues d'avril et mai 1983. A ces deux crues pourrait s'ajouter celle de mai 1970 particulièrement intense sur la Sarre voisine mais ayant affecté plus localement le bassin de la Moselle.

Hormis la crue d'avril 1983 qui est associée à un flux de Sud-Ouest et qui, d'ailleurs, pourrait tout à fait être classée dans la catégorie des crues de hautes eaux à caractère pluvial, toutes les crues de fin de hautes eaux sont associées à des retours d'Est.

Ces évènements assez atypiques se caractérisent par de fortes précipitations, les températures plus fortes à cette période favorisant l'hygrométrie élevée. Une seconde caractéristique est leur (relative) stationnarité, favorisant des cumuls très importants sur plusieurs jours : la pluie s'est ainsi abattue pendant 2-3 jours consécutifs en mai 1970, 4 jours en mai 1983.

5.4 FORMES DES HYDROGRAMMES

Les travaux menés dans le cadre de l'étude hydrologique de la Moselle sur la période 1970-1991 (cf. [3]) mettent en évidence trois types d'hydrogrammes de crues.

5.4.1 CRUE SIMPLE A UNE SEULE POINTE

Ce type d'hydrogramme résulte d'un évènement pluvieux intense relativement « isolé » et assez homogène, notamment sur l'amont du bassin versant, favorisant la concomitance des différentes pointes de crues des principaux cours d'eau et affluents.

Les plus fortes crues connues sont de ce type : décembre 1947 (d'après limnigrammes présentés dans [4]), avril 1983, mai 1983, décembre 2001, octobre 2006.

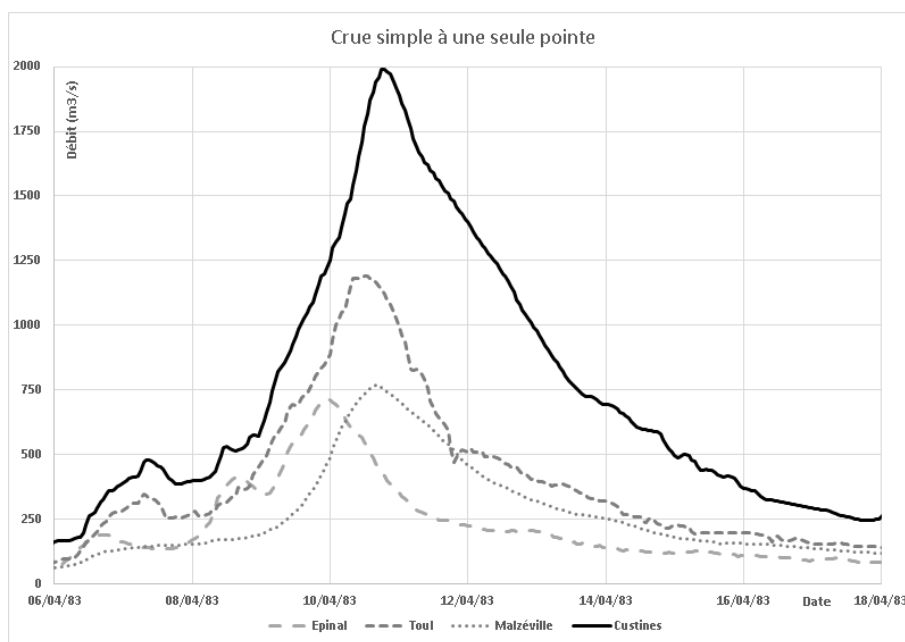


Figure 5-9 : exemple de crue simple – avril 1983.

5.4.2 CRUE A POINTES MULTIPLES

Les crues à pointes multiples sont typiques des crues d'hiver, qu'elles soient pluviales ou de redoux. Elles résultent de la succession d'épisodes pluvieux plus ou moins rapprochés.

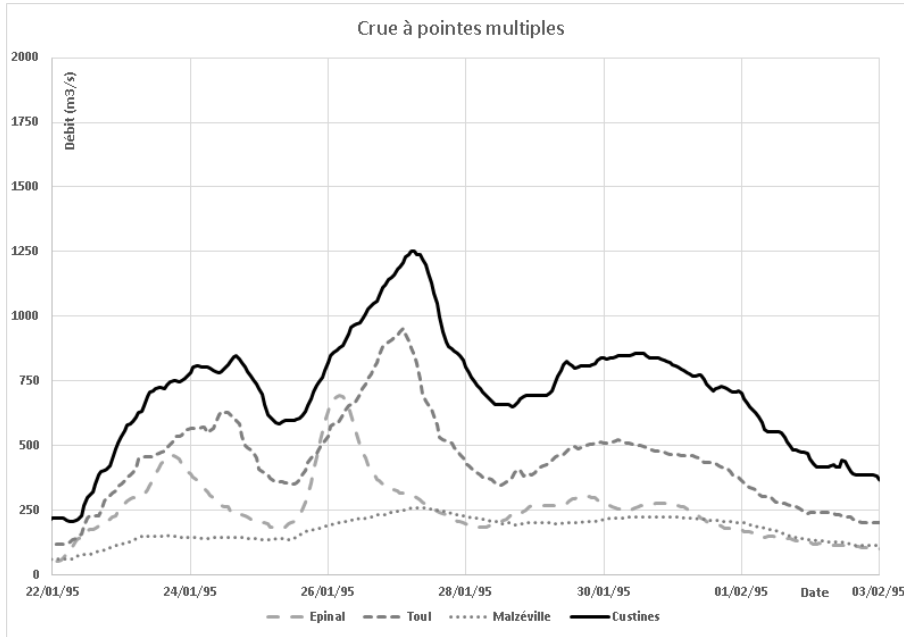


Figure 5-10 : exemple de crue à pointes multiples – janvier 1995.

5.4.3 CRUES A POINTES MULTIPLES INDIVIDUALISEES

Les crues à pointes multiples individualisées résultent également de la succession d'épisodes pluvieux, mais plus espacés dans le temps. Il s'agit d'un cas intermédiaire entre la crue simple et la crue à pointes multiples.

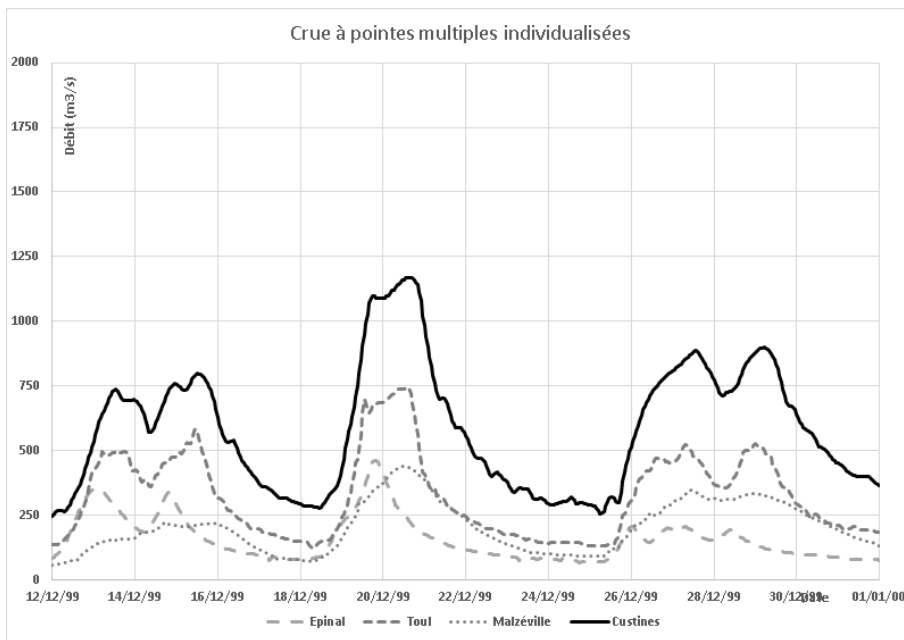


Figure 5-11 : exemple de crue à pointes multiples individualisées – décembre 1999.

5.5 CLASSIFICATION DES EVENEMENTS HISTORIQUES

Dans le même esprit que la classification réalisée dans l'étude de 1991 (cf. [3]), les crues listées en ANNEXE 5 ont été classifiées afin d'en faire ressortir les caractéristiques communes.

La classification est présentée dans les tableaux suivants selon le type de crues :

Crues de fin de basses eaux		
Evènements de crues	Flux	Pointes
Novembre 1972	O	PU
Octobre 1981	SO	PM
Octobre 1982	SO	PU
Octobre 1986	O	PU
Novembre 1996	SO	PU
Octobre 1998	O	PM
Octobre 2006	SO	PU
Octobre 2013	SO	PMI

Crues de hautes eaux pluviales		
Evènements de crues	Flux	Pointes
Février 1970	O	PM
Décembre 1981	O	PM
Décembre 1982	O	PM
Février 1984	O	PU
Décembre 1986	O	PMI
Mars 1988	O	PM
Décembre 1988	SO	PU
Février 1990	SO	PU
Janvier 1991	SO	PM
Décembre 1991	SO	PU
Décembre 1993	O	PM
Janvier 1994	O	PM
Janvier 1995	SO	PM
Février 1997	O	PU
Mars 1999	SO	PMI
Mars 2001	SO	PM
Janvier 2004	O	PMI
Mars 2007	O	PU
Décembre 2011	O	PM
Janvier 2018	O	PU
Février 2020	O	PU

Crues de hautes eaux de redoux		
Evènements de crues	Flux	Pointes
Décembre 1947	O	PU
Février 1978	SO	PU
Février 1979	O	PM
Février 1980	SO	PM
Janvier 1984	S	PM
Février 1999	O	PU
Décembre 1999	O	PMI
Décembre 2001	O	PU
Décembre 2010	SO	PU
Février 2013	SO	PM

Crues de fin de hautes eaux		
Evènements de crues	Flux	Pointes
Mai 1970	RE	PU
Avril 1983	SO	PU
Mai 1983	RE	PU
Juin 2016	RE	PM

Les crues de hautes eaux, ou d'hiver, constituent le principal « contingent » d'évènements de crues, les crues à caractère pluviale étant les plus nombreuses. La période automnale, de fin de basses eaux, fournit également des épisodes relativement nombreux. Ces observations sont cohérentes avec la période préférentielle des crues, s'étendant d'octobre à avril.

Le cas du mois d'avril est un peu particulier, se situant à la transition entre hautes eaux et fin de hautes eaux. La crue d'avril 1983 est la seule crue d'avril de l'échantillon : nous avons gardé ici la même classification que celle retenue dans l'étude [3] même si un classement en crue de hautes eaux serait tout aussi adapté.

Les conditions de flux d'Ouest et Sud-Ouest sont très largement prépondérantes dans la formation des crues sur le bassin de la Moselle. Ces conditions sont à l'origine du passage successif de perturbations pouvant saturer les sols et s'accompagnent de températures douces favorisant les précipitations liquides. Les formes des crues sont diverses, à pointes simples ou multiples, dépendant fortement de la durée des précipitations et de la fréquence de passage des perturbations.

Les flux de Nord-Ouest ne sont pas représentés dans l'échantillon. Ils peuvent être malgré tout à l'origine de crues mais non significatives. De manière générale, les flux de Nord-Ouest amènent un air plus frais et sont plutôt associés à des chutes de neige, notamment sur la partie vosgienne du bassin versant.

Le cas des crues de fin de hautes eaux peut être considéré à part : ces évènements semblent appartenir à une population différente. Mis à part le cas de la crue d'avril 1983 abordé ci-avant, les conditions à l'origine de ces évènements sont toujours des retours d'Est pouvant être à l'origine de crues exceptionnelles :

- La crue de mai 1970 est exceptionnelle sur le bassin versant voisin de la Sarre et sur celui du Rupt-de-Mad ;
- La crue de mai 1983 est exceptionnelle sur la Meurthe et la Moselle aval ;
- Le front de mai-juin 2016 s'est déplacé très à l'Ouest sur la France avec comme conséquence une crue exceptionnelle du Loing et d'autres cours d'eau du centre de la France. Cet évènement a peu impacté le bassin de la Moselle dans la mesure où le front n'a pas « stationné » sur le bassin. Son premier passage fin mai et son second passage les 03 et 04 juin lors de la résorption de la goutte froide expliquent le caractère à pointes multiples de cette crue, qui a surtout été notable sur le sous-bassin de l'Orne ;
- Plus récemment, les évènements qui ont touché l'Allemagne et la Belgique en juillet 2021 résultent également d'un retour d'Est dont le front s'est positionné plus au Nord-Est, impactant modérément le bassin versant de la Moselle (Meurthe et Orne principalement impactées).

Les retours d'Est sont caractérisés par la formation d'un front occlus à l'origine d'importantes précipitations. La stationnarité du front et les fortes précipitations associées peuvent conduire à des cumuls sur plusieurs jours particulièrement importants.

Les retours d'Est sont également possibles lors de la saison hivernale. En saison froide, les retours d'Est sont plutôt associés à des chutes de neige compte tenu de l'apport d'air froid.

5.6 CARACTERISATION DES CRUES HISTORIQUES

Des fiches de synthèse de plusieurs évènements notables de crues sont données en ANNEXE 6. Une dizaine d'évènements parmi les plus fortes crues observées à Uckange (période 1980-2020) ainsi que quelques évènements particuliers sont présentés.

6 ANALYSE DES EVENEMENTS HISTORIQUES – LES ETIAGES

L'analyse des étiages est réalisée en se référant à l'année civile et non l'année hydrologique comme pour les crues. Ce changement de référence permet une lecture plus aisée : par exemple, l'étiage de l'été 1976 est bien rattaché à l'année 1976².

6.1 IDENTIFICATION DES ETIAGES HISTORIQUES SUR LA PERIODE 1960-2019

6.1.1 METHODE D'IDENTIFICATION DES ETIAGES

Sur le bassin versant français de la Moselle, les séries de débits observés commencent vers 1960 pour les plus anciennes stations.

L'identification des étiages est menée à partir des données observées de débits sur la période 1960 à 2019. Cette identification se base sur la caractérisation du QMNA pour chaque station hydrométrique : le QMNA correspond au débit moyen mensuel le plus faible pour chaque année. Un traitement statistique selon une loi log-normale (loi de Galton) est mené pour estimer le QMNA médian (QMNA-2), le QMNA de probabilité 1/5 ou « 5 ans sec » (QMNA-5) et le QMNA de probabilité 1/10 ou « 10 ans sec » (QMNA-10).

Il convient de rappeler qu'il s'agit des débits observés aux stations hydrométriques : ces débits sont donc influencés par les aménagements hydrauliques, barrages réservoirs (Vieux-Pré et Madine notamment), prises d'eau des canaux, etc.

Le tableau en ANNEXE 7 donne les QMNA estimés pour chaque année civile en différents sous-bassins de la Moselle française. Un code couleur permet de mettre en évidence les étiages : en blanc, les années plutôt humides, en jaune les QMNA supérieurs au QMNA-5, en orange les QMNA compris entre QMNA-10 et QMNA-5 et en rouge les QMNA inférieurs au QMNA-10 caractérisant les étiages « sévères ». Seules les valeurs pour lesquelles la chronique est complète entre avril et octobre sont données.

6.1.2 ANALYSE DES ESTIMATIONS DE QMNA OBSERVES

Sur la période 1960-1970, peu de station sont ouvertes ou ont leur chroniques complètes entre avril et octobre. Sur cette période, deux étiages sévères sont identifiés : l'étiage 1962 et l'étiage 1964. Ils touchent la Moselle amont, la Meurthe et la Moselle à Hauconcourt/Hagondange.

Sur la période 1970-1980, les données sont plus nombreuses. Entre 1971 et 1976, plusieurs étiages sévères sont identifiés. En particulier, l'étiage 1976 ressort comme sévère sur tous les sous-bassins versants hormis celui du Rupt-de-Mad (mise en service du barrage de Madine en 1972) et de l'Orne (régime influencé par les exhaures des mines).

Les années 1980 à 1990 connaissent moins d'épisodes d'étiages sévères. A noter l'étiage 1983 qui fait suite à un hiver et, surtout, un printemps particulièrement humides, et l'étiage 1985 qui a plutôt touché la Moselle amont à Epinal.

Entre 1989 et 1993, plusieurs étiages se succèdent, dont ceux de 1990 et 1991, particulièrement sévères sur la Meurthe et la Moselle aval. A la suite de ces deux épisodes, la gestion du réservoir de Vieux-Pré est modifiée à partir de 1993 afin d'assurer un soutien d'étiage sur la Meurthe et la Moselle aval. Depuis cette date, la Meurthe aval n'a plus connu d'étiage sévère.

² En prenant en compte l'année hydrologique, l'étiage de l'été 1976 serait rattaché à l'année hydrologique 1975-1976, soit à l'année 1975 par simplification d'écriture, ce qui est peu pratique pour la compréhension.

L'Orne à Rosselange a connu trois étiages sévères successifs entre 1996 et 1998 : ces étiages sont sans doute liés à l'arrêt des exhaures des mines et au remplissage des galeries qui ont pu limiter les débits dans les cours d'eau du bassin versant de l'Orne.

Dans les années 2000, l'étiage 2003 a été particulièrement sévère sur la Moselle amont et la Meurthe amont. Le soutien d'étiage assuré par le réservoir de Vieux-Pré en a probablement limité l'intensité sur la Moselle aval.

Plus récemment, les étiages 2018 et 2019 ont été particulièrement sévères sur quasiment tous les sous-bassins versants de la Moselle, hormis la Meurthe aval et le Rupt-de-Mad (influence des barrages-réservoirs pour le soutien d'étiage). Même sur la Moselle aval ces deux étiages peuvent être caractérisés comme sévères malgré le soutien d'étiage.

6.1.3 SYNTHÈSE

De cette première analyse sur les données de débits disponibles, les principaux épisodes d'étiages identifiés sur le bassin versant de la Moselle française sont les suivants : 1962, 1964, 1971, 1976, 1990, 1991, 2003, 2018 et 2019.

6.2 ETUDE SUR DE LONGUES CHRONIQUES RECONSTITUEES

La bibliographie répertorie un certain nombre d'étiages historiques relativement anciens pour lesquels peu d'observations sont disponibles. Parmi les événements souvent cités sur la Moselle : 1870, 1874, 1893, 1911, 1921, 1929, 1949, 1976.

Le LOTERR – Université de Lorraine a réalisé un important travail de reconstitution de longues chroniques de pluies mensuelles sur le bassin versant de la Moselle française (cf. [1]) entre 1860 et 2004.

A la suite de ce premier volet, le LOTERR a également reconstitué de longues chroniques de débits mensuels aux stations d'Epinal, Toul et Hauconcourt. Ce travail a permis de reconstituer les étiages de la Moselle française depuis 1871 jusqu'en 2018 (cf. [5]).

Ce travail de reconstitution fait ressortir les éléments suivants :

- Les grandes sécheresses du XIX^{ème} siècle et du début du XX^{ème} siècle apparaissent moins marquées sur la Moselle que les événements récents, tels 1976, 2003 et 2018 ;
- Les principaux étiages historiques sont : 1895, 1906, 1911, 1947, 1949, 1959, 1976, 2003, 2016 et 2018.

Ce travail de reconstitution permet d'identifier sensiblement les mêmes événements sur la période 1960-2019, en particulier les étiages de 1976, 2003 et 2018. L'étiage de 2019 ne ressort pas dans les travaux du LOTERR dont l'analyse s'arrête en 2018.

6.3 APPROCHE CLIMATOLOGIQUE

6.3.1 INDICE DE SECHERESSE NORMALISE (SPI)

L'indice de sécheresse normalisé (SPI) est un indice recommandé par l'Organisation Météorologique Mondiale pour caractériser la sécheresse météorologique.

Le SPI est basé sur la probabilité de précipitations mensuelles calculées durant un temps donné et qui est transformé en indice. La distribution de probabilité est d'autant plus fiable que la chronique est longue.

Une classification est proposée par l'OMM pour interpréter cet indice :

2,0 et plus	Extrêmement humide
de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à 1,49	Modérément sec
de -1,5 à 1,99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

Source : OMM, 2012.

Tableau 6-1 : valeurs et interprétations du SPI.

6.3.1.1 Calcul du SPI sur 4 mois – mai à août

Le SPI à 4 mois a été calculé aux trois stations pluviométriques pour lesquelles de longues chroniques de pluies mensuelles ont été récupérées (cf. 3.1.2.2) : Metz-Frescaty (Augny), Nancy-Essey (Tombelaine) et Saulxures.

Les valeurs brutes des indices doivent être prises avec précaution car la période considérée demeure relativement réduite, s'étalant de 1928 à 2019 à Metz et Nancy, et de 1938 à 2019 à Saulxures.

Ceci-dit, le calcul de cet indice permet néanmoins de mettre en évidence les années les plus sèches même s'il ne permet pas de caractériser précisément son intensité.

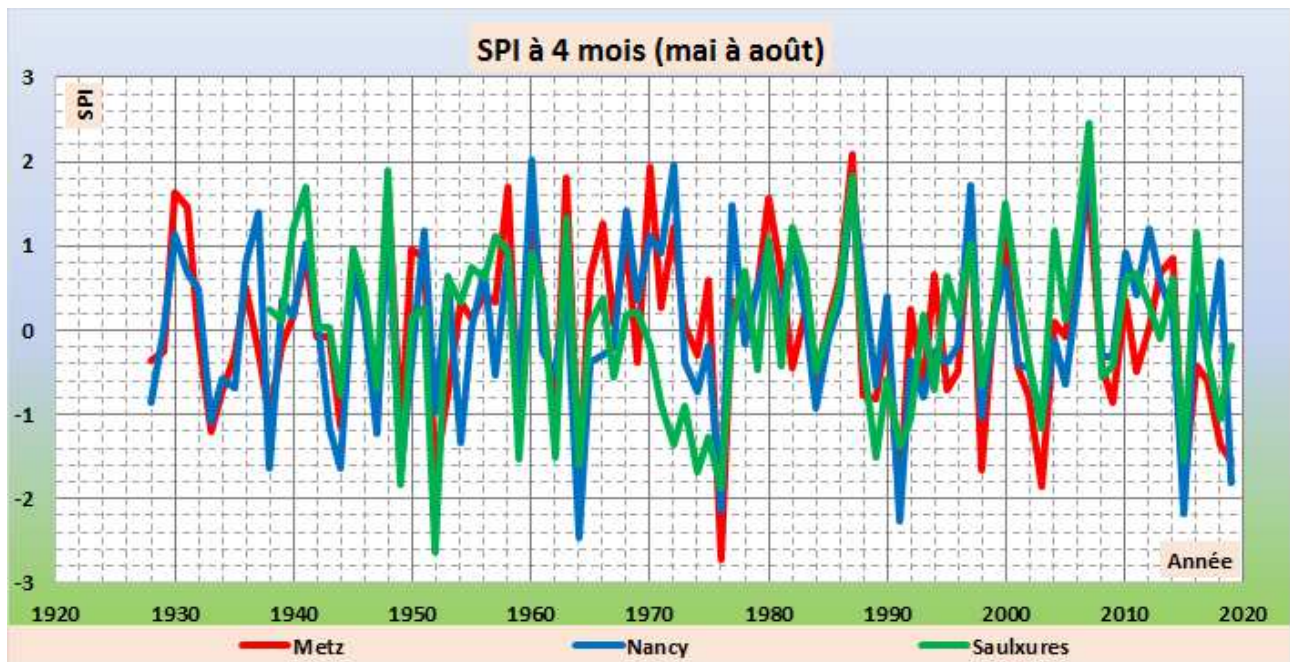


Figure 6-1 : indice SPI à 4 mois sur la Moselle.

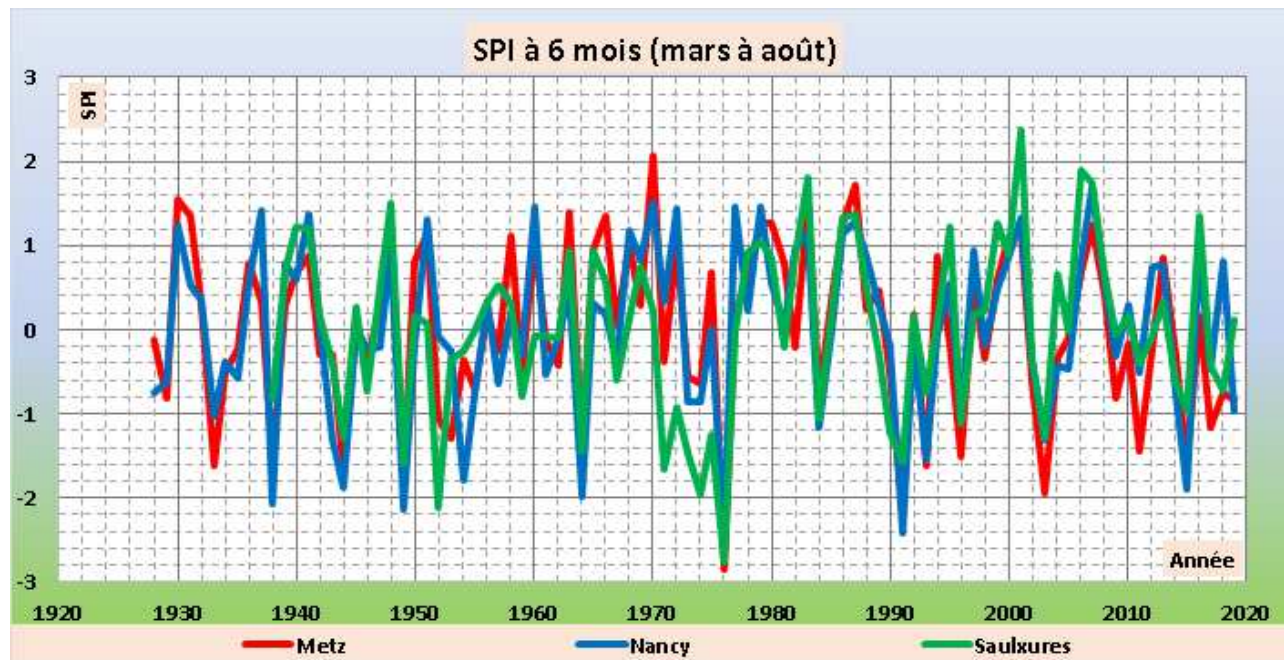
Les années pour lesquelles le SPI est inférieur à -1 simultanément aux trois stations correspondent à des épisodes d'étiages sévères sur tout ou partie du bassin de la Moselle : 1949, 1964, 1976, 1991, 2003 et 2015.

Le SPI à la station de Saulxures met en évidence la période 1971 à 1976 pour laquelle le SPI à 4 mois est faible et correspond à une succession d'étiages plus ou moins sévères sur l'amont du bassin versant.

Les étiages de 2018 et 2019 ne ressortent pas de l'analyse par le SPI à 4 mois sur la période mai à août. Le SPI à 4 mois n'explique pas à lui seul la survenue ou non des étiages sévères.

6.3.1.2 Calcul du SPI sur 6 mois – mars à août

La même analyse est menée de la même façon en considérant le SPI sur 6 mois, de mars à août.



Les années pour lesquelles le SPI est inférieur à -1 simultanément aux trois stations correspondent à des épisodes d'étiages sévères sur tout ou partie du bassin de la Moselle : 1949, 1964, 1976, 1991, 1996, 2003.

Comme pour le SPI à 4 mois, les étiages de 2018 et 2019 ne ressortent pas de l'analyse par le SPI à 6 mois sur la période mars à août. Le SPI à 6 mois n'explique pas à lui seul la survenue ou non des étiages sévères.

6.3.2 INFLUENCE DES TEMPERATURES

Les températures estivales lors des étiages historiques ont été analysées en ce qui concerne les moyennes sur les mois de juin à août.

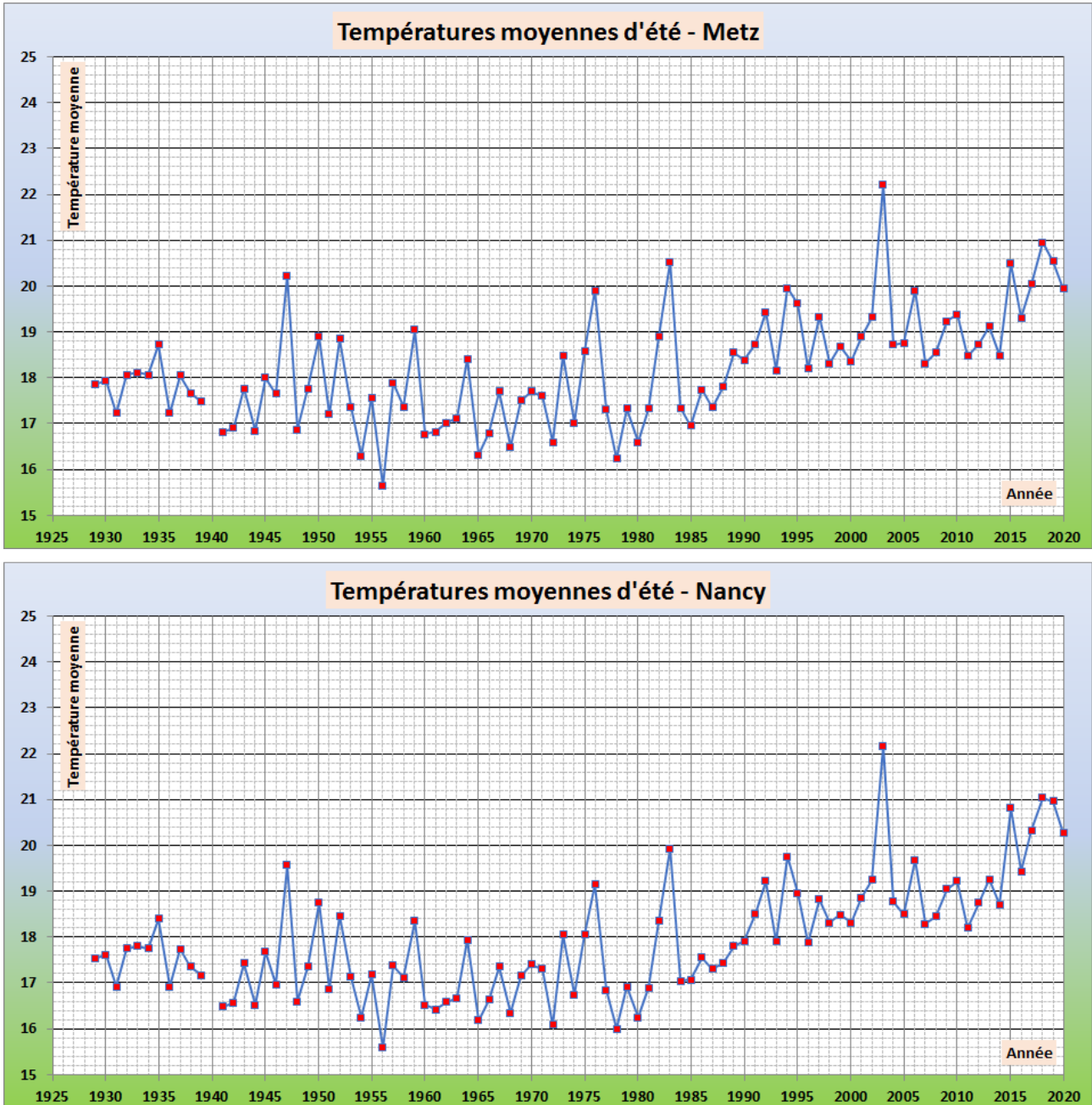


Figure 6-3 : températures moyennes d'été à Metz et Nancy (juin à août).

Les étés 1947, 1976, 1983, 1994, 2003, 2015, 2017, 2018 et 2019 ressortent comme des étés particulièrement chauds.

Toutefois, la corrélation simple entre étiage et été chaud n'est pas évidente : l'été 1983 en est un exemple. De même, durant l'été 2003, qui peut être qualifié d'« exceptionnellement » chaud, l'étiage a été sévère sans pour autant atteindre les « records » de 1976 ou de 2018 et 2019 (selon les secteurs géographiques).

6.4 TYPOLOGIE DES ETIAGES

Il apparaît relativement difficile de faire ressortir une typologie des étiages compte-tenu des nombreux paramètres entrant en jeu et pouvant influencer les débits dans les cours d'eau :

- Paramètres climatiques : pluviométrie, température ;
- Paramètres hydrologiques : niveaux des nappes ;
- Paramètres anthropiques : usages de l'eau.

Il ressort néanmoins que l'augmentation des températures ces dernières années a sans doute un rôle dans la sévérité des étiages, par exemple ceux de 2018 et 2019 alors que le déficit de pluviométrie n'était pas particulièrement important.

Les différentes données exploitées permettent de faire ressortir les étiages suivants sur la période récente 1960-2019 : 1964, 1976, 2003, 2018 et 2019. Ces 5 évènements ont touché la quasi-totalité du bassin versant de la Moselle française. Ces 5 évènements ont combiné, à des degrés divers, des déficits pluviométriques au printemps et/ou en été avec des températures estivales élevées.

7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. DELUS, «Reconstitution des sécheresses dans le bassin versant de la Moselle depuis le milieu du 19ème siècle,» 2018.
- [2] SAFEGE, «Etat quantitatif des ressources en eau du Grand Est - Evaluation prospective 2030-2050 et propositions d'actions,» Région Grand-Est, 2020.
- [3] DIREN, «Etude hydrologique des crues du bassin français de la Moselle sur la période 1970-1991,» DIREN Lorraine, 1994.
- [4] M. BOUDOU, «Monographie des inondations de décembre 1947 - janvier 1948,» 2015.
- [5] D. FRANCOIS, «Reconstitution des étiages de la Moselle depuis 1871,» La Houille Blanche, 2020.
- [6] SOGREAH, «Atlas des zones inondables de la Moselle et de la Meurthe,» Ministère de l'Environnement - Navigation du Nord-Est, 2000.
- [7] 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.
- [8] Groupe de Travail International, «Hydrologie des crues de la Moselle et de la Sarre,» 1995.
- [9] CIPMS-IKSMS, «Focus sur la problématique des étiages au sein du bassin de la Moselle et de la Sarre».
- [10] DREAL-Lorraine, «Cartographie du risque inondation sur le TRI de Metz-Thionville-Pont-à-Mousson - Inondation par débordement de la Moselle,» 2014.
- [11] DREAL-Lorraine, «Cartographie du risque inondation sur le TRI de Nancy-Damelevères et Saint-Dié-Baccarat - Inondation par débordement de la Meurthe,» 2014.
- [12] DREAL-Lorraine, «Cartographie du risque inondation sur le TRI de Pont-Saint-Vincent - Inondation par débordement du Madon,» 2014.
- [13] DREAL-Lorraine, «Cartographie du risque inondation sur le TRI d'Epinal - Inondation par débordement de la Moselle,» 2014.
- [14] Service de la Navigation de Nancy, «Prévisions des crues et des étiages de la Moselle et de la Meurthe,» Ministère des Transports, 1978.
- [15] SINBIO-BRGM, «SAGE du bassin ferrifère lorrain,» Conseil régional de Lorraine - Agence de l'eau Rhin-Meuse, 2007.

[16] SOGREAH, «Etude de préfiguration du PAPI Meurthe,» DIREN Lorraine, 2008.

ANNEXE 1 CARTES GENERALES

ANNEXE 2 FICHES SYNTHETIQUES DES BASSINS VERSANTS AUX POINTS DE CALCUL

ANNEXE 3 LISTE DES STATIONS HYDROMETRIQUES

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	LX	LY	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A4020610	La Moselle à Fresse-sur-Moselle	La Moselle	71.0	512	933507	2328078	01/01/1972	30/04/2020	48	8.1%
A4050620	La Moselle à Rupt-sur-Moselle	La Moselle	152.0	433	925001	2332336	29/08/1968	29/06/2020	52	3.8%
A4140202	La Moselotte à Vagny [zainvillers]	La Moselotte	184.0	406	926721	2341781	02/11/2005	30/04/2020	14	0.0%
A4142010	La Moselotte à Vagny [ancienne]	La Moselotte	187.0	406	926469	2342030	20/04/1967	14/12/2006	40	1.1%
A4173010	La Cleurie à Cleurie	La Cleurie	63.0	451	924440	2348314	06/08/1970	30/04/2020	50	1.3%
A4200620	La Moselle à Remiremont	La Moselle	589.0	379	917708	2344223	13/10/1993	30/04/2020	27	7.1%
A4200630	La Moselle à Saint-Nabord [Noirgueux]	La Moselle	626.0	371	918465	2349533	01/12/1961	30/04/2020	58	0.2%
A4250640	La Moselle à Épinal	La Moselle	1 217.0	324	906120	2359853	01/01/1960	30/04/2020	60	0.0%
A4302005	La Vologne à Xonrupt-Longemer [Longemer 1]	La Vologne	8.0	738	942995	2352123	27/08/1976	01/01/1979	2	0.0%
A4302010	La Vologne à Xonrupt-Longemer [Longemer 2]	La Vologne	13.2	736	944519	2350542	27/08/1976	02/01/1979	2	17.0%
A4307210	Le Pheny à Gérardmer	Le Pheny	2.9	660	936411	2350236	27/08/1976	03/01/1979	2	12.0%
A4307515	Les Xettes à Gérardmer [Xettes]	Les Xettes	1.3	650	937076	2351148	26/08/1976	30/12/1978	2	17.1%
A4307810	La Rochotte à Gérardmer	La Rochotte	2.0	650	937290	2350587	27/08/1976	03/01/1979	2	17.8%
A4333010	Le Neuné à Laveline-devant-Bruyères	Le Neuné	96.0	442	928195	2363248	26/06/1986	30/04/2020	34	1.0%
A4362020	La Vologne à Cheniménil [ancienne]	La Vologne	355.0	369	917570	2356920	01/01/1969	31/12/1988	20	1.7%
A4362030	La Vologne à Cheniménil	La Vologne	355.0	368	917492	2356810	23/01/1970	30/04/2020	50	28.8%
A4403010	La Niche à Arches [Aneumenil]	La Niche	45.5	375	912552	2352933	01/01/1978	31/12/1979	2	0.0%
A4442010	Le Durbion à Vaxoncourt	Le Durbion	145.0	285	902069	2375044	01/01/1971	09/01/1989	18	0.0%
A4443010	Le Saint-Oger à Deyvillers	Le Saint-Oger	21.3	336	911027	2363747	01/01/1974	30/12/1979	6	0.4%
A4550061	La Moselle à Châtel-sur-Moselle	La Moselle	1 491.0	282	900692	2375918	01/01/2015	30/04/2020	5	0.0%
A4632010	L'Avière à Frizon	L'Avière	105.0	297	899016	2373612	01/01/1970	30/04/2020	50	0.0%
A5002010	L'Euron à Saint-Boingt	L' Euron	36.9	248	903895	2387387	31/01/1980	30/12/2007	28	0.6%
A5012010	L'Euron à Froville	L' Euron	91.9	250	897898	2393329	01/01/1969	21/08/2006	38	16.5%
A5023010	Le Loro à Villacourt	Le Loro	35.4	260	898111	2391123	02/01/1980	26/10/1986	7	9.8%
A5100610	La Moselle à Saint-Mard	La Moselle	1 950.0	238	892265	2397059	01/11/1969	31/12/1974	5	16.1%
A5110608	La Moselle à Velle-sur-Moselle	La Moselle	1 975.0	231	890026	2399859	01/01/2010	30/06/2020	10	0.0%
A5110610	La Moselle à Tonnoy	La Moselle	1 976.0	231	889742	2400271	20/08/1980	30/06/2020	40	7.8%
A5230110	Le Madon à Begnécourt [Heucheloup]	Le Madon	171.0	288	883330	2364085	15/12/2009	31/05/2020	10	0.5%
A5242010	Le Gite à Velotte-et-Tatignécourt	Le Gite	114.0	273	884932	2369241	01/01/1980	31/05/2020	40	0.6%
A5261010	Le Madon à Mirecourt	Le Madon	382.0	262	881916	2374186	10/08/1965	28/09/2006	41	0.0%
A5261020	Le Madon à Mirecourt [crues]	Le Madon	381.0	263	881855	2373952	02/04/1994	31/05/2020	26	5.2%
A5303010	Le Colon à Xaronval	Le Colon	62.1	258	885602	2382120	01/01/1980	30/06/2008	28	2.4%
A5422010	Le Brenon à Autrey	Le Brenon	139.0	228	880870	2399226	01/01/1969	12/06/2007	38	0.7%
A5431010	Le Madon à Pulligny	Le Madon	943.0	225	880198	2400832	20/01/1964	30/05/2020	56	0.0%
A5500610	La Moselle à Pont-Saint-Vincent	La Moselle	3 070.0	215	877583	2407621	16/09/1988	30/04/2020	32	0.2%
A5622010	La Bouvade à Biqueuley	La Bouvade	71.0	215	863384	2409073	01/01/1983	12/02/2008	25	0.0%
A5723010	L'Ingressin à Toul	L' Ingressin	54.7	209	861133	2414582	01/01/1991	01/10/2004	14	1.3%
A5730610	La Moselle à Toul	La Moselle	3 338.0	201	862222	2413846	01/01/1960	30/05/2020	60	0.0%
A5842010	Le Terrouin à Villey-Saint-Étienne	Le Terrouin	169.0	200	868813	2422388	19/08/1970	21/03/1978	8	0.0%
A6001010	La Meurthe à Fraize	La Meurthe	67.0	498	946816	2364252	08/07/1971	30/04/2020	49	1.1%
A6051020	La Meurthe à Saint-Dié	La Meurthe	374.0	336	942777	2375120	11/08/1992	30/06/2020	28	0.0%
A6051020	La Meurthe à Saint-Dié [Ancienne localisation]	La Meurthe	374.0	336	942720	2375131	30/08/1967	10/08/1992	25	0.0%
A6142010	Le Rabodeau à Moyenmoutier	Le Rabodeau	153.0	293	936795	2385606	12/08/1969	31/12/1984	15	0.0%
A6151030	La Meurthe à Raon-l'Étape	La Meurthe	727.0	281	933739	2387698	01/11/1973	30/06/2020	47	76.3%
A6221010	La Meurthe à Azerailles	La Meurthe	960.0	262	922558	2395916	01/01/1984	12/06/2007	23	0.9%
A6232010	La Plaine à Raon-l'Étape [La Trouche]	La Plaine	116.0	290	936074	2389424	01/01/1970	30/04/2020	50	1.0%
A6263410	Le Laxat à Hériménil	Le Laxat	10.7	234	907991	2403491	18/02/1970	31/12/1972	3	34.2%
A6311008	La Meurthe à Baccarat [amont]	La Meurthe	0.0	261	925574	2392494	01/01/2016	30/04/2020	4	0.0%
A6311010	La Meurthe à Baccarat [aval]	La Meurthe	939.0	261	925574	2392494	17/12/1982	30/04/2020	37	24.3%
A6341008	La Meurthe à Lunéville [amont]	La Meurthe	0.0	219	905759	2406300	01/01/2016	30/04/2020	4	0.0%
A6341010	La Meurthe à Lunéville [aval]	La Meurthe	1 105.0	219	905759	2406300	18/12/1982	30/04/2020	37	25.6%
A6411110	La Vezouze à Cirey-sur-Vezouze	La Vezouze	76.0	290	939807	2408187	19/03/1983	30/11/1989	7	0.0%
A6431110	La Vezouze à Frémonville	La Vezouze	108.0	270	935039	2408470	01/04/1990	29/12/2007	18	0.0%
A6431118	La Vezouze à Blâmont [amont]	La Vezouze	0.0	265	932505	2408366	01/01/2010	30/04/2020	10	0.0%
A6431120	La Vezouze à Blâmont [aval]	La Vezouze	113.0	265	932465	2408351	01/01/1996	30/04/2020	24	3.5%
A6443010	Le Vacon à Barbas	Le Vacon	35.4	257	932357	2407029	01/01/1969	17/03/2008	39	18.0%
A6541110	La Vezouze à Thiébauménil	La Vezouze	458.0	231	916370	2406658	20/01/1992	30/04/2020	28	3.2%
A6543010	Le ruisseau des Amis à Marainviller	Le ruisseau des A	35.6	234	916394	2408461	01/01/1984	23/08/2006	23	1.0%
A6571110	La Vezouze à Lunéville	La Vezouze	559.0	220	906111	2407659	01/01/1969	30/04/2020	51	0.9%
A6621210	La Mortagne à Sainte-Hélène	La Mortagne	100.0	320	922699	2375126	12/08/1969	30/12/2009	40	0.0%
A6621212	La Mortagne à Autrey	La Mortagne	0.0	318	922634	2375248	01/01/2010	31/08/2019	10	0.9%

Code HYDRO	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV	Alt	LX	LY	Date Début	Date Fin	Durée	% Lacunes
A6640310	L'Arentèle à Sainte-Hélène [pont rouge]	L' Arentèle	0.0	295	919280	2376483	01/01/2010	31/12/2018	9	8.8%
A6653010	L'Arentèle à Saint-Gorgon	L' Arentèle	63.2	293	919491	2378224	01/01/1991	28/04/2010	19	0.9%
A6701210	La Mortagne à Roville-aux-Chênes	La Mortagne	300.0	271	916844	2383046	17/02/1992	31/07/2019	27	3.1%
A6731210	La Mortagne à Moyen	La Mortagne	482.0	237	912680	2395500				
A6731220	La Mortagne à Gerbéviller	La Mortagne	493.0	233	909528	2395830	01/01/1969	31/12/2019	51	0.8
A6761010	La Meurthe à Damelevières	La Meurthe	2 280.0	211	898715	2403747	09/09/1969	30/06/2020	51	0.1
A6812010	Le Sanon à Lagarde	Le Sanon	73.0	231	922524	2418993	22/10/1969	17/12/2005	36	1.6
A6860001	Le Sanon à Crévic [Tombois]	Le Sanon	255.0	210	900214	2412441	05/01/2019	30/04/2020	1	0.0
A6872010	Le Sanon à Dombasle-sur-Meurthe	Le Sanon	284.0	203	895225	2410733	01/01/1988	30/04/2020	32	0.2
A6903810	Le Petit Rhône à Saint-Nicolas-de-Port	Le Petit Rhône	21.4	213	892188	2409617	18/08/1968	30/12/1988	20	0.0
A6921010	La Meurthe à Laneuveville-devant-Nancy	La Meurthe	2 780.0	200	890035	2412137	31/12/1985	30/04/2020	34	0.0
A6940001	La Meurthe à Malzéville [débitmètre]	La Meurthe	2 960.0	188	882820	2419372				
A6941010	La Meurthe à Malzéville [ancienne]	La Meurthe	2 930.0	189	883563	2418757	01/01/1960	31/12/1990	31	0.0
A6941020	La Meurthe à Malzéville	La Meurthe	2 960.0	188	882800	2419370	01/01/1991	30/04/2020	29	8.2
A6953010	L'Amézule à Lay-Saint-Christophe	L' Amézule	84.8	197	884019	2423461	07/08/1971	23/12/2005	34	0.0
A7010610	La Moselle à Custines	La Moselle	6 830.0	184	878167	2427946	01/01/1973	30/05/2020	47	0.0
A7030620	La Moselle à Blénod-lès-Pont-à-Mousson	La Moselle	6 925.0	177	874540	2436020	01/01/1969	31/12/1970	2	0.0
A7122010	L'Esch à Jezainville	L' Esch	231.0	182	871996	2436180	07/08/1969	31/05/2020	51	2.2
A7213010	Le ruisseau du Trey à Vandières	Le ruisseau du Tr	38.7	181	870697	2445873	12/06/1980	29/06/2008	28	0.0
A7352010	Le Rupt de Mad à Onville	Le Rupt de Mad	358.0	184	865282	2452165	18/08/1964	31/05/2020	56	0.0
A7400061	La Moselle à Corny-sur-Moselle	La Moselle	7 762.0	172	871929	2454550	25/04/2014	31/05/2020	6	0.0
A7424910	Le Montvaux à Châtel-Saint-Germain [Lavoir]	Le Montvaux	12.7	209	873310	2465191	31/03/1979	24/11/1981	3	14.7
A7424920	Le Montvaux à Sainte-Ruffine [Goglo]	Le Montvaux	25.0	174	874784	2463291	22/03/1979	13/10/1981	3	8.1
A7430610	La Moselle à Metz [Pont des Morts]	La Moselle	7 878.0	159	879700	2465080	01/01/1988	31/05/2020	32	25.7
A7434930	Le Montvaux à Moulins-lès-Metz [Château]	Le Montvaux	26.0	167	875480	2462857	22/03/1979	24/11/1981	3	2.3
A7581010	La Seille à Vic-sur-Seille	La Seille	371.0	198	908350	2428776	01/05/1968	31/08/1976	8	0.0
A7581020	La Seille à Moyenvic	La Seille	352.0	199	910989	2428627	23/08/1985	30/04/2020	35	0.5
A7642010	La Petite Seille à Château-Salins	La Petite Seille	143.0	202	906248	2432493	01/01/1969	31/05/2020	51	0.5
A7701010	La Seille à Chambrey	La Seille	559.0	199	902821	2428552	30/12/2002	30/05/2020	17	0.5
A7821010	La Seille à Nomeny	La Seille	925.0	181	885402	2439282	01/01/1969	30/05/2020	51	0.3
A7864310	Le ruisseau de Cherisey à Verny	Le ruisseau de CH	18.2	190	883227	2452294	25/02/1982	31/12/1989	8	0.0
A7881010	La Seille à Metz [pont Lothaire]	La Seille	1 280.0	163	881329	2462728	01/10/1964	20/09/2015	51	1.9
A7881020	La Seille à Metz [Pont Lothaire amont]	La Seille	1 280.0	163	881399	2462800	01/11/2015	30/05/2020	5	0.0
A7930061	La Moselle à Hagondange	La Moselle	9 422.0	154	880255	2479984	26/11/2012	31/05/2020	8	0.0
A7930610	La Moselle à Hauconcourt	La Moselle	9 387.0	155	881399	2476424	01/01/1960	20/02/2013	53	0.1
A8006210	Le ruisseau de Vaux à Morgemoulin	Le ruisseau de Va	42.3	207	836499	2475625	23/06/1984	30/04/2020	36	0.0
A8021010	L'Orne à Étain	L' Orne	138.0	199	840240	2473430	01/01/1997	31/05/2020	23	13.1
A8071010	L'Orne à Boncourt	L' Orne	412.0	185	854948	2468408	01/01/1960	30/06/2020	60	17.7
A8120201	L'Yron à Jarny [droitaumont]	L' Yron	156.0	189	856360	2466308	01/01/2013	31/05/2020	7	13.1
A8122000	L'Yron à Hannonville-Suzémont	L' Yron	150.0	197	855714	2461348	04/12/1998	31/05/2020	21	1.1
A8182010	L'Yron à Jarny [La Cartoucherie]	L' Yron	383.0	187	857265	2467782	01/01/1960	27/02/2003	43	31.2
A8201010	L'Orne à Jarny [Labry]	L' Orne	820.0	186	858644	2469147	01/01/2007	31/05/2020	13	0.0
A8300201	Le Woigot à Tucquegnieux	Le Woigot	20.0	231	858132	2483344	01/01/2013	30/04/2020	7	0.0
A8310300	Le ruisseau de la vallée à Mance	Le ruisseau de la	35.0	212	861438	2480518	23/12/2013	15/09/2019	6	0.0
A8322010	Le Woigot à Briey	Le Woigot	75.8	204	862002	2478122	14/06/1967	31/05/2020	53	0.0
A8401010	L'Orne à Moyeuve-Grande	L' Orne	1 141.0	170	869884	2478683	25/12/2003	30/05/2020	16	0.4
A8420201	Le Conroy à Moyeuve-Petite	Le Conroy	70.0	203	866900	2482653				
A8431010	L'Orne à Rosselange	L' Orne	1 226.0	164	872037	2479633	16/12/1967	30/04/2020	52	11.4
A8500610	La Moselle à Uckange	La Moselle	10 770.0	150	879049	2486710	01/01/1981	30/05/2020	39	0.1
A8603030	Le Veymerange à Terville	Le Veymerange	19.4	156	876829	2489496	01/01/1985	21/03/1987	2	35.1
A8603040	Le Veymerange à Thionville [veymerange]	Le Veymerange	23.0	151	877546	2489603	01/08/2015	30/04/2020	5	0.0
A8612010	La Fensch à Florange [Maisons Neuves]	La Fensch	82.6	152	877540	2487914	01/01/1968	02/07/2002	34	3.1
A8612020	La Fensch à Knutange	La Fensch	28.6	200	868944	2489237	01/10/1984	31/05/2020	36	44.9
A8640300	La Kiesel à Hettange-Grande	La Kiesel	43.0	156	878232	2495426	01/01/2014	31/05/2020	6	0.0
A8712010	La Canner à Bettelainville	La Canner	32.8	95	891620	2479942	29/07/1970	03/01/1989	18	6.3
A8732010	La Canner à Koenigsmacker	La Canner	110.0	148	885829	2495470	01/01/1971	31/05/2020	49	1.6
A8823010	La Boler à Gavisse	La Boler	94.5	149	886557	2499928	22/01/1977	08/11/1983	7	3.0
A8853010	Le ruisseau de Montenach à Sierck-les-Bains	Le ruisseau de M	47.0	180	892198	2500573	16/09/1969	31/12/1984	15	0.0
A8883010	Le ruisseau de Manderen à Manderen	Le ruisseau de M	7.2	262	897425	2501462	01/01/1965	11/02/1982	17	6.4
A8902010	L'Alzette à Audun-le-Tiche	L' Alzette	22.1	290	863281	2504911	23/07/1970	31/12/2006	36	6.0
A8910301	Le Kaelbach à Ottange	Le Kaelbach	53.0	299	867596	2500487	30/12/2014	30/04/2020	5	0.0

ANNEXE 4 JAUGEAGES ET COURBES DE TARAGE

Stations de la Moselle amont

A4050620 – la Moselle à Rupt-sur-Moselle

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	14/03/2017
Jaugeage maximal	
Date	20/12/1993
Hauteur à l'échelle	260 cm
Débit	108 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	< 5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Rupt-sur-Moselle.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de décembre 1993. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour inférieure à 5 ans.

Les jaugeages sont relativement dispersés, aussi bien en hautes eaux qu'en basses eaux. La courbe de tarage actuelle est alignée sur les jaugeages les plus récents qui sont beaucoup moins dispersés que les jaugeages plus anciens (jusqu'aux années 2000).

En particulier, en basses eaux, l'alignement des jaugeages depuis 2010 est assez remarquable.

A4140202 – la Moselotte à Vagney

Deux stations ont été installées sur la Moselotte à Vagney : l'ancienne station a été en service de 1967 à décembre 2006, la nouvelle (Zainvillers) l'est depuis novembre 2005.

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans les tableaux suivants :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	04/10/1995
Jaugeage maximal	
Date	14/11/1972
Hauteur à l'échelle	278 cm
Débit	107 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	nc
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Vagney (ancienne station).

Le jaugeage maximal a été réalisé en novembre 1972. La période de retour du débit jaugé n'est pas évaluée.

Les jaugeages sont relativement dispersés en hautes eaux.

En basses eaux, hormis pour ce qui concerne les jaugeages antérieurs à 1980, la dispersion est moindre. La courbe de tarage donne une valeur plutôt centrale.

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	21/09/2017
Jaugeage maximal	
Date	12/11/2017
Hauteur à l'échelle	175 cm
Débit	108 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	nc
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Vagney (Zainvillers).

Le jaugeage maximal a été réalisé en novembre 2017. La période de retour du débit jaugé n'est pas évaluée.

Peu de jaugeages ont été réalisés en hautes eaux, d'où une faible dispersion des valeurs.

En basses eaux, les mesures sont relativement dispersées : les écarts entre les débits jaugés maximaux et minimaux pour une hauteur donnée peuvent être de l'ordre de 2 m³/s pour des débits inférieurs à 10 m³/s. La courbe de tarage donne une valeur plutôt majorante des débits en suivant l'enveloppe des jaugeages maximaux en basses eaux.

A4200620 – la Moselle à Remiremont

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2007
Jaugeage maximal	
Date	14/01/2004
Hauteur à l'échelle	397 cm
Débit	434 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~ 10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Remiremont.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de janvier 2004. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour légèrement inférieure à 10 ans.

Les jaugeages sont dispersés, aussi bien en hautes eaux qu'en basses eaux. La courbe de tarage actuelle est alignée sur les jaugeages les plus récents qui sont au nombre de 7 depuis 2007.

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées : aucune évaluation des débits inférieurs à 96 m³/s n'est fournie à la station de Remiremont sur la Moselle.

A4200630 – la Moselle à Saint-Nabord

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/02/2012
Jaugeage maximal	
Date	15/02/1990
Hauteur à l'échelle	605 cm
Débit	639 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	20 à 30 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Saint-Nabord.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1990. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans, voire même supérieure à 30 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement alignés avec peu de dispersion. Le nombre de jaugeages en hautes eaux demeure malgré tout assez réduit : 5 jaugeages supérieurs à la crue biennale.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées avec des écarts de l'ordre de ± 1 m³/s par rapport à la courbe de tarage qui fournit des valeurs plutôt centrales

A4362030 – la Vologne à Cheniménil

Deux stations ont été implantés sur la Vologne à Cheniménil, la seconde remplaçant la première en 1988.

Seules les données de la station la plus récente sont présentées ici.

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	05/01/2018
Jaugeage maximal	
Date	15/02/1990
Hauteur à l'échelle	210 cm
Débit	107 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	10 à 20 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Cheniménil.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1990. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de l'ordre de 10 à 20 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement alignés avec peu de dispersion. Le nombre de jaugeages en hautes eaux demeure malgré tout assez réduit : 1 jaugeage supérieur à la crue biennale.

Les valeurs en basses eaux sont dispersées avec des écarts de l'ordre de 2 m³/s pour une même hauteur d'eau. La courbe de tarage fournit des valeurs plutôt majorantes en débit en suivant l'enveloppe des jaugeages maximaux en basses eaux.

A4250640 – la Moselle à Epinal

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	05/01/2018
Jaugeage maximal	
Date	15/02/1990
Hauteur à l'échelle	293,5 cm
Débit	756 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	10 à 20 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Epinal.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1990. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de l'ordre de 10 à 20 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement alignés avec peu de dispersion.

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées au fil du temps avec une tendance à l'abaissement des niveaux de basses eaux (~30 cm). La courbe de tarage est centrée sur les jaugeages les plus récents. Les écarts sont de l'ordre de ±1 m³/s autour de la valeur centrale.

A5110610 – la Moselle à Tonnoy

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	05/01/2018
Jaugeage maximal	
Date	21/12/1993
Hauteur à l'échelle	438 cm
Débit	540 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~2 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Tonnoy.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de décembre 1993. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de l'ordre de 2 ans. Un jaugeage « fictif » a été réalisé lors de la crue de janvier 2018 par corrélation avec un jaugeage réalisé à la station de Velle située toute proche : ce jaugeage correspond environ au débit de crue décennale.

Les jaugeages les plus récents en hautes eaux sont relativement alignés avec peu de dispersion. La courbe de tarage actuelle est construite sur la base de ces jaugeages récents.

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées au fil du temps avec une tendance à l'augmentation des niveaux d'eau de basses eaux (~80 cm avec une relative stabilisation depuis la fin des années 1990). La courbe de tarage est centrée sur les jaugeages les plus récents. Les écarts sont de l'ordre de ± 1 à 2 m³/s autour de la valeur centrale.

A5431010 – le Madon à Pulligny

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	10/12/2010
Jaugeage maximal	
Date	21/12/1993
Hauteur à l'échelle	330 cm
Débit	160 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~2 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Pulligny.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de décembre 1993. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour environ 2 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont peu nombreux. Les plus récents sont peu dispersés autour de la courbe de tarage : pour les plus forts jaugeages, la dispersion est de l'ordre de ± 15 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées même pour ce qui concerne les jaugeages récents. Pour les plus bas débits, la courbe de tarage est sensiblement alignée sur l'enveloppe maximale des jaugeages récents. Certains jaugeages donnent des valeurs inférieures de 1 à 2 m³/s par rapport à la courbe de tarage.

A5500610 – la Moselle à Pont-Saint-Vincent

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	13/10/2006
Jaugeage maximal	
Date	04/02/2021
Hauteur à l'échelle	367 cm
Débit	695 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	2 à 5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Pont-Saint-Vincent.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 2021. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour légèrement supérieure à 2 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement alignés avec peu de dispersion pour ceux réalisés après 1990. Le nombre de jaugeages en hautes eaux demeure malgré tout assez réduit : 4 jaugeages supérieurs à la crue biennale.

Les valeurs en basses eaux sont plus dispersées au fil du temps. La courbe de tarage est centrée sur les jaugeages les plus récents. Les écarts sont de l'ordre de ±1 à 2 m³/s autour de la valeur centrale.

A5730610 – la Moselle à Toul

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2006
Jaugeage maximal	
Date	16/02/1990
Hauteur à l'échelle	466,5 cm
Débit	897 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Toul.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1990. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour d'environ 10 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement dispersés autour de la courbe de tarage qui donne une valeur plutôt centrale : pour les plus forts jaugeages, la dispersion est de l'ordre de ± 100 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont également dispersées. La courbe de tarage est centrée sur les jaugeages les plus récents. Les jaugeages les plus récents sont moins dispersés et présentent des écarts de l'ordre de ± 1 à 2 m³/s autour de la valeur centrale.

Stations du bassin de la Meurthe

A6051020 – la Meurthe à Saint-Dié-des-Vosges

La station de Saint-Dié-des-Vosges sur la Meurthe a été déplacée en 1992.

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	12/06/2020
Jaugeage maximal	
Date	25/05/1983
Hauteur à l'échelle	191,5 cm
Débit	106 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	5 à 10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Saint-Dié-des-Vosges.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de mai 1983. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de 5 à 10 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement dispersés autour de la courbe de tarage qui donne une borne plutôt inférieure : pour les plus forts jaugeages, la dispersion est de l'ordre de ± 20 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont peu dispersées depuis le changement de station en 1992. Les jaugeages les plus récents sont bien alignés sur la courbe de tarage, les écarts sont, dans l'ensemble, inférieurs à 1 m³/s autour de la valeur centrale.

A6151030 – la Meurthe à Raon-l'Etape

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/11/2007
Jaugeage maximal	
Date	17/03/1988
Hauteur à l'échelle	275,5 cm
Débit	142 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	< 5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Raon-l'Etape.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de mars 1988. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour inférieure à 5 ans.

Le débit maximal jaugé se situe assez nettement en dehors de la courbe de tarage. En dehors de ce jaugeage, les écarts pour les plus forts jaugeages sont de l'ordre de ± 15 m³/s. La courbe de tarage donne une valeur plutôt centrale.

Les valeurs en basses eaux sont relativement dispersées autour de la courbe de tarage qui donne également une valeur plutôt centrale. Les écarts sont de l'ordre de ± 1 à 1,5 m³/s autour de la valeur centrale.

A6341010 – la Meurthe à Lunéville

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	08/11/2012
Jaugeage maximal	
Date	04/10/2006
Hauteur à l'échelle	351 cm
Débit	354 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	30 à 50 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Lunéville.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d'octobre 2006. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour comprise entre 30 et 50 ans.

La courbe de tarage actuelle est basée sur les jaugeages les plus récents. La dispersion en hautes eaux est assez réduite.

Les valeurs en basses eaux sont plus dispersées autour de la courbe de tarage qui donne une valeur plutôt centrale. Les jaugeages antérieurs à 1990 s'écartent quant à eux notablement de la courbe de tarage. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de ±1 à 1,5 m³/s autour de la valeur centrale.

Une nouvelle station a été installée à Lunéville (station de Lunéville-amont) pour la prévision des crues. Le jaugeage maximal réalisé à cette station est de 133 m³/s en janvier 2018, soit un débit de période de retour environ 2 ans. Cette station ne fournit pas de débits d'étiages.

A6761010 – la Meurthe à Damelevières

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	14/01/2016
Jaugeage maximal	
Date	04/10/2006
Hauteur à l'échelle	275 cm
Débit	702 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	30 à 50 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Damelevières.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d'octobre 2006. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour comprise entre 30 et 50 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont quelque peu dispersés autour de la courbe de tarage qui donne une valeur plutôt médiane : les écarts peuvent atteindre jusqu'à 50 m³/s environ. Sept jaugeages dépassent le débit de crue biennale.

Les valeurs en basses eaux sont plus dispersées dans l'ensemble. La courbe de tarage est alignée sur les jaugeages les plus récents, ceci donnant une enveloppe supérieure de l'ensemble des jaugeages. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de ±2 m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

A6872010 – le Sânon à Dombasle-sur-Meurthe

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	06/05/2005
Jaugeage maximal	
Date	02/03/2007
Hauteur à l'échelle	372 cm
Débit	50,7 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	5 à 10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Dombasle-sur-Meurthe.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de mars 2007. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

Seuls deux jaugeages ont été réalisés pour un débit supérieur à la crue biennale : le premier en octobre 2006, le second en mars 2007. Ces deux jaugeages donnent des débits très proches pour des hauteurs observées très différentes, la hauteur observée en octobre 2006 étant supérieure de 56 cm. Pour la construction de la courbe de tarage, le jaugeage d'octobre 2006 n'est pas pris en compte car le niveau était influencé par le niveau de la Meurthe en aval de la station.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l'ensemble. La courbe de tarage est alignée sur les jaugeages les plus récents. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de $\pm 0,5$ m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

A6761010 – la Meurthe à Laneuveville

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	10/01/2004
Jaugeage maximal	
Date	14/01/2004
Hauteur à l'échelle	161 cm
Débit	443 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	5 à 10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Laneuveville-devant-Nancy.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de janvier 2004. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

En hautes eaux, la courbe de tarage est construite sur les jaugeages les plus récents. Plusieurs jaugeages assez anciens s'écartent notablement de la courbe de tarage : jusqu'à environ -50 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l'ensemble. La courbe de tarage est alignée sur les jaugeages les plus récents. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de ±1,5 à 2 m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

A6941020 – la Meurthe à Malzéville

La station de Malzéville sur la Meurthe a été déplacée en 1990.

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2011
Jaugeage maximal	
Date	04/10/2006
Hauteur à l'échelle	502 cm
Débit	723 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	30 à 50 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Malzéville.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d'octobre 2006. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour comprise entre 30 et 50 ans.

En hautes eaux, en dehors des jaugeages de 2006, les jaugeages ont été réalisés dans les années 1990 : ces jaugeages s'écartent sensiblement de la courbe de tarage. Plus récemment, le jaugeage le plus important a été réalisé en janvier 2018 pour un débit de l'ordre de 250 m³/s (débit de période de retour inférieure à 2 ans).

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l'ensemble. La courbe de tarage est alignée sur les jaugeages les plus récents. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de ± 2 m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

Stations de la Moselle aval

A7010610 – la Moselle à Custines

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2010
Jaugeage maximal	
Date	04/10/2006
Hauteur à l'échelle	490 cm
Débit	1 640 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~20 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Custines.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d’octobre 2006. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour environ 20 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement nombreux, une dizaine dépassant le débit de la crue biennale. Pour ces jaugeages en hautes eaux, la dispersion demeure modérée autour de la courbe de tarage : les écarts n’excèdent pas ±90 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l’ensemble. Les jaugeages sont « stables » depuis les années 1990 (voir fin des années 1980), les jaugeages antérieurs s’écarteraient notablement de la courbe de tarage. La courbe de tarage donne une valeur plutôt médiane, les écarts sont de l’ordre de ±2 à 3 m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

A7430610 – la Moselle à Hagondange/Hauconcourt 2012-2013

La station d'Hauconcourt sur la Moselle a été remplacée par celle d'Hagondange en 2012-2013.

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans les tableaux suivants :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	10/01/2011
Jaugeage maximal	
Date	11/04/1983
Hauteur à l'échelle	579 cm
Débit	2 080 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	30 à 50 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Hauconcourt.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d’avril 1983. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de 30 à 50 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement nombreux, une douzaine dépassant le débit de la crue biennale. Pour ces jaugeages en hautes eaux, la dispersion demeure modérée autour de la courbe de tarage : les écarts n’excèdent pas ±150 m³/s. La courbe de tarage tend à suivre l’enveloppe inférieure des jaugeages en hautes eaux.

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées, quelle que soit la période de mesure.

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2014
Jaugeage maximal	
Date	07/01/2018
Hauteur à l'échelle	449 cm
Débit	1 120 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	2 à 5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Hagondange.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de janvier 2018. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de 2 à 5 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont peu nombreux, deux dépassant le débit de crue biennale. La dispersion autour de la courbe de tarage est faible.

En basses eaux, la courbe de tarage donne des valeurs plutôt médianes. Les données de jaugeages sont relativement dispersées autour de la courbe avec des écarts de l'ordre de ± 2 à 3 m³/s pour les plus bas débits.

A8500610 – la Moselle à Uckange

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	23/03/2006
Jaugeage maximal	
Date	11/04/1983
Hauteur à l'échelle	665 cm
Débit	2 420 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~50 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Uckange.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue d'avril 1983. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour environ 50 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement nombreux, environ 14 dépassant le débit de la crue biennale. Pour ces jaugeages en hautes eaux, les écarts n'excèdent pas ± 150 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l'ensemble. Les jaugeages sont « stables » depuis les années 2010, les jaugeages antérieurs s'écartant notablement de la courbe de tarage. La courbe de tarage donne une valeur plutôt médiane des jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de ± 2 à 3 m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

Stations des affluents de la Moselle aval

A7122010 – le ruisseau d'Esch à Jézainville

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2008
Jaugeage maximal	
Date	10/02/1970
Hauteur à l'échelle	166 cm
Débit	16,2 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~2 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Jézainville.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1970. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour environ 2 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont ainsi peu nombreux. Au-delà d'une hauteur de 140 cm à l'échelle, la courbe de tarage tend à suivre l'enveloppe inférieure des jaugeages.

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées dans l'ensemble. Les jaugeages sont « stables » depuis les années 2000, les jaugeages antérieurs s'écartant notablement de la courbe de tarage. La courbe de tarage donne une valeur plutôt médiane des jaugeages les plus récents, les écarts sont de l'ordre de $\pm 0,05$ m³/s autour de la valeur donnée par la courbe de tarage.

A7352010 – le Rupt de Mad à Onville

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	23/09/2005
Jaugeage maximal	
Date	10/02/1970
Hauteur à l'échelle	257,5 cm
Débit	57,7 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Onville.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1970. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour environ 5 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont ainsi peu nombreux, Quatre dépassant le débit de la crue biennale. La dispersion autour de la courbe de tarage est de l'ordre de ± 5 m³/s. Le jaugeage de 1970 s'écarte plus significativement de la courbe de tarage (+10 m³/s).

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées quelle que soit la période de mesure, même pour ce qui concerne les jaugeages récents. Les écarts moyens pour les jaugeages les plus récents peuvent être estimés de l'ordre de $\pm 0,2$ m³/s.

A7581020 – la Seille à Moyenvic

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	10/02/2020
Jaugeage maximal	
Date	26/02/1997
Hauteur à l'échelle	308 cm
Débit	39,3 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Moyenvic.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1997. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour environ 10 ans.

Six jaugeages dépassent le débit de la crue biennale. La dispersion autour de la courbe de tarage est de l'ordre de ± 2 à $3 \text{ m}^3/\text{s}$ en hautes eaux.

Les valeurs en basses eaux sont très dispersées quelle que soit la période de mesure, même pour ce qui concerne les jaugeages récents. Les écarts moyens pour les jaugeages les plus récents peuvent être estimés de l'ordre de $\pm 0,2$ à $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les plus faibles débits.

A7642010 – la Petite Seille à Château-Salins

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/08/2019
Jaugeage maximal	
Date	26/02/1997
Hauteur à l'échelle	140 cm
Débit	27,8 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~10 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Château-Salins.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1997. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour environ 10 ans.

Quatre jaugeages dépassent le débit de la crue biennale. La dispersion autour de la courbe de tarage est de l'ordre de ± 2 à 3 m³/s en hautes eaux. Les jaugeages antérieurs à 1980 s'écartent plus notablement de la courbe de tarage.

Avant la fin des années 2000, les jaugeages en basses eaux sont moyennement dispersés. Les données de jaugeages font état de fuites dans un seuil situé en aval de la station (commentaire du 05/09/2011) qui ont pu influencer les mesures de hauteurs d'eau. En conséquence, entre 2009 et 2019, les estimations de débit en basses eaux ne sont pas fournies. Les jaugeages réalisés depuis la mi-2019 montrent une certaine stabilité des mesures en basses eaux : la courbe de tarage a ainsi été étendue en basses eaux à partir de 2019.

Les écarts moyens pour les jaugeages les plus récents peuvent être estimés de l'ordre de $\pm 0,2$ à 0,3 m³/s pour les plus faibles débits.

A7821010 – la Seille à Nomény

La courbe de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2018
Jaugeage maximal	
Date	24/12/1993
Hauteur à l'échelle	300 cm
Débit	90,8 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugeé	~5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Nomény.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de décembre 1993. Le débit jaugeé correspond à un débit de crue de période de retour environ 5 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont assez nombreux, une dizaine dépassant le débit de crue biennale. La dispersion des jaugeages en hautes eaux est assez marquée avec des écarts de l'ordre ± 8 m³/s autour de la valeur centrale. La courbe de tarage, alignée sur les jaugeages les plus récents, tend à suivre l'enveloppe inférieure des jaugeages.

Les jaugeages en basses eaux sont relativement dispersés. La courbe de tarage donne une valeur plutôt médiane. Les écarts moyens pour les jaugeages les plus récents peuvent être estimés de l'ordre de $\pm 0,5$ m³/s pour les plus faibles débits.

A7881020 – la Seille à Metz (Pont Lothaire)

La station de Metz sur la Seille été déplacée plus en amont en 2015.

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans les tableaux suivants :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/11/2015
Jaugeage maximal	
Date	26/02/1997
Hauteur à l'échelle	480 cm
Débit	173 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~20 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Metz Pont Lothaire.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1997. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour d'environ 20 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont relativement nombreux, une quinzaine dépassant le débit de la crue biennale. Pour ces jaugeages en hautes eaux, la dispersion demeure modérée autour de la courbe de tarage : les écarts n'excèdent pas ±15 m³/s.

Les valeurs en basses eaux sont dispersées, avec une modification nette du comportement au début des années 2000. Les jaugeages depuis le début des années 2000 demeurent relativement dispersés avec des écarts autour de la médiane de l'ordre de ±0,3 à 0,4 m³/s pour les plus bas débits.

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/10/2020
Jaugeage maximal	
Date	23/01/2018
Hauteur à l'échelle	370 cm
Débit	96,6 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	2 à 5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Metz Pont Lothaire amont.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de janvier 2018. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour de 2 à 5 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont peu nombreux, cinq dépassant le débit de crue biennale. La dispersion autour de la courbe de tarage est de l'ordre de ± 5 m³/s.

En basses eaux, la courbe de tarage s'écarte nettement du nuage des points de jaugeages avec une tendance à la sur-estimation. Pour les plus bas débits, l'écart peut atteindre 0,5 à 0,6 m³/s.

A8071010 – l'Orne à Boncourt

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2018
Jaugeage maximal	
Date	01/06/2016
Hauteur à l'échelle	388 cm
Débit	74,6 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	~5 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Boncourt.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de juin 2016. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour d'environ 5 ans.

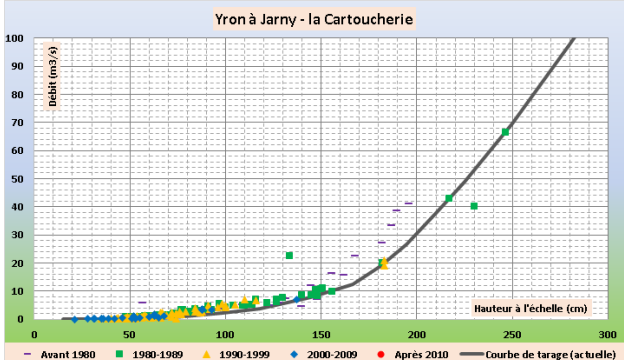
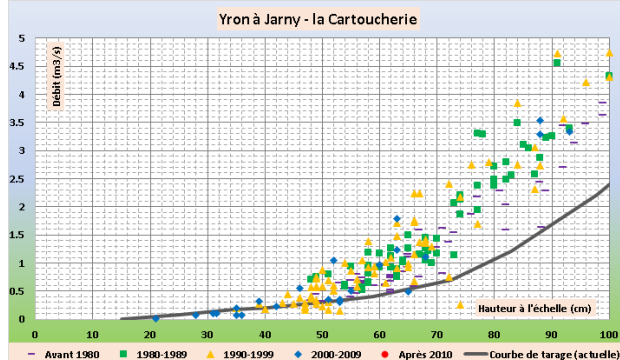
Les jaugeages en hautes eaux sont peu nombreux, seuls deux dépassant le débit de la crue biennale. Pour ces jaugeages en hautes eaux, la dispersion peut être importante selon l'ancienneté des jaugeages. A noter par ailleurs la forme particulière de la courbe de tarage qui s'appuie sur les jaugeages les plus récents.

Les valeurs en basses eaux sont dispersées, avec des modifications marquées dans le temps. La courbe de tarage est construite sur les jaugeages les plus récents, avec des écarts autour de la médiane de l'ordre de $\pm 0,04$ à $0,05$ m³/s pour les bas débits.

La dispersion des jaugeages des années 1980 apparaît plus marquée que pour les jaugeages postérieurs.

A8182010 – l'Yron à Jarny (La Cartoucherie)

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	01/01/2002
Jaugeage maximal	
Date	26/03/1988
Hauteur à l'échelle	246,5 cm
Débit	66,3 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	<2 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits
	

Courbe de tarage et jaugeages à Jarny-La Cartoucherie.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de mars 1988. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour inférieure à 2 ans.

Les jaugeages en hautes eaux sont ainsi peu nombreux. La dispersion est assez marquée avec des écarts de l'ordre de ±12 m³/s autour de la courbe de tarage.

Les valeurs en basses eaux sont dispersées, avec des écarts autour de la médiane de l'ordre de ±0,15 m³/s pour les plus bas débits.

A8431010 – l'Orne à Rosselange

Les courbes de tarage et les jaugeages sont donnés dans le tableau suivant :

Courbe de tarage	
Mise à jour de la courbe	12/12/2007
Jaugeage maximal	
Date	15/02/1990
Hauteur à l'échelle	361,5 cm
Débit	273 m ³ /s
Période de retour du débit maximal jaugé	10 à 20 ans
Courbe de tarage et jaugeages	Zoom sur les bas débits

Courbe de tarage et jaugeages à Rosselange.

Le jaugeage maximal a été réalisé lors de la crue de février 1990. Le débit jaugé correspond à un débit de crue de période de retour compris en 10 et 20 ans.

Sept jaugeages dépassent le débit de crue biennale. Ils sont relativement dispersés autour de la courbe de tarage qui donne une valeur plutôt médiane, avec des écarts de l'ordre de ± 25 m³/s

Les valeurs en basses eaux sont assez dispersées ; En particulier, plusieurs jaugeages des années 1990 s'écartent notablement des autres nuages de points. La courbe de tarage donne une valeur plutôt médiane. Pour les jaugeages les plus récents, les écarts autour de la médiane sont de l'ordre de $\pm 0,5$ m³/s pour les plus bas débits.

ANNEXE 5 CRUES SUPERIEURES A LA CRUE QUINQUENNALE SUR LES SOUS-BASSINS DE LA MOSELLE DEPUIS 1970

Q5	DATE	Moselle à Nabor	401	Moselle à Epinal	526	Madon à Pullygny	219	Moselle à Toul	738	Meurthe à saint Dié	98	Meurthe à Raon l'Étape	155	Meurthe à Damelevières	380	418	Moselle à Custines	1257	Exch à Jézainville	21	Rupt-de-Mad à Oméville	58	Seille à Nomény	89	Seille à Metz	106	Moselle à Hagondange	1238	Orme à Roselange	208	Moselle à Urchange	1378
	févr.-70	403	506	506	506	165	675	675	77	77	77					464	1060	1060	19	19	71	81	81	90	90	1230	149	149	1370			
	mar.-70	137	216	216	216	157	517	517	62	62	62					536	1100	1100	32	32	155	133	133	118	118	1220	202	202	1340			
	nov.-72	526	642	642	642	205	891	891	129	129	129					180	888	888	7	7	30	51	51	56	56	1110	105	105	1220			
	févr.-78	137	204	204	204	181	534	534	47	47	47					374	888	888	21	21	50	83	83	94	94	1030	136	136	1160			
	févr.-79	225	318	318	318	172	660	660	102	102	102					382	1080	1080	16	16	44	84	84	128	128	1230	194	194	1380			
	févr.-80	344	431	431	431	192	786	786	69	69	69					245	1110	1110	24	24	56	99	99	119	119	1340	166	166	1460			
	oct.-81	252	305	305	305	157	491	491	36	36	36					297	732	732	20	20	74	68	68	143	143	836	268	268	1120			
	déc.-81	349	459	459	459	178	687	687	100	100	100					337	992	992	22	22	53	73	73	121	121	1100	224	224	1080			
	oct.-82	427	497	497	497	141	677	677	45	45	45					304	302	302	2	2	4	41	41	41	41	1000	42	42	949			
	déc.-82	391	526	526	526	194	814	814	96	96	96					497	1380	1380	19	19	63	101	101			1530	202	202	1670			
	avr.-83	524	717	717	717	262	1190	1190	137	137	137					774	2000	2000	22	22	58	88	88			2080	236	236	2360			
	mar.-83	224	408	408	408	230	846	846	152	152	152					729	1770	1770	37	37	81	120	120	160	160	2050	227	227	2090			
	janv.-84	477	558	558	558	151	648	648	45	45	45					190	957	957	15	15	46	46	46	60	60	910	145	145	957			
	févr.-84	420	547	547	547	116	687	687	57	57	57					245	1050	1050	19	19	46	47	47	67	67	1080	208	208	1620			
	oct.-86	491	547	547	547	159	676	676	42	42	42					228	1030	1030	10	10	39	53	53	52	52	1060	122	122	1040			
	déc.-86	270	329	329	329	166	538	538	51	51	51					244	858	858	18	18	64	64	64	36	36	921	147	147	959			
	mars-88	274	366	366	366	193	704	704	90	90	90					328	1110	1110	20	20	65	75	75	87	87	1170	234	234	1300			
	déc.-88	253	479	479	479	272	777	777	72	72	72					388	1190	1190	19	19	32	64	64	66	66	1170	145	145	1120			
	févr.-90	639	805	805	805	203	866	866	148	148	148					414	1340	1340	22	22	89	69	69	123	123	1370	279	279	1560			
	janv.-91	208	285	285	285	97	423	423	39	39	39					213	728	728	21	21	12	51	51	27	27	852	147	147	826			
	déc.-91	449	540	540	540	113	633	633	137	137	137					236	877	877	5	5	12	27	27	39	39	852	55	55	826			
	janv.-94	336	412	412	412	203	739	739	74	74	74					307	1120	1120	23	23	86	96	96	146	146	1290	318	318	1330			
	janv.-95	539	700	700	700	217	960	960	76	76	76					254	1250	1250	24	24	56	85	85	115	115	1330	276	276	1320			
	nov.-96	209	289	289	289	231	737	737	70	70	70					318	1070	1070	8	8	23	61	61	46	46	959	47	47	970			
	févr.-97	252	314	314	314	212	708	708	60	60	60					315	1170	1170	34	34	98	94	94	174	174	1160	256	256	1450			
	oct.-98	380	523	523	523	197	791	791	79	79	79					486	1210	1210			13	43	43	48	48	1050	168	168	1160			
	févr.-99	279	397	397	397	107	537	537	96	96	96					410	998	998			28	55	55	56	56	993	88	88	1040			
	mars-99	226	322	322	322	230	786	786	47	47	47					500	1750	1750			13	75	75	78	78	1180	65	65	1220			
	déc.-99	318	462	462	462	245	749	749	82	82	82					423	1170	1170	18	18	66	82	82	102	102	1130	154	154	1230			
	mars-01	245	409	409	409	169	531	531	60	60	60					292	854	854	17	17	42	85	85	113	113	980	188	188	1140			
	déc.-01	468	625	625	625	320	1040	1040	102	102	102					460	1440	1440	27	27	44	125	125	140	140	1430	218	218	1590			
	janv.-04	455	566	566	566	248	819	819	68	68	68					428	1250	1250	19	19	34	94	94	112	112	1150	105	105	1270			
	oct.-06	267	423	423	423	371	978	978	167	167	167					716	1850	1850	4	4	5	40	40	41	41	1710	15	15	1640			
	mars-07	301	428	428	428	237	648	648	67	67	67					308	1070	1070	18	18	42	58	58	69	69	1050	128	128	1150			
	déc.-10	262	327	327	327	270	718	718	76	76	76					396	1160	1160	16	16	51	51	51	139	139	1360	187	187	1370			
	déc.-11	448	487	487	487	243	768	768	82	82	82					246	1090	1090	11	11	35	37	37	46	46	1130	108	108	1110			
	févr.-13	332	411	411	411	165	678	678	99	99	99					289	972	972	11	11	27	61	61	73	73	939	65	65	1050			
	oct.-13	100	154	154	154	146	472	472	108	108	108					261	622	622	6	6	21	32	32	241	241	50	50	618	56	56	637	
	juin-16	112	162	162	162	110	359	359	80	80	80					213	477	477	15	15	37	32	32	42	42	549	209	209	728			
	janv.-18	524	619	619	619	159	774	774	97	97	97					284	1110	1110	14	14	40	85	85	99	99	1120	172	172	1380			
	févr.-20	356	425	425	425	120	588	588	91	91	91					315	903	903	16	16	44	91	91	100	100	998	151	151	1120			

ANNEXE 6 FICHES EVENEMENTS DE CRUES

ANNEXE 7 ETIAGES 1960-2019

Les premières lignes donnent les valeurs statistiques du QMNA : la valeur médiane (2 ans), la valeur à 5 ans sec et celle à 10 ans sec. Ces valeurs statistiques sont estimées sur les séries observées, donc influencées par les aménagements hydrauliques (barrages de Vieux-Pré et Madine notamment).

ANNEE	Moselle à Saint-Nabord	Moselle à Epinal	Madon à Pulligny	Moselle à Toul	Meurthe à Saint-Dié	Meurthe à Raon-l'Étape	Meurthe à Damelevières	Meurthe à Malzeville	Moselle à Custines	Exch à Jécainville	Rupt-de-Mad à Onville	Seille à Nomeny	Seille à Metz	Moselle à Hagondange	Orne à Rosslange	Moselle à Urckange
1960	1.55	4.47	1.00	6.25	1.15	2.51	6.39	6.69	16.91	0.05	0.41	0.85	0.97	17.21	0.88	19.81
QMNA-5	2.10	5.40	1.20	7.77	1.44	2.95	7.42	8.03	19.55	0.08	0.41	1.05	1.19	21.17	1.23	22.64
QMNA-2	3.59	7.75	1.60	11.28	2.04	4.00	9.63	10.91	25.80	0.13	0.59	1.45	1.65	30.13	2.00	29.64
1961		9.869		16.619				10.953						35.955		
1962	1.127	4.922		8.657				11.603						27.667		
1963	5.598	10.555		7.682				5.757						16.111		
1964	1.529	3.658	1.000	9.079				5.252						15.647		
1965	8.188	14.598	1.555	14.002				15.387			0.502	1.934	1.934	36.445		
1966	9.275	14.510	2.021	21.071				14.061			0.716	1.669	1.669	48.123		
1967	5.061	9.134	1.524	12.540				9.506			0.370	1.434	1.434	31.913		
1968	4.560	8.594		15.342	2.499			13.866			0.632		1.937	40.242		
1969	2.483	7.424	1.704	9.618	1.784			15.256			0.914	1.840	2.007	25.905		
1970	10.751	17.781	2.336	25.752	3.486		14.100	11.832		0.134	0.531	2.390	2.007	44.374		
1971	1.951	5.200	1.081	5.244	1.224		5.995	5.851		0.115	0.210	0.949	1.406	15.478		
1972	3.451	7.152	0.924	8.395	1.705		6.924	6.871		0.209	0.425	1.416	1.837	23.552		
1973	4.883	9.445	1.490	10.388	2.216		5.998	7.180	20.563	0.037	0.800	0.925	1.418	21.123		
1974	4.118	8.956	0.917	12.252	1.919	2.944	5.615	5.711	19.268	0.048	0.416	1.203	1.905	22.916		
1975	6.693	11.101	1.386	13.929	2.821		9.545	10.918	28.797	0.082	0.566	1.954	1.922	30.048		
1976	1.066	3.156	0.738	4.612	1.062	2.046	3.529	4.893	9.139	0.017	0.448	0.924	0.933	11.463	1.489	
1977	7.159	12.497	1.891	12.859	1.671	4.382	8.235	10.044	27.403	0.183	0.481	1.685	1.529	33.994		
1978	5.042	9.961	1.601	10.941	2.768	5.544	10.489	13.067	27.467	0.074	0.852	2.180	2.855	32.460		
1979	3.745	6.616	1.695	13.187	2.049	4.423	9.398	11.484	27.555	0.328	0.479	1.258	2.052	35.942	2.375	
1980	9.368	15.929	2.192	21.807	4.427	8.712	15.567	19.360	58.390	0.343	1.172	2.720	3.444	60.687	4.246	
1981	9.175	11.076	2.248	24.103	2.707	6.431	13.744	21.090	46.150	0.194	0.654	1.982	2.684	47.323	4.627	62.597
1982	9.024	14.981	2.066	18.470	3.061	5.740	10.440	13.292	36.950	0.113	0.470	2.005	2.684	45.030	2.226	49.200
1983	1.552	5.244	1.958	9.397	2.950	3.751	7.361	10.749	27.026	0.203	0.477	1.236	1.798	26.469	3.679	30.597
1984	4.214	10.385	1.990	16.358	3.080	7.201	13.639	13.812	32.167	0.111	0.620	1.270	1.866	40.374	2.415	37.916
1985	1.774	3.794	1.395	9.376	1.246	3.191	6.410	7.481	17.232	0.133	0.421	1.103	1.404	1.404	1.901	21.516
1986	9.188	18.534	2.337	19.799	3.296	6.590	15.342	14.443	40.452	0.213	0.940	1.674	2.065	83.655	45.906	
1987	8.125	14.968	2.236	19.061	4.461	7.584	16.153	14.890	45.967	0.416	1.536	2.488	2.827	62.297	5.939	60.413
1988	4.290	8.050	1.724	9.083	1.995	4.714	13.549	14.794	30.000	0.177	1.012	1.760	1.798	31.726	2.436	45.242
1989	2.403	5.318	1.650	7.931	1.781	3.737	3.135	3.941	23.043	0.129	0.813	1.339	1.338	27.050	1.885	32.900
1990	3.710	4.905	1.956	6.719	1.492	2.516	6.367	6.436	16.700	0.143	0.582	1.237	1.112	18.532	1.601	22.081
1991	3.710	6.080	1.204	7.428	1.299	2.183	5.898	4.077	18.316	0.047	0.527	1.138	1.006	16.163	1.809	20.871
1992	1.657	4.610	1.927	5.761	1.572	3.135	9.804		23.584	0.115	0.577	1.393	1.160	19.945	1.815	23.171
1993	5.596	9.815	1.487	11.216	1.773	4.135	9.208		27.487	0.056	0.711	1.409	0.999	36.619	1.229	29.284
1994	1.698	5.208	1.627	7.806	2.275	5.086	11.208	13.055	25.810	0.219	0.710	1.174	1.878	29.452	2.306	33.087
1995	3.867	8.093	1.466	11.688	2.244	4.669	12.062		27.619	0.177	1.023	2.887	2.159	38.987	1.520	42.255
1996	2.200	4.565	0.892	7.784	3.493	3.493	8.876	11.407	25.373	0.087	0.639	1.483	1.100	21.233	0.424	21.787
1997	3.583	5.934	1.905	10.136	1.487	3.841	8.806	16.790	27.557	0.274	0.493	1.662	1.755	35.783	0.522	26.017
1998	2.885	6.895	1.727	10.619	1.568	3.994	8.829		27.081	0.274	0.565	1.301	1.253	26.258	0.806	26.106
1999	4.917	9.708	1.559	15.203	2.026	4.969	10.344	11.424	32.273		0.875	2.260	2.485	30.930		30.937
2000	8.134	12.564	1.817	24.247	2.786	6.921	17.900		49.790	0.351	1.044	2.115	2.387	60.245	4.086	59.373
2001	6.924	11.720	2.081	17.788	2.093		10.120	11.834	35.839		0.531	1.246	2.803	35.677	2.733	37.400
2002	3.777	9.986	1.499	14.018	2.390		13.688	27.413	26.352	0.135	0.580	1.411	1.411	31.945	1.765	35.490
2003	1.132	3.188	0.806	5.328	0.616	3.818	8.275	9.435	18.379	0.080	0.627	1.046	1.160	19.934	1.135	22.626
2004	10.743	1.862	1.862	11.964	2.122	3.918	9.635	10.493	26.003	0.120	0.708	1.078	1.095	30.176	1.462	30.448
2005	4.478	8.522	1.479	12.720	1.911	4.417	9.228	15.290	26.561	0.089	0.448	1.560	0.952	33.732	1.799	32.665
2006	2.811	6.795	1.659	10.576	1.685	4.457	10.417	11.026	21.148	0.137	0.624	1.097	1.054	22.648	2.201	26.435
2007	5.016	10.373	2.002	15.977	3.164	4.492	13.394	30.755	36.775	0.133	0.861	2.760	2.719	44.455	1.941	46.561
2008	3.348	7.769	2.002	12.004	2.621	4.492	11.189	11.265	40.551	0.133	0.506	1.795	1.965	27.323	2.795	32.084
2009	2.748	5.730	1.304	8.616	1.419	3.911	9.313	9.933	22.357	0.133	0.511	1.476	2.005	24.994	1.620	22.747
2010	2.494	6.562	1.475	9.553	1.997	3.901	10.847	13.282	27.466	0.135	0.542	1.246	1.475	23.974	1.865	24.059
2011	2.668	7.006	1.486	10.141	1.794	3.615	9.831		26.352	0.140	0.595	1.233	1.422	19.399	2.510	25.610
2012	3.521	8.723		10.688	1.828	3.603	9.476		25.148	0.148	0.580	1.048	1.143	1.726	2.826	32.216
2013	2.047	6.297	3.058	11.899	2.112	4.119	9.863		27.655	0.183	0.557	1.166	1.116	30.377	2.866	32.826
2014	3.219	7.444	1.170	10.831	1.755	3.182	9.642		21.600	0.126	0.500	1.014	1.434	25.060	1.959	22.023
2015	1.725	4.554	1.093	7.370	1.368	2.652	8.365		20.200	0.083	0.481	0.869	0.869	24.368	1.458	20.726
2016	1.819	6.439	1.936	8.811	1.587	2.810	9.061		23.657	0.104	0.475	1.275	1.638	24.868	1.896	26.420
2017	2.605	5.529	1.295	7.079	1.798	3.067	8.651		19.726	0.065	0.469	0.954	1.271	24.832	0.962	18.420
2018	1.284	4.371	1.078	3.877	1.194	1.950	7.840		15.903	0.045	0.539	0.981	1.151	16.528	1.425	18.139
2019	2.448	5.105	0.648	4.621	1.304	1.936	8.120		14.590	0.047	0.471	0.665	0.780	17.093	1.160	16.410