THOMAS Nicolas



Année 2007-2008

Rapport de stage Master GESMARE 2^{ème} année

Elaboration d'un indice hydrologique basé sur la disparité des débits et les événements hydrologiques associés

Réalisé du 14 janvier 2008 au 4 juillet 2008 Au sein de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse



Sous la direction de

- a) M, Auer Jean-Claude, tuteur professionnel et de
- b) M, Gilles Emmanuel, tuteur universitaire

Mémoire soutenu le 08 septembre 2008 devant le jury composé de

- Monsieur Alain IZART, responsable de la formation Hydrologie Hydrogéologie
- Monsieur Gérard MASSON, responsable de la formation Hydrobiologie
- M, Auer Jean-Claude, tuteur professionnel
- M, Gilles Emmanuel, tuteur universitaire

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier Mr Daniel BOULNOIS, directeur de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ainsi que Mr Patrick WEINGERTNER, sous-directeur et chef de la Division Planification Etudes Milieux, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage à l'Agence.

Je remercie tout particulièrement Mr Jean-Claude AUER, de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ainsi que Mrs Didier FRANCOIS, et Emmanuel GILLES du Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz pour m'avoir supervisé, conseillé et aiguillé durant toute la durée de mon stage.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, et notamment Mrs Jean-Michel BRESSON, Jean-François GROSJEAN et Thierry JACQUIN de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Enfin, je tiens également à remercier l'ensemble du personnel de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse pour leur gentillesse et leur accueil au premier lieu duquel je souhaiterai nommé Joëlle DESPREZ et Frédéric WEBER.

SOMMAIRE

Résumé du	rapport	5
Tables des	matières	6
Présentatio	n de la structure d'Accueil	9
Rapport de	stage	10
I Introd	luction	10
II Préser	ntation générale du cadre de l'Etude	11
II.1 Pr	ésentation générale du bassin Rhin-Meuse	11
II.1.1 I	Découpage administratif du bassin Rhin-Meuse	11
II.1.2F	Hydrographie du bassin Rhin-Meuse	12
II.1.30	Climat du bassin Rhin-Meuse	13
II.2 Et	at des rivières du bassin : Etude de la relation débit qualité	14
II.2.1 E	Etude de la qualité physico-chimique du milieu	14
II.2.2 F	Relation débit-qualité	16
III Influe	nce des conditions hydroclimatiques sur la qualité	18
III.1 M	éthodologie employée	18
III.1.1	Choix des stations de mesure et saisie des données	18
III.1.2	Saisie des données de travail et incertitudes	20
III.1.3	Etude comparative du régime hydrologique et de la pluviométrie	23
III.1.4	Caractérisation du régime hydroclimatique	23
III.2 Re	elation entre l'indice hydrologique et les analyses de qualité	28
III.2.1	Analyse des résultats :	28
III.2.2	Elaboration d'une grille de suivi des prélèvements	32
III.2.3	Indice de prélèvement et qualité des rivières	35
IV Indice	hydrologique et relation qualité	37
IV.1 El	aboration de l'indice hydrologique	37
IV.1.1	Choix des stations	37
IV.1.2	Comparaison des écarts-types	37
IV.1.3	Etudes des paramètres hydrologiques	39

Bibliogi	aphie	62
Conclus	ion	61
IV 2 2	Récultate	50
IV.2.1	Evaluation de la corrélation	58
7.2 Cor.	rélation de la variabilité des débits à la qualité	58
IV.1.5	Elaboration de l'indice hydrologique	54
IV.1.4	Récapitulatif des caractéristiques par années	53
	IV.1.5 V.2 Corr IV.2.1 IV.2.2 Conclus	IV.1.4 Récapitulatif des caractéristiques par années

RESUME DU RAPPORT

La variable débit est sans doute dans l'étude du suivi hydrologique des cours d'eau et de la qualité chimiques des rivières, une variable d'étude majeure.

Toutefois elle seule, dans la manière dont elle est abordée aujourd'hui, ne suffit plus à expliquer les variations de qualité.

Au travers de ce travail, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a cherché à renouveler l'approche de cette variable en y incluant des paramètres explicatifs nouveaux.

Analysant la donnée débit sous l'angle de la variabilité et non plus de la simple valeur chiffrée, ce rapport s'est employé à mettre en évidence la caractérisation d'un indice hydrologique et d'une note de prélèvement pour tenter d'aborder les résultats de qualité d'une manière plus globale et plus complète

TABLE DES MATIERES

Figures figurant dans le rapport

Figure 1 Evolution du taux de matières organiques	14
Figure 2 Evolution du taux de matières azotées	15
Figure 3 Evolution du taux de composés phosphorés	15
Figure 4 Evolution comparée du débit et de la concentration en ammonium	17
Figure 5 Détermination de la période hydrologique	24
Figure 6 Résultats de l'ACP	28
Figure 7 Influence de la période sur la qualité	29
Figure 8 Influence de la phase hydrologique sur la qualité	30
Figure 9 Influence de l'hydraulicité sur la qualité	31
Figure 10 Influence de la pluviométrie sur la qualité	32
Figure 11 Etude du poids des paramètres sur la qualité	33
Figure 12 Evolution de l'indice de prélèvement	34
Figure 13 Impact sur les matières organiques	35
Figure 14 Impact sur les matières azotées	35
Figure 15 Impact sur les matières phosphorées	35
Figure 16 Evolution de l'écart-type annuel du débit	37
Figure 17 Courbe des débits classés	40
Figure 19 Evolution du nombre de séquences basses par année	43
Figure 20 Evolution de la durée des séquences basses par année	43
Figure 21 Evolution du volume écoulé en périodes basses	44
Figure 22 Evolution du nombre de séquences hautes par année	46
Figure 22 Evolution de la durée des séquences hautes par année	47
Figure 23 Evolution de la durée des séquences hautes par période	48
Figure 24 Evolution du volume écoulé en séquences hautes	49
Figure 25 Reconstitution du débit de base	50
Figure 26 Evolution du débit de base	51
Figure 27 Evolution de l'ampleur du débit de base	52
Figure 28 Evolution de l'ampleur du débit de base par période	52
Figure 29 Représentation ACP des années	56
Figure 30 a et b Evolution de l'indice hydrologique	57

Cartes figurant dans le rapport

Carte 1 Découpage administratif du bassin	11												
Carte 2 Réseau hydrographique du bassin	12												
Carte 3 Précipitations annuelles du bassin Rhin-Meuse													
Carte 4 Répartition des stations pluviométriques sur le bassin	19												
Tableaux Connent donale vernout													
Tableaux figurant dans le rapport													
Tableau I Evaluation de la corrélation moyenne entre le débit et la qualité	16												
Tableau II Stations sélectionnées pour l'étude des caractéristiques hydrologiques	20												
Tableau III Débits journaliers à la station de Saint-Dié-des-Vosges (2004)	20												
Tableau IV Données pluviométriques journalières (Clefcy, 2004)	21												
Tableau V Incertitudes sur la pluviométrie liées à l'échantillonnage	22												
Tableau VI Incertitudes sur la pluviométrie liées à la mesure	22												
Tableau VII Extrait de la typologie des prélèvements à la station de Barbas	25												
Tableau VIII Résultats de la caractérisation des prélèvements	26												
Tableau IX Analyse de la caractérisation par phase hydrologique	27												
Tableau X Grille d'analyse des prélèvements	33												
Tableau XI Écart-type annuel des débits	38												
Tableau XII Écart-type des débits par période	39												
Tableau XIII Caractérisation générale des années de l'étude	53												
Tableau XIV Corrélation entre les paramètres de l'indice hydrologique	54												
Tableau XV Résultats de l'ACP	55												
Tableau XVI Résultat de la corrélation sur la moyenne	59												
Tableau XVII Résultat de la corrélation à l'indice hydrologique													

Annexes

Annexe a presentation generale de la station de la meurthe	63
Annexe b presentation generale de la station du vacon	64
Annexe c presentation generale de la station de l'orne	65
Annexe d presentation generale de la station de l'euron	66
Annexe e presentation generale de la station de la moselle	67
Annexe f resultats de l'etude des prelevements par stations	68
Annexe g bareme d'evaluation	71
Annexe h positionnement des stations hydrometrique sur le bassin rhin-meuse	72
Annexe i recapitulatif des caracteristiques des stations hydrometriques	73
Annexe j tableau recapitulatif des influences sur la qualite physico-chimique	74

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Les agences de l'eau sont des établissements publics de l'Etat créés par la loi sur l'eau de 1964. Elles dépendent du ministère de l'écologie du développement et de l'aménagement durables.

Les agences de l'eau mettent en œuvre les orientations prioritaires de l'Etat et ses engagements européens, notamment la directive cadre sur l'eau et la directive sur les eaux résiduaires urbaines. Elles s'organisent autour de 6 grands bassins hydrographiques formant le territoire des six agences de l'eau.

Au niveau de son territoire, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse construit puis met en œuvre les objectifs des schémas directeurs d'aménagement des eaux (SDAGE) et des schémas de gestion des eaux (SAGE), mis en place et validés par le comité de bassin, y compris pour les aspects liés à l'eau potable, la régulation des crues et le développement durable des activités économiques.

Elle met en œuvre par des mesures financières et par son appui technique, des opérations d'intérêt général au service de l'eau et de l'environnement du bassin : la lutte contre la pollution des eaux, la protection et la restauration des ressources en eau (rivières et nappes) et des milieux aquatiques naturels. Elle est chargée de faciliter les actions d'intérêt commun au bassin (études, recherches, ouvrages...).

Son appui au service de l'eau est assuré par les redevances qu'elle perçoit sur les usagers de l'eau (habitants, acteurs économiques) selon le principe "pollueur-payeur" et qu'elle redistribue sous forme d'aides financières aux maîtres d'ouvrage privés ou publics qui concourent à la lutte contre la pollution des eaux, à l'amélioration de la répartition de la ressource en eau, à la protection et la restauration des milieux aquatiques naturels, et enfin à la reconquête de la qualité des eaux dans l'intérêt commun du bassin.

RAPPORT DE STAGE

I <u>INTRODUCTION</u>

Depuis sa création en 1960, l'AERM a pour but de financer des projets liés à la thématique de l'eau sur l'ensemble du bassin Rhin-Meuse. Elle a alors longuement pu par le biais des redevances sur la consommation en eau des collectivités et des industriels inciter des politiques de l'eau novatrices et conquérantes.

Ainsi, l'agence a mis en place dans le cadre d'une politique de reconquête de la qualité des eaux un suivi régulier de l'état de la ressource au travers du suivi de divers paramètres physico-chimiques tels que les composés phosphorés, les matières azotées et organiques. Suite à l'intervention européenne dans la gestion de l'eau à l'échelle communautaire, le programme de l'agence s'est élargi par la mise en place d'un objectif supplémentaire : atteindre un bon état qualitatif des masses d'eau en 2012.

L'ensemble des efforts fournis par l'agence et par ses partenaires depuis la mise en action des programmes de suivi et d'actions a permis d'améliorer significativement la qualité des eaux comme nous le verrons dans une brève introduction sur l'état actuel des masses d'eau superficielles.

Cependant, en dépit des efforts consentis, les résultats des analyses de contrôle montrent contre toute attente, une baisse de la qualité sur l'ensemble des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse en 2006 (ce phénomène ne s'étant pas reproduit en 2007) revenant sur la logique d'amélioration observée depuis plus de 20 ans.

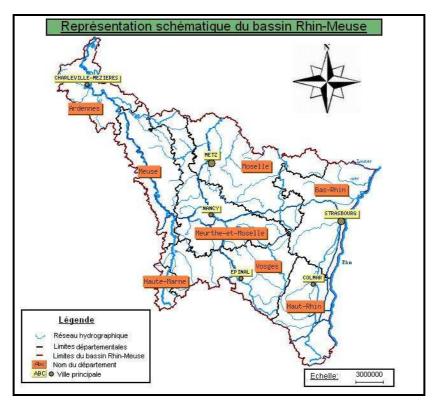
Les indices classiques d'interprétation des résultats physico-chimiques ne permettent pas d'expliquer les résultats ainsi obtenus. En effet, la variable débit pouvant influer sur la qualité physico-chimique des cours d'eau, il s'avère ainsi nécessaire d'inclure des paramètres différents. Ceux-ci ne doivent ainsi plus seulement tenir des paramètres simples de premier ordre tels que la moyenne, le maximum et le minimum mais également de paramètres liés à la variabilité des débits. Cette étude vise ainsi à établir un nouvel indice toujours basé sur la variable débit afin de renouveler l'approche de cette variable hydrologique incontournable dans toute gestion de l'eau en terme de qualité comme de quantité.

De plus afin de parfaire cette étude, il semble nécessaire d'également prendre en considération les phénomènes hydrologiques.

II PRESENTATION GENERALE DU CADRE DE L'ETUDE

II.1 Présentation générale du bassin Rhin-Meuse

II.1.1 <u>Découpage administratif du bassin Rhin-Meuse</u>



Carte 1 Découpage administratif du bassin

Le bassin Rhin-Meuse s'étend sur 31 700 km2. Il couvre les bassins versants du Rhin, de la Meuse et de leurs affluents en France.

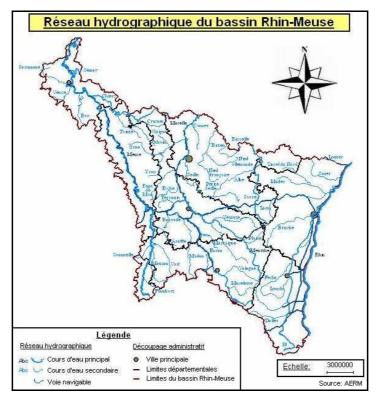
Il s'étend sur trois régions : l'Alsace (dans sa totalité), la Lorraine et la Champagne- Ardenne (en partie).

Le bassin comprend 8 départements:

- 08 Ardennes
- 52 Haute-Marne
- 54 Meurthe-et-Moselle
- 55 Meuse

- 57 Moselle
- 67 Bas-Rhin
- 68 Haut-Rhin
- 88 Vosges

II.1.2 Hydrographie du bassin Rhin-Meuse



Carte 2 Réseau hydrographique du bassin

Le Bassin Rhin-Meuse est constitué de trois unités hydrographiques parallèles : le Rhin, la Moselle et la Meuse à l'ouest auxquelles s'ajoutent une petite partie des bassins de la Seine (Saulx, Ornain, Aire ...) et de la Saône (Saône et Coney).

Les bassins versants qu'ils rassemblent composent le bassin hydrographique Rhin-Meuse.

Le réseau hydrographique s'étend sur une longueur totale de 7 100 km de cours d'eau (ayant un objectif de qualité).

Le débit moyen annuel des cours d'eau à la sortie du bassin basé sur le catalogue des débits d'étiages est pour la période 1971-2006 de :

• La Meuse : 148,2 m3/sec.

• La Moselle: 155,8 m3/sec.

• La Sarre 39,8 m3/sec

• La Nied: 13,4 m3/sec.

- Affluents alsaciens du Rhin (Sauer 6 m3/sec, Lauter 3 m3/sec).
- Le Rhin, , transite à la frontière franco-allemande un débit moyen annuel de 1 240 m3/sec.

Les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, hors Rhin, écoulent un volume moyen de 12 milliards de mètres cube par an.

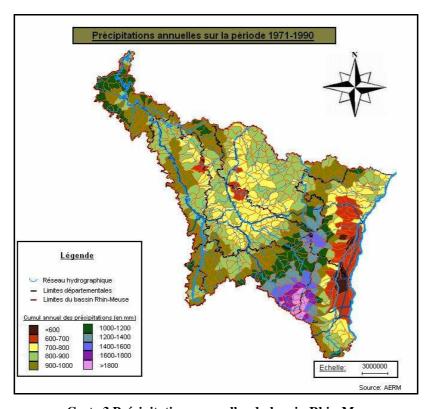
II.1.3 Climat du bassin Rhin-Meuse

Le climat lorrain est du type océanique tempéré, à tendance continentale : affaiblissement de l'influence des masses d'air atlantiques et influence conjuguée d'air froid en provenance d'Europe du Nord et de remontées accidentelle d'air d'origine méditerranéenne. Cette tendance correspond à une régularisation des précipitations en toutes saisons, à une augmentation de l'amplitude thermique, ainsi qu'à un allongement de la saison froide.

Le climat des reliefs (massif vosgien et massif ardennais) est particulier avec l'accentuation de l'influence océanique en altitude.

La plaine d'Alsace a une tendance nettement continentale : hivers rigoureux, étés chauds et orageux. On constate une faible pluviosité dans la zone centrale.

La pluviosité moyenne annuelle dans le bassin varie de 600 mm (Colmar, Sélestat), 650 mm (plateau lorrain et basse vallée de la Moselle) à 2300 mm sur les sommets des Hautes-Vosges.



Carte 3 Précipitations annuelles du bassin Rhin-Meuse

II.2 Etat des rivières du bassin : Etude de la relation débit qualité

Pour suivre l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux du bassin Rhin-Meuse, trois classes de paramètres ont été prises en compte :

- le taux de Matière organique Moox
- le taux de matières azotées
- le taux de composés phosphorés

II.2.1 Etude de la qualité physico-chimique du milieu

II.2.1.1 Méthodologie employée

L'ensemble des mesures des composés chimiques a été effectué sur une moyenne de 103 points répartis sur la totalité du bassin Rhin-Meuse.

Les informations ainsi collectées ont été analysées et traitées selon la méthode du percentile 90 dont le but est de conserver les valeurs statistiquement fiables afin d'éliminer les valeurs trop élevées pouvant résulter d'une mauvaise mesure.

Les valeurs des paramètres mesurés sont alors classées selon un ordre croissant. Un rang leur est ensuite affecté. Enfin en appliquant la formule suivante, il est alors possible de supprimer les valeurs trop élevées :

Per 90= N*0,9+0,5

Où N: nombre de prélèvement dans l'année

Les valeurs possédant un rang supérieur au Per 90 sont alors éliminées.

II.2.1.2 Résultats

Les résultats présentés ici sont issus de la synthèse de la méthode du Percentile 90 appliquée sur un ensemble de trois bassins Meuse, Moselle, Rhin.

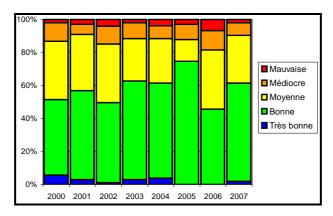


Figure 1 Evolution du taux de matières organiques

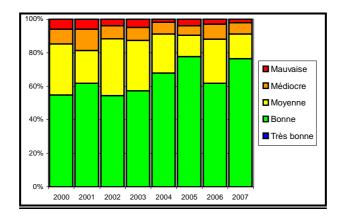


Figure 2 Evolution du taux de matières azotées

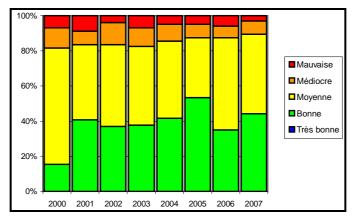


Figure 3 Evolution du taux de composés phosphorés

Comme le montre ces trois graphiques, la tendance suit une sensible amélioration sur l'ensemble de la période 2000-2007. La qualité moyenne en 2000 n'a cessé de croître depuis lors et ce jusqu'en 2005 avec un pic important en 2001, année pendant laquelle les résultats ont été exceptionnellement bons. Ainsi, le taux de composés phosphorés a chuté de façon importante à partir de 2001. Plus de 40% des points de mesure ont ainsi fourni des résultats classés dans la catégorie de bon état de l'eau contre seulement moins de 20% l'année précédente. Cette tendance à la diminution est systématique sur l'ensemble des trois classes, même si elle reste moins notable pour les classes azotés et organiques. De plus une importante baisse de la pollution est visible en 2001.

Toutefois, la baisse de la pollution s'interrompt en 2006. En effet, cette année-là, la qualité des rivières a brusquement chuté à nouveau sur l'ensemble des paramètres étudiés. Ainsi la bonne qualité qui représentait près de 80% des points mesurés en 2005, n'est plus constatée que pour respectivement 45% et 60 % des points en 2006 pour les classes azote et matière organique et plus que pour 30% des points pour la classe phosphore contre près de 50% l'année précédente.

II.2.2 Relation débit-qualité

Afin de pouvoir comprendre l'évolution de la qualité chimique des rivières sur la période 2000-2007, une première approche à consister à étudier le lien direct entre le débit instantané et les concentrations mesurées sur le terrain. Pour se faire, il a tout d'abord été nécessaire de recueillir les données de débits correspondant au moment des prélèvements. Une fois le débit connu, une comparaison des valeurs a été réalisée pour connaître l'influence du débit sur les concentrations.

II.2.2.1 Données physico-chimiques

Afin de pouvoir précisément étudier les classes présentées ci-dessus, il a été nécessaire d'étudier finement l'ensemble des paramètres qui les constituent. Conformément à la législation en vigueur et selon les grilles d'analyses utilisées pour l'évaluation de la qualité des eaux (SEQ eau), les paramètres chimiques requis ont été les suivants:

Matières Azotées :	-Ammonium	(NH4)

-Azote Kejdhal (Nkej)

-Nitrates (NO3)

-Nitrites (NO2)

Matières organiques : -Carbone organique (CO)

-DCO

-DBO5

Composés Phosphorés: -Orthophosphates (PO4)

II.2.2.2 Comparaison des débits et de la qualité

Afin de tester l'influence du débit sur les concentrations, une analyse de la corrélation a été réalisée. Les résultats de cette étude figurent dans le tableau suivant :

	NH4	Nkjel	C.O.	D.C.O	DBO5	NO3	NO2	PO4	O2	Tsat
Corrélation	-0,09	0,15	0,36	0,30	0,02	0,03	-0,23	-0,22	0,24	0,07

Tableau I Evaluation de la corrélation moyenne entre le débit et la qualité

Ces résultats montrent l'absence de corrélation linéaire entre le débit et la qualité des rivières.

En effet, la corrélation moyenne n'atteint pour aucune des stations une valeur suffisamment élevée pour pouvoir accepter la l'hypothèse d'une corrélation. Une corrélation pour être jugée bonne doit en effet présenter un coefficient supérieur à 0,8. Cette valeur n'étant jamais atteinte pour cette étude.

Ainsi, les concentrations observables au sein des rivières du bassin ne peuvent s'expliquer de manière directe par l'analyse de la seule variable débits.

Cette conclusion peut également être observée à partir d'un graphique de comparaison de l'évolution conjointe des débits et des concentrations comme le suivant :

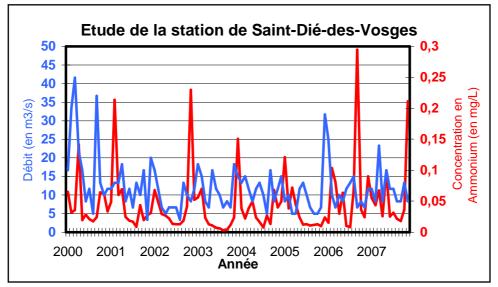


Figure 4 Evolution comparée du débit et de la concentration en ammonium

On observe aisément un important décalage entre les pics de crues et ceux des concentrations, ainsi que des pics de concentration ne résultant pas d'une augmentation de débit. On peut ainsi facilement s'apercevoir de l'inexistence de lien direct entre les concentrations et le débit.

Pour comprendre l'évolution de la qualité physico-chimique des rivières, il est donc nécessaire d'étudier la qualité au travers d'une autre méthode ne reposant plus seulement sur le débit *stricto sensu*.

La présente étude aura donc pour but de tenter de renouveler l'approche de la variable débit et de l'analyse des résultats de qualité.

III INFLUENCE DES CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES SUR LA QUALITE

Afin de pouvoir expliquer et interpréter les résultats des analyses physico-chimiques, les séries annuelles de débit ont été étudiées au travers de l'élaboration d'un indice de prélèvement basé Sur les phénomènes hydroclimatiques ayant eu lieu lors de la mesure de terrain.

III.1 Méthodologie employée

III.1.1 Choix des stations de mesure et saisie des données

Plusieurs critères ont été utilisés afin de sélectionner les différentes stations d'étude. Ils se définissent de la manière suivante :

- La représentativité géographique du bassin Rhin-Meuse
- La typologie et la surface du bassin versant
- La série de donnée disponible

III.1.1La représentativité géographique

Afin de pouvoir disposer de stations représentatives des phénomènes hydroclimatiques s'exerçant sur le bassin et étant donnée l'étendue de la zone d'étude, il s'est avéré nécessaire de disposer de stations d'études réparties sur l'ensemble de la zone. C'est pourquoi chacun des trois sous-bassins (Rhin, Meuse, Moselle) est représenté par au moins une station.

III.1.1.2La typologie et la surface du bassin versant

Comme évoqué dans le point précédent, les phénomènes hydrologiques sont fortement tributaires des conditions externes notamment naturelles telles que la pluviométrie, la topographie ou bien la surface. Dans cette optique, les stations ont été sélectionnées selon les critères tels que l'altitude, la taille et le positionnement du bassin versant dans le bassin Rhin-Meuse.

III.1.1.3La disponibilité des données

Afin de pouvoir effectuer les différents traitements statistiques et analyses, il est nécessaire de disposer d'une série de données complète ou à défaut la plus complète possible.

III.1.1.4.1 Stations pluviométriques

Le choix des stations pluviométriques conditionne la totalité de l'étude.

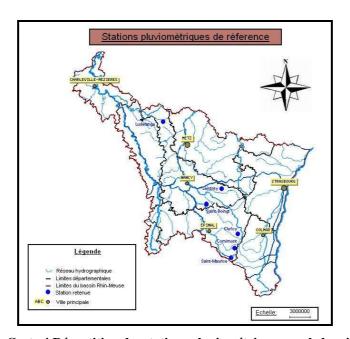
En effet L'agence de l'eau dispose seulement de 8 stations réparties inégalement sur l'ensemble du territoire. Bien que le réseau de suivi de la pluviométrie du bassin soit dense, les informations distribuées par le réseau ne sont pas disponibles. Seul *Météo France* est en effet en mesure de traiter les données fournies par ces stations. Les 8 stations disponibles pour cette étude ont donc été les suivantes :

- Clefcy (88)
- Cornimont (88)
- Lapoutroie (68)
- Leintrey (54)

- Ludelange (54)
- Saint-Boingt (54)
- Saint-Maurice (88)
- Provenchères (88)

Toutefois, parmi toutes ces stations, les stations de Lapoutroie et de Provenchères n'ont pas pu être conservées car elles ne fournissaient pas la possibilité d'une association avec une station hydrométrique et de suivi de la qualité.

Ces stations se répartissent sur le bassin versant de la manière suivante :



Carte 4 Répartition des stations pluviométriques sur le bassin

III.1.1.4.2Stations hydrométriques et de qualité

A partir de la sélection des stations pluviométriques réalisées selon le protocole présenté ci-dessus, les stations hydrométriques et d'analyse de la qualité ont pu être sélectionnées selon les modalités fournies au point III-1.

Les stations ainsi retenues ont été récapitulées dans le tableau suivant:

Station hydrométrique	Station de suivi-qualité
La Meurthe à Saint-Dié	La Meurthe à Gratin
Le Vacon à Barbas	Le Vacon à Barbas
L'Orne à Boncourt	L'Orne à Boncourt
L'Euron à Saint-Boingt	L'Euron à Froville
La Moselle à Fresse-sur-Moselle	La Moselle à Rupt-sur-Moselle

Tableau II Stations sélectionnées pour l'étude des caractéristiques hydrologiques

L'ensemble des caractéristiques de ces différentes stations est disponible en Annexe.

III.1.2 Saisie des données de travail et incertitudes

III.1.2.1 Saisie des données

III.1.2.1.1Données hydrométriques

La saisie des données hydrométriques a été réalisée sous forme d'exportation de données journalières (QMJ) à partir de la banque hydro.

Les données ainsi récoltées ont été reprises sous la forme d'un tableau récapitulant les débits aux stations hydrométriques sous les formes journalières et mensuelles.

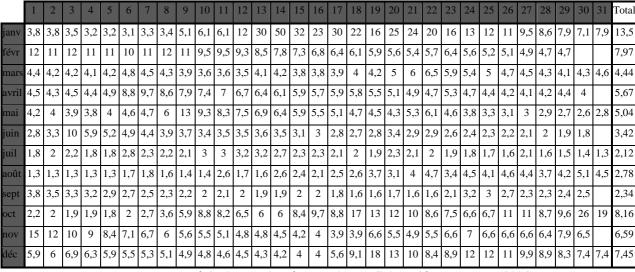


Tableau III Débits journaliers à la station de Saint-Dié-des-Vosges (2004)

III.1.2.1.2Données pluviométriques

Pour chacune des stations sélectionnées, la pluviométrie a été analysée et interprétée.

Pour les besoins de l'étude, les précipitations mesurées par sous la forme de pluies horaire ont donc être retravaillées pour obtenir les précipitations journalières et mensuelles présentées comme suit :

2004	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total
janv	0	3,1	0,4	0	0,8	0,2	0	11,2	14,5	0,1	12,5	23,8	47,1	10,3	6,5	27,5	5,8	0	13,2	5,4	1,2	0,1	0	4,7	0,5	0,1	0	0	0,1	4,3	4,5	197,9
févr	0	0	0	0,1	0	1	4,4	5,7	3,9	0	8,9	0,1	0,2	0,3	0	0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	8,1	1,1	1,3	0,1	0,4	0	0	0,4			36,9
mars	0	1,1	0,1	0	5,7	1,4	0,4	2,2	0,6	0,7	0,1	6,4	2	0	0,1	0	0	0	4,2	1	13,1	9,6	2,6	0,5	0	0	0	0	0,9	0	0,9	53,6
avril	0	3,5	0	8,3	19,4	14,7	6,3	1,2	0	1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0	6	4,2	0	0,3	0	10,8	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0,9	77,9
mai	0	1,3	4,9	7,5	3,1	10,8	8,9	33,5	1	0,4	3,9	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	11,1	14,9	0,2	0,1	0	0,1	1	0	0	0	3,3	1,3	107,5
juin	10,1	43,2	3,8	0,5	5,3	0	0	0	0	5,1	1,6	0,8	2,5	0	4,3	0,1	0	0	14,6	2	2,5	2,4	0,8	0	0,1	0	0	0	0	0		99,7
juil	4,1	6,9	0,1	2	20,3	0,7	4	3,1	9,9	5,2	7,2	8,4	0,2	0	0,1	0,1	1,5	0	10,1	0,5	3,6	0,9	3,5	0,2	0,2	7,8	0	0	0,1	0	0	100,7
août	0	0	1,4	1,3	0	2,4	1,8	0,2	1,2	18,4	0,2	6,2	21,2	4,9	0,2	14,9	9,3	16,7	4,5	10,1	5,5	0,2	10,6	6,8	4,2	3,9	0	0	6,5	4,1	0,2	156,9
sept	0,3	2	0,3	0,3	0	0,3	0,2	0,2	0,1	1,4	4,3	0	0,3	1,8	2,3	0,2	0,3	0,1	2,4	1,2	1,1	1,9	12	8,1	4,2	0,2	0	0	0,3	0		45,8
oct	0,2	0	0,1	0	0,9	15	0	0	0	0	0,1	0,1	2,3	12,4	15,6	4,7	23,3	3,2	3,3	1,8	0,2	0,3	0,2	6,4	12	13,4	0	0	31,1	0,8	0	147,4
nov	1,4	0,6	0,1	3,6	0,1	1,5	0,3	0,2	0,2	4,4	0,1	3,1	0,1	0,2	0	0,2	0,7	16,1	0		3,6	2,8	5,2	0	0,4	2,4	0	0	0	0		47,3
déc	1,1	6,9	0,2	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	11,5		11,3	15,2	0	0		3,2	1,1	3,1	2,4	0	0	2,4	3,5	1,7	63,9

Tableau IV Données pluviométriques journalières (Clefcy, 2004)

Toutefois, les données pluviométriques ainsi récoltées peuvent être sujettes à des critiques.

Les chroniques sont régulièrement incomplètes et incertaines.

L'appareillage utilisé s'est en effet avéré défectueux à plusieurs reprises et les relevés effectués souvent par des particuliers n'ont pas toujours été réalisés ou à défaut incorrectement.

III.1.2.2 Incertitudes sur les données utilisées

III.1.2.2.1Données hydrométriques

L'ensemble des données utilisées pour cette étude peut être entaché d'incertitudes parfois nombreuses.

En effet, lors de l'acquisition des données sur la banque hydro sous forme d'hauteur d'eau et de leur conversion en valeur de débit par l'intermédiaire de courbes de tarages, plusieurs extrapolations sont *de facto* réalisées car l'élaboration d'une courbe de tarage suggère nécessairement un ajustement et donc une approximation des résultats aussi minime soit-elle. En effet, le traitement se base sur les jaugeages effectués au cours de la période considérée pouvant être eux-mêmes partiellement incertains. Enfin, comme c'est le cas ici notamment pour les données de la station de Boncourt, certaines valeurs sont parfois interprétées à partir des courbes de tarages car ce trouvant au-delà du dernier jaugeage effectué. Les erreurs peuvent ainsi être nombreuses et s'accumuler tout au long de la chaîne d'acquisition des résultats.

III.1.2.2.2Données pluviométriques

Les incertitudes sur les données pluviométriques ont donc été régulièrement importantes et peuvent être regroupées en deux catégories :

Sur le plan d'échantillonnage

Numéro de	Précipitations annuelles	Nombre de zones dans le bassin		lasse udiée
classe	(en mm)	Rhin-Meuse	N	%
1	<600	8		0
2	600/700	40		0
3	700-800	135		0
4	800-900	175		0
5	900-1000	155	1	0,65
6	1000-1200	65	2	3,08
7	1200-1400	25		0
8	1400-1600	15	1	6,67
9	1600-1800	10		0
10	>1800	10	2	20

Classe	Nom	%
1		0.00%
2		0,00%
3		0,00%
4		0,00%
5	1	16,67%
6	2	33,33%
7		0,00%
8	1	16,67%
9		0,00%
10	2	33,33%

Classes non échantillonnées
Classes sous représentées

Tableau V Incertitudes sur la pluviométrie liées à l'échantillonnage

Les stations étant inégalement réparties sur le territoire, plusieurs classes de pluviométries n'ont pas pu être échantillonnées. Ainsi les classes de faible pluviométrie n'ont pas été analysées alors qu'en nombre de zones hydrographiques, elles sont les plus représentées. De plus, la classe des plus fortes précipitations est surreprésentée car elle couvre plus de 30% de l'étude contre seulement 1,5% des zones hydrographiques du bassin.

Sur le plan de l'acquisition et du traitement des données

De la même manière, l'acquisition des données a été entachée de nombreuses incertitudes tant sur le plan technique que sur le plan matériel. En effet, à plusieurs reprises, le dispositif n'a pas fonctionné correctement et les mesures de pluviométrie n'ont pu être effectuées. Pendant la période hivernale, le gel a ainsi fréquemment fait dysfonctionner le matériel empêchant la collecte de données. Le tableau suivant récapitule les erreurs constatées dans la saisie de ces données:

Année	Clefcy		Cornir	mont	Lein	trey	Ludel	ange	St-Bo	ingt	St-Ma	aurice
Aillee	Mois	Jour	Mois	Jour	Mois	Jour	Mois	Jour	Mois	Jour	Mois	Jour
2000	66,7	6,0	91,7	10,4	66,7	15,6	8,3	0,3	58,3	9,9	58,3	11,5
2001	25,0	2,5	100,0	15,3	41,7	4,9	25,0	3,0	100,0	20,5	83,3	8,8
2002	50,0	2,2	91,7	26,8	58,3	8,2	41,7	5,5	66,7	18,6	66,7	22,7
2003	33,3	1,1	83,3	14,5	58,3	5,8	33,3	1,1	41,7	13,2	50,0	12,6
2004	33,3	1,4	50,0	11,5	66,7	3,0	25,0	2,2	33,3	2,7	58,3	5,5
2005	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	6,6	0,0	0,0	33,3	24,4	50,0	17,3
2006	0,0	0,0	33,3	1,4	50,0	8,5	0,0	0,0	41,7	9,0	33,3	2,5
2007	0,0	0,0	25,0	1,1	16,7	1,9	25,0	2,2	41,7	15,6	8,3	0,3

Tableau VI Incertitudes sur la pluviométrie liées à la mesure

Les données figurant en rouge représentent les années pour lesquelles plus de 50% des valeurs mensuelles présentent des anomalies dans la saisie des données et celles en bleu représentent les années pour lesquelles plus de 10% des valeurs journalières sont incertaines

On constate ainsi que seule la station de Ludelange présente des taux d'incertitudes bas. L'ensemble des autres stations ont fourni des données incertaines pouvant atteindre en valeurs mensuelles 6 années sur 8 et jusqu'à 5 années en valeurs journalières.

III.1.3 Etude comparative du régime hydrologique et de la pluviométrie

Pour les deux stations Saint-Dié et Boncourt, l'association apparaît improbable. Dans ce cas il n'est pas possible d'étudier de façon concomitante les débits et les précipitations, puisque les deux variables ne sont pas directement liées.

La non-conformité à la station de Saint-Dié et explicable par la grande étendue du bassin versant. En effet, la pluviométrie mesurée à un niveau local, celui du pluviomètre, n'est pas représentative de l'ensemble des précipitations qui tombent sur la totalité de la surface du bassin de la Meurthe qui à la station de Saint-Dié s'étend sur 374 km². La non-conformité des données à la station de Boncourt est du à la trop grande distance séparant le pluviomètre de la station hydrométrique. De ce fait, le pluviomètre ne se trouve plus être au sein du bassin versant de Boncourt.

III.1.4 Caractérisation du régime hydroclimatique

III.1.4.1 Typologie de la caractérisation

Afin de pouvoir évaluer l'incidence du phénomène hydroclimatique sur les prélèvements et mesures physico-chimiques, chaque date de prélèvement a été répertoriée et caractérisée selon des critères précis à partir d'un hydrogramme semblable à celui présenté ci-dessus:

- Période de prélèvement
- Phase hydrologique du prélèvement
- Paramètres hydrométriques
- Paramètres pluviométriques

III.1.4.1.1Période de prélèvement :

Il s'agit de distinguer la période durant laquelle le prélèvement a été effectué afin de savoir si le contexte hydrologique influe sur les paramètres chimiques. Trois classes ont été déterminées :

- Hautes eaux (HE)

- Moyennes eaux (ME)

- Basses eaux (BE)

La distinction entre ces périodes se base sur le débit moyen des 20 jours encadrant la date de prélèvement.

En effet le seuil de 20 jours apparaît être l'intervalle le plus pertinent pour cette étude. Le seuil 30 jours préalablement retenu n'est pas satisfaisant puisqu'il engendre des résultats non conformes à la réalité des phénomènes hydrologiques. Le seuil de délimitation des périodes a été fixé à 30% :

La période de hautes eaux est ainsi définie par le seuil 4/3 du module. Tout débit moyen sur une période de 20 jours supérieur au 4/3 du module pourra être considéré comme ayant été effectué en période de hautes eaux.

La période de basses eaux est inversement définie par le seuil 2/3 du module. Tout débit moyen sur 20 jours inférieur à 66% du module sera considéré comme prélèvements en basses eaux.

Enfin, les prélèvements effectués en période de moyennes eaux seront définis par l'intervalle +/-30% du module.

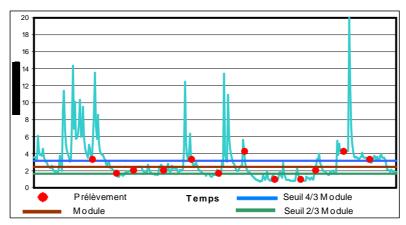


Figure 5 Détermination de la période hydrologique

III.1.4.1.2Phase hydrologique du prélèvement :

La détermination de la phase hydrologique au cours de laquelle les mesures ont été réalisées se fait par lecture directe sur l'hydrogramme.

Plusieurs catégories ont été définies :

- Montée de crue (M)
- Pic de crue (P)
- Descente de crue (D)
- Tarissement (T)
- Etat stationnaire (E)

III.1.4.1.3Paramètres hydrométriques :

L'étude a également porté sur la valeur même du débit à l'instant du prélèvement. Dans une première partie, l'absence d'influence directe du débit sur la qualité physico-chimique des rivières a pu être mise en évidence. Toutefois, cette étude diffère par le simple fait qu'elle s'intéresse non plus à la valeur moyenne annuelle ou journalière du débit, mais bien à la valeur du débit au moment précis du relevé. L'hydraulicité étudiée ici repose sur le rapport du débit au module.

L'hydraulicité ainsi évaluée a fait par la suite l'objet d'un classement selon sa valeur :

- C1 : valeur inférieure à 50% du module

- C2 : valeur comprise entre 50 et 100% du module

- C3 : valeur comprise entre 1 fois et 2 fois le module

- C4 : valeur supérieure à 2 fois le module

III.1.4.1.4Paramètres pluviométriques :

L'étude de la pluviométrie qui n'a porté que sur 4 des 6 stations, a été basée sur l'évaluation du nombre de jours sans pluie précédent le jour du prélèvement. Ces résultats ont alors été regroupés sous plusieurs classes :

- I : pluie jour du prélèvement

- II: 1 jour

- III : entre 2 et 5 jours

- IV : supérieur à 5 jours

III.1.4.1.5 Exemple d'un tableau d'analyse :

A partir de l'établissement de cette typologie des prélèvements, une synthèse a alors été effectuée sur chaque station tenant à la fois compte des caractéristiques hydroclimatiques et des paramètres physico-chimiques mesurés. Voici un exemple des résultats obtenus :

Date	Période	Phase Q	Rapport au Module	Classe pluie	NH4	Nkjel	C.O.	D.C.O	DBO5	NO3	NO2	PO4	Odiss	Tsat
07/03/2000	HE	T	C3	II	0,15	1,3	2,1	12	2	8,9	0,04	0,06	10,3	83
21/03/2000	ME	T	C1	Ш	0,23	0,74	2,8	16	2	9,4	0,09	0,12	11,3	89
03/04/2000	ME	D	C2	I	0,21	0,93	3,3	21	2	8,1	0,04	0,06	12,1	106
19/04/2000	BE	Е	C1	Ш	0,09	0,79	3,2	13	2	6,5	0,06	0,03	11,2	93
02/05/2000	BE	Е	C1	IV	0,42	1,24	2,1	14	2	6,8	0,13	0,18	12,3	129
17/05/2000	BE	Е	C1	=	0,37	0,72	3,1	14	2	7,4	0,15	1,9	9	91
30/05/2000	HE	M	C2	II	0,33	0,85	3,9	19	2	8,6	0,11	0,43	8,4	77
14/06/2000	BE	Е	C1	Ш	0,19	1,97	3,2	12	2	9	0,12	0,31	7,2	74

Tableau VII Extrait de la typologie des prélèvements à la station de Barbas

III.1.4.2 Bilan de la caractérisation

La caractérisation de l'ensemble des prélèvements effectués selon les modalités présentées précédemment à donné les résultats suivants pour toutes les stations confondues. Les résultats complets par station sont présentés en annexe.

Parai	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
υ	BE	33	30	36	59	43	45	32	22	300
Période	HE	20	24	21	8	9	8	15	20	125
Pé	ME	20	16	14	3	17	14	25	13	122
	D	24	28	23	12	32	19	22	22	182
a)	Е	25	26	30	44	28	31	23	16	223
Phase	М	10	6	8	2	3	5	9	3	46
•	Р	9	5	8	5	5	2	12	6	52
	T	5	5	2	7	1	10	6	8	44
ité	C1	28	31	37	53	45	43	32	25	294
Hydraulicité	C2	20	16	16	8	12	11	13	12	108
dra	СЗ	17	12	9	7	9	10	18	14	96
Ê	C4	8	11	9	2	3	3	9	4	49
je	I	37	32	31	22	28	22	45	26	243
blc	Ш	13	14	11	8	8	10	4	13	81
Classe pluie	III	19	16	17	21	26	22	16	9	146
๋	IV	4	8	11	19	7	13	7	7	76

Tableau VIII Résultats de la caractérisation des prélèvements

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent une domination importante de plusieurs modalités pour l'ensemble des paramètres étudiés. Ainsi, par exemple, la majorité des prélèvements (près de 55%) ont été effectues en période de basses eaux. De la même manière, 53% des prélèvements ont eu cours lors du débit faible inférieur à 50% du module.

III.1.4.2.1: Analyse des résultats de la période hydrologique

Ces résultats apparaissent t assez homogènes de première emblée pour l'ensemble des années. En effet, la majorité des prélèvements a été effectue pour chaque année en période de basses eaux. Toutefois, l'ampleur de ce pourcentage varie fortement selon les années. Ainsi, le pourcentage s'échelonnent entre 85% en 2003 à 45% en 2006 et 40% en 2007. De plus, une importante part des prélèvements réalisés en 2006 (35%) l'ont été en période moyennes eaux à la différence des autres années.

III.1.4.2.2: Analyse des résultats de la phase hydrologique

Comme le suggère le tableau suivant, les prélèvements ont été effectues dans des conditions hydrologiques extrêmement variables selon les années. Ainsi, la majorité des prélèvements ont été

entrepris en descente de crues pour les années 2000, 2001, 2004 et 2007 et en période d'étiage pour les autres années.

Cependant, l'année 2006 présente une importante part de prélèvements réalisés en période de crue parfois 2 fois supérieur à celle des autres années. De plus les parts relatives des prélèvements en descente de crue et en étiage, bien qu'elles restent les plus fortes semblent moins importantes cette année-là.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
D	0.33	0.40	0.32	0.17	0.46	0.28	0.31	0.40
Е	0.34	0.37	0.42	0.63	0.41	0.46	0.32	0.29
Μ	0.14	0.09	0.11	0.03	0.04	0.07	0.13	0.05
Р	0.12	0.07	0.11	0.07	0.07	0.03	0.17	0.11
T	0.07	0.07	0.03	0.10	0.01	0.15	0.08	0.15

Tableau IX Analyse de la caractérisation par phase hydrologique

III.1.4.2.3: Analyse des résultats de l'hydraulicité

Comme mentionne au point précédent, la majorité des prélèvements ont été réalisés lorsque le débit de la rivière était faible avec un pourcentage oscillant entre 40 et 75%. Cependant, les résultats observés en 2006 diffèrent nettement de ceux des autres années. En effet, la part des prélèvements en période de très fort courant (valeur supérieure au module) est légèrement plus importante atteignant près de 40%.

III.1.4.2.4: Analyse des résultats des classes de pluie

De manière générale, les conditions pluviométriques lors des prélèvements ont été proches chaque année avec une nette domination de la classe 1. Cela signifie donc que chaque année, le plus grand nombre de prélèvements ont été réalisés en période de pluie. Cependant, ce pourcentage est particulièrement variable selon les années puisqu'il oscille globalement entre 30 et 50%, atteignant même 65% en 2006.

III.1.4.2.5: Conclusion

L'ensemble des constations effectuées à partir de l'analyse globale des résultats de la caractérisation des prélèvements montre une extrême variété des conditions hydroclimatiques selon les années de l'étude. Ainsi, généralement des conditions hydroclimatiques particulières dominent mais avec souvent une fréquence et une ampleur différentes selon les années. Parfois encore, ces conditions dominantes sont remises en causes avec l'apparition momentanée de nouvelles conditions hydroclimatiques propres à une année de l'étude.

III.2 Relation entre l'indice hydrologique et les analyses de qualité

III.2.1 Analyse des résultats :

Grâce à l'élaboration de cette grille de caractérisation des prélèvements, une analyse statistique a pu être mise en place. Il s'agit d'une analyse multivariée de type ACP. Elle a eu pour but de mettre en évidence les paramètres hydroclimatiques qui peuvent avoir une incidence sur la qualité physicochimique par étude combinée des variables de caractérisation des prélèvements et des résultats en terme de qualité obtenue pour ces prélèvements.

III.2.1.1 Analyse générale

Les résultats de l'analyse multivariée sont repris sur les graphiques suivants :

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
NH4	-0,68	0,35	-0,03	-0,44	0,06
Nkjel	-0,78	-0,23	-0,11	-0,03	0,19
C.O.	-0,69	-0,51	-0,07	0,35	-0,11
D.C.O	-0,76	-0,46	-0,19	0,25	0,06
DBO5	-0,67	-0,12	-0,29	-0,32	0,40
NO3	-0,38	-0,52	0,49	-0,12	-0,44
NO2	-0,64	0,19	0,21	-0,42	-0,35
PO4	-0,17	0,33	-0,74	0,06	-0,54
Odiss	0,59	-0,62	-0,18	-0,40	0,02
Tsat	0,64	-0,58	-0,30	-0,27	-0,11

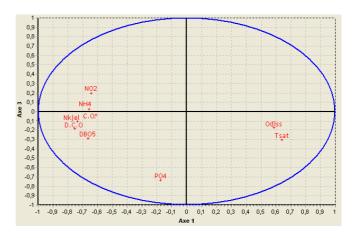


Figure 6 Résultats de l'ACP

Le cercle des corrélations permet de distinguer plusieurs variations notoires. L'axe horizontal porte comme information principale les variations en concentration de la plupart des éléments chimique et notamment la D.C.O. ainsi que l'azote kjeldhal. Ainsi la valeur de la corrélation étant négative, plus les paramètres sont placés sur la partie gauche du graphique et plus leurs concentrations chimiques seront élevées. Autrement dit, moins bons seront les résultats de l'analyse. En outre, la valeur positive de la corrélation avec la teneur en oxygène, même si elle est plus faible, signifie que les prélèvements situés en partie droite du graphique auront en teneur en oxygène élevée et donc une qualité supérieure. L'axe 3 représente les teneurs en phosphate. La valeur également négative de cette corrélation signifie donc que plus les paramètres seront situés dans la partie basse du graphique et moins bonne sera la teneur en phosphate. A la lumière de ces résultats, il devient possible d'évaluer l'influence des conditions hydroclimatiques sur la qualité des rivières.

III.2.1.2 Influence de la période hydrologique

L'étude de la relation entre la période et la qualité des rivières a donné les résultats suivants :

				- ·
	HE	ME	BE	Total
Nombre	171	91	372	634
Paramètre	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur
C.O.	4,17	3,96	3,81	3,93
D.C.O	16,17	15,56	14,15	14,95
DBO5	2,38	2,6	2,6	2,55
NH4	0,13	0,12	0,15	0,14
Nkjel	0,7	0,79	0,75	0,74
NO2	0,06	0,06	0,11	0,09
NO3	11,26	9,7	9,48	9,95
Odiss	11,02	10,81	8,96	9,87
PO4	0,15	0,19	0,3	0,24
Tsat	90,3	92,01	84,29	87,46

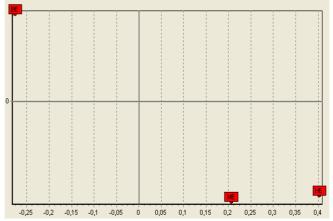


Figure 7 Influence de la période sur la qualité

Comme le montre ces schémas, l'influence de la période sur la qualité est réelle. En effet, les différences moyennes des concentrations pour l'ensemble des paramètres varient fortement selon la période de prélèvement. Ainsi par exemple, la concentration moyenne en nitrites et en orthophosphates varie de près de 100% selon les périodes passant respectivement de 0,06 mg/L à 0,11 pour les concentrations en nitrites et de 0,15 mg/L à 0,3 pour celles en orthophosphates entre la période de hautes eaux et celles des basses eaux. De plus, les résultats de l'ACP permettent de distinguer l'influence respective des périodes sur la qualité. Ainsi la période de basse eaux est moins propices à l'obtention de bons résultats car elle suscite de moins bons résultats en ce qui concerne notamment les Moox, étant situé très gauche du graphique. De la même manière, les périodes de moyennes et hautes eaux fournissent elles de bons résultats étant situées en partie droite du graphique. A partir de ces résultats, il est possible de définir un ordre d'influence de la période sur la qualité physico-chimique des rivières allant du critère le plus favorable au moins favorable :

Critère 1	Hautes Eaux		
Critère 2	Moyennes Eaux		
Critère 3	Basses Eaux		

III.2.1.3 Influence de la phase hydrologique

En suivant le même protocole, l'influence de la phase hydrologique sur la qualité a également été étudiée. Ses résultats sont portés sur les graphiques suivants :

	Descent e de crue	Etiage	Montée de crue	Pointe de crue	Tariss ement	Total
Nombre	210	250	61	55	58	634
Paramètre	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur
C.O.	3,79	3,55	4,29	7,1	2,66	3,93
D.C.O	13,35	13,35	17,49	31,35	9,4	14,95
DBO5	2,35	2,61	2,7	3,15	2,26	2,55
NH4	0,12	0,15	0,13	0,2	0,08	0,14
Nkjel	0,63	0,72	0,81	1,32	0,63	0,74
NO2	0,07	0,12	0,07	0,09	0,06	0,09
NO3	11,82	7,81	10,06	13,51	8,96	9,95
Odiss	11,14	8,49	10,39	9,91	10,61	9,87
PO4	0,19	0,33	0,26	0,19	0,12	0,24
Tsat	91,92	81,31	89,77	86,76	96,05	87,46

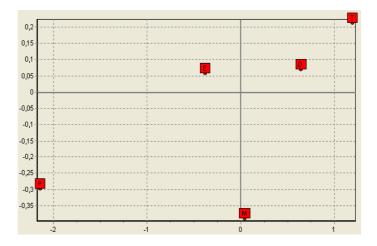


Figure 8 Influence de la phase hydrologique sur la qualité

De nouveau, une influence peut être notée en ce qui concerne la phase hydrologique. En effet, les concentrations varient fortement selon la phase hydrologique ayant cours lors du prélèvement. Ainsi la concentration en carbone organique varie de plus de 100% selon la phase du prélèvement passant de 2,66 mg/L en phase de tarissement à près de 7,1 en pointe de crue. On dénote par ailleurs facilement les impacts défavorables de cette phase sur la quasi-totalité des concentrations appuyé par les résultats graphiques sur lesquels cette phase figure très à droite et en partie basse.

A partir des résultats conjugués donnés par le tableau et le graphique de l'ACP, un classement peut être facilement établit tenant compte de l'influence favorable ou défavorable de chaque phase sur la qualité:

Critère 1	Tarissement
Critère 2	Descente
Critère 3	Etiage
Critère 4	Montée
Critère 5	Pointe

III.2.1.4 Influence de l'hydraulicité

Dans un troisième temps l'étude a porté sur l'influence de l'hydraulicité sur les résultats de qualité. Les résultats présentés sous la forme d'un tableau de comparaison des moyennes et d'un graphique

ACP sont les suivants :

1	ī				,
	C1	C2	C3	C4	Total
Nombre	333	128	114	59	634
Paramètr	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur
C.O.	3,59	3,49	4,28	6,08	3,93
D.C.O	13,2	13	16,54	25,98	14,95
DBO5	2,58	2,37	2,52	2,82	2,55
NH4	0,15	0,11	0,13	0,11	0,14
Nkjel	0,72	0,64	0,8	0,99	0,74
NO2	0,11	0,07	0,06	0,05	0,09
NO3	9,25	10,3	10,98	11,19	9,95
Odiss	8,95	11,05	10,83	10,62	9,87
PO4	0,29	0,22	0,15	0,17	0,24
Tsat	83,63	94,23	90,18	89,15	87,46

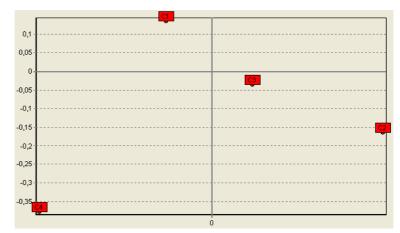


Figure 9 Influence de l'hydraulicité sur la qualité

Comme le montre ces figures, l'hydraulicité semble également avoir une influence directe sur la qualité chimique des rivières. En effet, selon l'hydraulicité (ici le rapport au module) les résultats de qualité diffèrent fortement. Le graphique monte un éparpillement des différentes classes d'hydraulicité avec un net impact défavorable des débits forts sur la qualité. En effet, les débits très élevés (supérieurs à 200%) entraînent une qualité moindre avec des résultats pour la classe des matières organiques très élevés. La D.C.O. est ainsi supérieur de près de 75% à la valeur moyenne. En revanche on observe que les débits proches du module (classe 2 de 50 à 100%) fournissent les meilleurs résultats en terme de qualité avec seulement une légère augmentation de la teneur en nitrates de moins de 5% par rapport à la moyenne. L'ensemble de ces constations permettent d'établir une grille pour l'influence de l'hydraulicité sur la qualité:

Critère 1	C2
Critère 2	C3
Critère 3	C1
Critère 4	C4

III.2.1.5 Influence de la pluviométrie

Enfin, l'étude a fini par porter sur l'étude de la pluviométrie. Conformément aux conclusions précédentes, seul 4 des 6 stations ont pu faire l'objet de cette étude.

	I	II	III	IV	Total
Nombre	188	69	123	63	443
Paramètre	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur
C.O.	4,82	3,64	3,5	2,76	3,97
D.C.O	19,64	13,17	12,5	11,71	15,52
DBO5	2,8	2,3	2,48	2,59	2,6
NH4	0,15	0,14	0,15	0,13	0,15
Nkjel	0,89	0,68	0,69	0,56	0,76
NO2	0,1	0,09	0,09	0,08	0,09
NO3	9,7	9,76	10,08	8,8	9,69
Odiss	9,83	9,88	9,94	9,79	9,86
PO4	0,27	0,26	0,33	0,28	0,29
Tsat	86,05	86,39	88,37	87,3	86,92

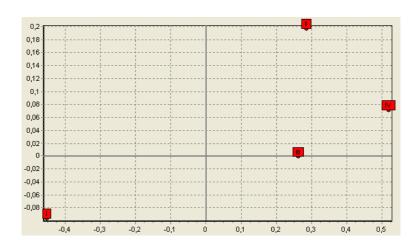


Figure 10 Influence de la pluviométrie sur la qualité

Les résultats présentés dans le tableau apparaissent plus mitigés car pour plusieurs paramètres notamment les teneurs en nitrites et en ammonium, les variations sont moins nettes. Pour l'ensemble des classes les résultats pour ces deux paramètres restent ainsi très proches de la moyenne. Cependant, les résultats fournis par l'ACP prouvent qu'il existe bien une incidence de la pluviométrie sur la qualité. Les différentes sont en effet largement dispersées sur le graphique ACP. On peut ainsi distinguer les effets assez défavorables des pluies sur la qualité puisque les prélèvements ayant eu cours lors d'un jour de pluie ont engendrés une qualité moindre sur la quasitotalité des paramètres de l'étude. Le barème suivant a ainsi pu être établi :

Critère 1	IV
Critère 2	II
Critère 3	III
Critère 4	

III.2.2 Elaboration d'une grille de suivi des prélèvements

III.2.2.1 Pondération des différents paramètres

L'étude précédente a permis de mettre en évidence l'influence respective de chaque paramètre sur la qualité des eaux du bassin aux différentes stations étudiées. Cependant, elle ne permet pas de déterminer le poids de chacun d'entre eux dans les résultats de qualité. Afin de pouvoir évaluer l'intensité de l'influence de chaque paramètre, une ultime analyse multivariée prenant en compte

simultanément l'ensemble des paramètres a été entreprise. Voici ses résultats sous la forme d'un graphique :

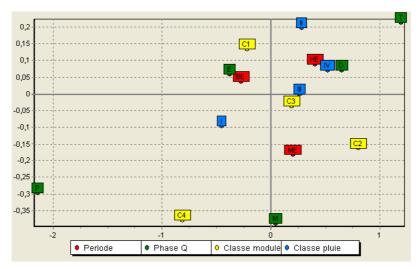


Figure 11 Etude du poids des paramètres sur la qualité

A partir de l'étalement de différents paramètres sur ce graphique, il devient assez aisé d'évaluer le degré d'influence de chacun d'entre eux. En effet, les différentes phases hydrologiques plus dispersées sur ce graphique que les autres paramètres apparaît ainsi comme étant le facteur prépondérant. Alors que les différents périodes plus concentrées autour du point zéro apparaissent tout comme les classes de pluies des facteurs de moindre importance pour l'étude.

Au regard de cette analyse, un coefficient peut être affecté à chaque paramètre tenant compte de sa dispersion sur le graphique. Les coefficients ont ainsi été :

- 2 pour la phase hydrologique
- **1,5** pour l'hydraulicité
- 1 pour la période
- 1 pour la classe de pluie

III.2.2.2 Réalisation d'un barème pour l'étude des prélèvements

En tenant compte de l'influence des paramètres sur la qualité et du poids de chacun d'entre eux, un barème général a été établi.

Paramètre	1	2	3	4	5	Coefficient
Phase hydro	Tarissem	Descente	Etiage	Montée	Pointe	2
Hydraulicité	C2	C3	C1	C4		1,5
Classe-pluie	IV	II	III	I		1
Période	Hautes	Moyenne	Basses			1

Tableau X Grille d'analyse des prélèvements

A partir de ce barème une grille d'analyse a été conçue afin d'attribuer à chaque condition hydroclimatique une valeur d'impact sur la qualité des rivières.

Cet indice repose sur le couplage des conditions hydroclimatiques et de leurs pondérations respectives selon la formule suivante :

Avec,

$$C = Q_i * C_Q + H_i * C_H + P_i * C_P + PH_i * C_{PH}$$

Où

 Q_i : Phase hydrologique du prélèvement C_H : Coefficient de l'hydraulicité H_i : Hydraulicité du prélèvement C_P : Coefficient de la classe pluie

 P_i : Classe de pluie du prélèvement C_{PH} : Coefficient de la période hydrologique PH_i : Période hydrologique du prélèvement $C_{O:}$ Coefficient de la phase hydrologique

Les conditions hydroclimatiques varient ainsi d'un coefficient de 5,5 (conditions très favorables) à 23 (conditions particulièrement défavorables).

L'indice global de d'impact varie alors entre 1 et 4,2

III.2.2.3 Interprétation de la grille d'analyse

Grâce à cette grille d'analyse, une valeur a pu être attribuée à chaque prélèvement afin d'estimer l'impact des conditions hydroclimatiques sur les analyses physico-chimiques.

A partir de cet indice par prélèvement, une note globale a été affectée à chaque année en tenant compte du nombre de prélèvement par condition hydroclimatique et de leur impact respectif sur la qualité. Une valeur moyen ou note par prélèvement a alors été calculée pour l'ensemble des stations de l'étude. Les valeurs obtenues sont ainsi :

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1,72	1,35	2,10	2,19	1,63	1,49	1,94	1,23

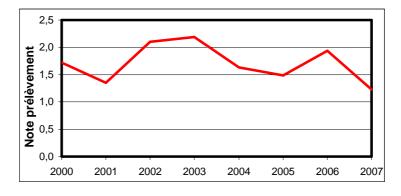


Figure 12 Evolution de l'indice de prélèvement

Les résultats de cette analyse montrent une importante variation dans l'indice de prélèvement. Ainsi en fonction des années, l'impact des conditions hydroclimatiques sur les prélèvements et donc leurs incidences sur les résultats d'analyse et la qualité n'a pas été la même. Les années 2002, 2003 et 2006 ont ainsi vu des prélèvements effectués en conditions défavorables.

Les mauvais résultats obtenus en 2006 peuvent ainsi être imputés aux conditions défavorables des prélèvements : ces derniers ont été plus nombreux en période de pointe de crue et de montée que les autres années aux résultats plus favorables (plus de 30% des prélèvements en 2006 contre seulement 13% en moyenne.

III.2.3 Indice de prélèvement et qualité des rivières

Afin de connaître l'influence réelle de cet indice sur la qualité physico-chimique, il est nécessaire de comparer ces résultats aux valeurs de qualité physico-chimiques.

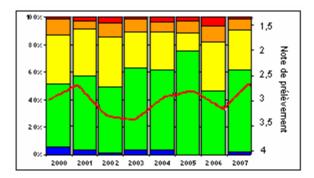


Figure 13 Impact sur les matières organiques

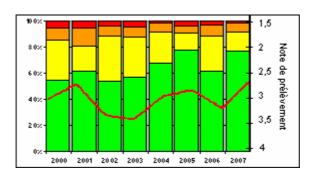


Figure 14 Impact sur les matières azotées

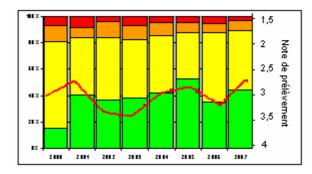


Figure 15 Impact sur les matières phosphorées

Sur l'ensemble de ces figures, les variations de la qualité chimique des rivières suivent inversement celles de l'indice de prélèvement. Ainsi lorsque l'indice croît comme en 2006, la qualité des rivières

baisse brusquement pour l'ensemble de ces trois classes chimiques. Les augmentations de qualité de 2001,2004 et 2005 correspondent également à une baisse brutale de l'indice de prélèvement.

Il existe donc bien une corrélation entre l'indice de prélèvement et les résultats physico-chimiques tels qu'ils ont été mesurés aux différentes stations de l'étude. Toutefois on peut également constater que les évolutions conjointes de la qualité et de l'indice ne sont pas proportionnelles. Ainsi une brusque baisse de la qualité des rivières ne correspondra pas forcément à une augmentation brusque de l'indice de prélèvement.

La meilleure proportionnalité entre ces deux paramètres s'observe pour la classe des matières phosphatées.

Plusieurs raisons peuvent être envisagées pour expliquer ces observations.

Le calcul de l'indice de prélèvement se base sur les résultats fournis par l'ACP. Or, les informations données par cette analyse bien qu'elles soient les plus représentatives de la situation ne sont que partielles. L'indice se base ainsi donc sur une partie seulement de l'information. De plus il s'avère qu'au sein de cette information les matières phosphorées occupent une place prépondérante puisque l'un des axes de l'ACP est entièrement représenté par la variation en orthophosphates.

Il n'est donc pas étonnant que la meilleure proportionnalité soit observée pour la classe des matières phosphorées.

En outre, comme évoqué ci-dessus l'élaboration de l'indice repose sur une synthèse de l'ensemble des paramètres chimiques étudiés. Il s'agit donc d'un paramètre synthétique dont la meilleure application serait pour une étude globale de la qualité regroupant l'ensemble des classes de matières et composés chimiques.

Enfin, cet indice n'étant bâti que sur un ensemble de 4 ou 6 stations (selon les paramètres hydroclimatiques) et pour une série de seulement 8 années, il est possible que des cas extrêmes ou des conditions hydroclimatiques particulières non pas été étudiés. Une correction de cet indice pourrait alors intervenir en fonction des observations ultérieures apportées par des analyses complémentaires intervenant sur d'autres stations et sur un intervalle de temps plus long.

IV INDICE HYDROLOGIQUE ET RELATION QUALITE

Afin de pouvoir parfaire l'explication des résultats des analyses physico-chimiques, les séries annuelles de débit ont également été étudiées au travers de l'élaboration d'un indice hydrologique basé sur la variabilité des débits sur l'année et sur la caractérisation de celles-ci.

En effet, les importantes variations de débits enregistrées au cours de l'année tout comme qui y ont cours pourraient avoir, à l'image des variations des phénomènes hydrologiques, des conséquences sur les résultats des analyses.

IV.1 Elaboration de l'indice hydrologique

Afin de pouvoir entreprendre cette analyse de la variabilité il a été nécessaire dans un premier temps de sélectionnées les stations pouvant servir á l'étude.

IV.1.1 Choix des stations

Cette étude complémentaire reprend les stations sélectionnées pour la précédente étude auxquelles ont été adjointes les stations de la Meuse à Goncourt et de la Chiers à Montigny-sur-Chiers selon les critères déjà mentionnés.

IV.1.2 Comparaison des écarts-types

IV.1.2.1 Résultats globaux sur l'ensemble des stations

On obtient le graphe suivant représentant l'évolution de l'écart-type annuel des débits :

Année	Écart-type
2000	3,9631
2001	5,3331
2002	4,8686
2003	3,2193
2004	3,1755
2005	2,1522
2006	4,4066
2007	4,4144

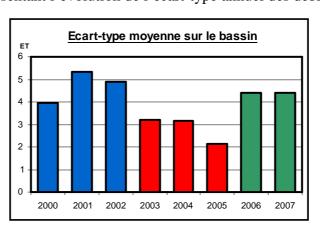


Figure 16 Evolution de l'écart-type annuel du débit

On constate ainsi facilement trois phases distinctes sur la période d'étude. Deux phases figurées ici en bleu et en vert au cours desquelles la valeur d'écart-type et donc la variabilité des débits est forte. Il s'agit des années 2000 à 2002 (période 1) et 2006-2007 (période 3).

Des phénomènes extrêmes pourraient ainsi avoir brutalement par leur caractère exceptionnellement rare fait augmenter la variabilité des débits de ces périodes.

Ces années seraient donc ainsi plus fortement chahutées que la moyenne globale. On constate également sur ce graphique une forte baisse de 2003 à 2005 (période 2) de près de 160% de la variabilité en moyenne.

Ce qui signifie donc que les phénomènes rares tels que suggérés précédemment ne se sont pas produits durant cette période ou tout du moins, moins souvent.

IV.1.2.2Résultats pour chaque station

IV.1.2.2.1 Etude des écarts-types

L'analyse préalablement effectuée sur la totalité des stations a également été effectuée séparément pour l'ensemble des stations. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Année	Fresse-sur- Moselle	Cleurie	Lapoutroie	Saint-Dié	Saint-Boingt	Barbas	Goncourt	Boncourt	Montigny-sur-Chiers
2000	2,5	1,6	0,5	5,4	0,6	0,6	2,5	4,7	2,1
2001	2,7	1,4	0,5	4,8	1,2	1	2,7	6,9	3,5
2002	1,5	1,8	0,6	5,2	0,8	0,6	1,5	5,4	3,3
2003	1,4	0,9	0,3	2	0,5	0,2	1,4	2,2	1,9
2004	2,6	1,4	0,4	2,8	0,8	0,4	2,6	2,4	1,5
2005	1,5	1,1	0,4	2,3	0,3	0,2	1,5	1,6	1,1
2006	3,3	1,6	0,7	6,3	0,6	0,5	3,3	3,1	2,2
2007	3,4		0,6	4,4	0,7	0,5	3,4	4,2	2,8

Tableau XI Écart-type annuel des débits

Comme il a pu être observé à partir des résultats généraux présentés au paragraphe précédent, la variation des écarts-types est systématique pour chaque station. En effet, à chaque reprise, l'écart-type annuel des débits chute fortement en 2003 pour subir l'année suivante une légère remontée qui est toutefois nettement inférieure aux valeurs obtenues de 2000 à 2002 avant de chuter à nouveau en 2005. Une seule différence notoire se dégage de cette étude. A la station de Goncourt, les résultats observés en 2004 sont nettement supérieurs aux résultats des années précédentes et suivantes. Cette

variabilité accrue est la conséquence d'une crue importante ayant eu lieu le 14 janvier de cette année (74.5 m³/s; crue de type quinquennale sèche)

Enfin, la variabilité augmente à nouveau à partir de 2006 et reste forte en 2007. Toutefois, les valeurs observées en 2007 diffèrent d'une station à une autre puisque les résultats sont parfois supérieurs à ceux de 2006 (Boncourt, Montigny) et parfois leurs sont inférieurs (Saint-Dié, Lapoutroie).

A partir de ces constatations et au vu des conclusions apportées au point précédent, les calculs des écarts-types ont également été effectués pour les différentes périodes telles qu'elles ont été décrites au para graphe 2.1. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Période	Fresse-sur- Moselle	Cleurie	Lapoutroie	Saint-Dié	Saint-Boingt	Barbas	Goncourt	Boncourt	Montigny-sur- Chiers	Moyenne
1	3,93	2,58	0,98	9,13	0,92	1,07	8,69	9,73	6,12	4,80
2	3,77	2,00	0,70	5,05	0,56	0,49	5,95	4,90	3,62	3,01
3	4,30	2,81	0,99	8,86	0,77	0,70	10,16	6,62	4,59	4,42

Tableau XII Écart-type des débits par période

Ces résultats confirment les hypothèses émises lors de l'étude globale sur l'ensemble des stations. En effet, pour l'ensemble des stations, la variabilité apparaît minimale pendant la période 2 et nettement plus élevée lors des périodes 1 et 3.

Cette variabilité des résultats reste cependant à définir. Il est nécessaire d'en évaluer les causes et de déterminer ainsi quels sont les paramètres hydrologiques qui en sont la cause.

IV.1.3 Etudes des paramètres hydrologiques

Afin de pouvoir caractériser et interpréter les résultats d'analyses chimiques observés sur l'ensemble des stations de mesure, une étude complémentaire basée sur la caractérisation et l'étude des phénomènes hydrologiques a été réalisée sur les stations d'étude.

Toutefois, pour cette étude, seules 7 stations ont pu être analysées car les série de données doivent être complètes pour pouvoir effectuer le traitement.

Il s'agit des stations suivantes :

La Béchine à Lapoutroie

- La Chiers à Montigny-sur-Chiers

- L'Euron à Saint-Boingt

- La Meurthe à Saint-Dié-des-Vosges

- La Meuse à Goncourt

- L'Orne à Boncourt

Le Vacon à Barbas

L'ensemble des traitements effectués a été réalisé grâce au logiciel australien RAP (*River Analysis Package*) spécialisé dans les analyses statistiques pour l'hydrologie et en particulier du module *Time serie Analysis* (TSA).

Après avoir saisi l'ensemble des données nécessaires à cette étude, plusieurs traitements successifs ont été effectués pour chaque série répartis en quatre grands ensembles :

- L'analyse de la courbe des débits classés
- L'étude des séquences basses
- Le suivi des séquences hautes
- La part du débit de base

IV.1.3.1Courbe des débits classés

L'étude de la courbe des débits classés permet d'évaluer au premier abord quelles ont été les années les plus sèches et celles les plus humides. Il s'agit d'un classement des débits selon leur valeur et leur probabilité d'occurrence.

Ainsi, elle permet de visualiser les événements extrêmes ayant eu lieu dans l'année dont les valeurs de débits ont été soit anormalement élevées soit relativement faibles par rapport aux données de l'année. Voici les résultats obtenus à la station de Saint-Dié:

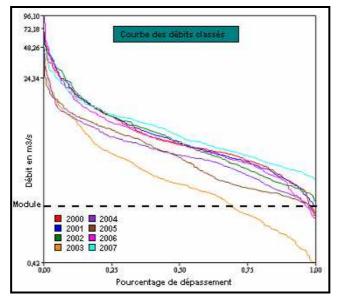


Figure 17 Courbe des débits classés

L'analyse des courbes de débits classés permettent de mettre en évidence à nouveau les différentes périodes telles qu'elles ont été définies au point précédent. En effet les trois années 2003 à 2005 se distinguent avec des débits plus faibles que les autres années pour les évènements d'étiages. Les fréquences de dépassement les plus fortes sont en effet atteintes pour des valeurs de débits nettement inférieurs à ceux des autres années. De la même manière, les fréquences dépassement les plus faibles sont atteintes lors de ces années pour des valeurs de débits plus faibles variant autour de

30m3/s contre près de 80 à 90 m3/s pour lors des autres années. Ainsi donc, les phénomènes de crues ayant cours lors de ces 3 années ont eu des débits de pointe plus faible que les autres années.

Qui plus est, l'année 2003 présente un profil plus bas que les autres années traduisant la baisse générale du débit dans la Meurthe en cette année-là conséquemment à l'intense phénomène de sécheresse constaté.

Enfin, les 5 autres années courant sur les périodes 2000-2002 et 2006-2007 présentent des profils à l'allure plus semblable et aux courbes plus resserrées tant sur les débits faibles que forts. Les caractéristiques hydrologiques de ces années semblent donc apparaître similaires avec des étiages moins sévères avoisinant la valeur du module et des crues plus intenses. On dénote toutefois un léger décalage s'opérant en 2007 avec un rehaussement du profil pour les valeurs d'étiages mettant ainsi en lumière le caractère plus humide de cette année.

Ainsi donc, aux variations annuelles en terme d'écart-types constatées lors de la première étude s'ajoute les spécificités hydrologiques annuelles.

Les années peuvent ainsi non seulement être décrites et étudiées au travers du suivi des variations des débits mais aussi par l'observation directe des phénomènes hydrologiques. Cependant pour parvenir à étudier les chroniques annuelles de débit, il est nécessaire de s'employer à en étudier finement les principales caractéristiques hydrologiques.

IV.1.3.2Etude des séquences basses

IV.1.3.2.1 Paramètres nécessaires

Il a tout d'abord fallu déterminer les caractéristiques définissant ces périodes nécessaires au lancement de l'étude et à son exploitation sur RAP : la période d'indépendance des phénomènes et la longueur minimale du phénomène. Dans un dernier temps, il a également fallu déterminer le seuil de caractérisation.

Période d'indépendance des phénomènes :

Elle désigne le temps nécessaire entre deux points bas pour pouvoir distinguer deux événements indépendants. Pour pouvoir tenir compte de l'ensemble des phénomènes conduisant aux périodes d'étiages et notamment les phases de tarissement, la période retenue fut de 10 jours. Autrement dit, il faut qu'au minimum 10 jours se soient écoulés entre deux points bas pour admettre le déroulement de deux séquences distinctes.

Longueur minimale de l'événement

Elle désigne la durée minimale pour laquelle la valeur de débit doit être inférieure au seuil préétabli. Elle permet ainsi d'exclure les événements ponctuels durant peu de temps et que l'on ne peut donc considérer comme des phénomènes avérés. Pour cette étude, la longueur minimale retenue a été de 5 jours.

Seuil de caractérisation

Plusieurs valeurs de seuil ont été étudiées afin de pouvoir établir la valeur la plus pertinente pour cette analyse. Il s'agit de :

- Le seuil ½ du Module (M ½)
- Le seuil 1/3 du Module (M1/3)
- La valeur du QMNA ½ (Q ½)

L'ensemble des études a ainsi été réalisé pour chacun des trois seuils présentés ci-dessus.

Cependant seul le seul M1/3 apparaît réellement convaincant.

En effet, le seuil du Q ½ paraît excessif puisque, pour cette étude, peu de séquences se dégagent. On compte en effet de nombreuses années pour lesquelles dans le cas de l'utilisation de ce seuil, les séquences s'avèrent être nulles ou de très courte durée.

Par ailleurs, le seuil M ½ semble lui aussi peu adéquat car sa valeur est trop haute. Les séquences sont ainsi nombreuses chaque année couvrant parfois plus des 2/3 de l'année et atteignant fréquemment plus de 200 jours par an.

Ces deux seuils apparaissent ainsi mauvais et semblent tout à fait inadéquats.

En revanche, le seuil M1/3 apparaît comme un bon seuil intermédiaire puisqu'il permet à la fois de conserver des points bas plus faibles que ceux retenus par le seuil Q ½ et des valeurs pas trop importantes qui auraient été conservées par le seuil M ½. Pour l'étude des phénomènes, le seuil M1/3 a donc été retenu.

IV.1.3.2.2 Résultats

Afin d'évaluer l'impact des périodes d'étiage sur la variation de la variabilité interannuelle des débits, plusieurs paramètres ont été étudiés :

- Le nombre de non-dépassement du seuil (1/3 du module)
- La durée totale des périodes
- Le volume écoulé pendant les périodes

Le nombre de non-dépassement

Avec le logiciel RAP, les résultats suivants ont été obtenus au seuil de 1/3 du module :

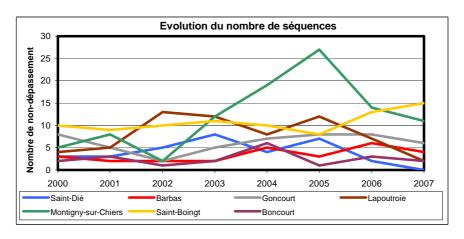


Figure 18 Evolution du nombre de séquences basses par année

Le graphique présenté ci-dessus ne permet pas de dégager une réelle tendance reproductible sur l'ensemble des stations étudiées. En effet, alors que le nombre de séquences apparaît maximal à la station de Montigny en 2005, il est minimal la même année à la station de Boncourt.

De la même manière, alors que le nombre semble en constante progression à la station de Lapoutroie entre 2002 et 2006, il ne fait que varier de façon irrégulière pour l'ensemble des autres stations durant la même période.

La durée totale des séquences

L'étude a pour finir également porté sur la mesure de la durée totale de l'ensemble des séquences ayant eu lieu dans l'année.

Les résultats sont présentés sur le graphique suivant :

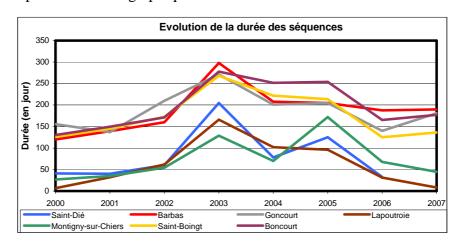


Figure 19 Evolution de la durée des séquences basses par année

A la différence des résultats précédents, la durée des séquences semble suivre une tendance générale sur les stations étudiées. En effet alors que dans un premier temps entre 2000 et 2002, la durée reste courte et stable autour de 50 et de 150 jours, elle augmente brusquement en 2003 consécutivement à l'importante sécheresse observée cet été-ci atteignant des valeurs de 150 jours à 250 jours en moyenne, pour redescendre quelque peu l'année suivante tout en restant élevée et

augmenter de nouveau l'année suivante. Enfin, la durée des séquences chute de façon importante en 2006 puis en 2007 également pour atteindre des durées équivalentes à celle des années 2000-2002.

Le volume écoulé durant les séquences

L'étude du volume écoulé dans l'année permet d'évaluer précisément la sévérité des séquences basses répondant aux critères établis lors du lancement de l'étude. Elle s'est faite au travers de l'application de la formule suivante :

$$\mathbf{A} = \mathbf{V}_{ ext{\'e} ext{tiage}} / \mathbf{V}_{ ext{module}}$$

Avec

Vétiage Volume écoulée pendant la période d'étiage

V_{module} Volume s'écoulant en une journée pour un débit équivalent au module

Le rapport du volume écoulé pendant la période basse par le volume au module permet seulement de lisser les courbes et de rendre compte des évolutions de volume sur l'ensemble des stations sur un même graphique. La surface des bassins versants n'étant pas la même les volumes qui s'écoulent varient selon des échelles différentes selon les cours d'eau.

Les résultats ainsi obtenus figurent sur le graphique suivant :

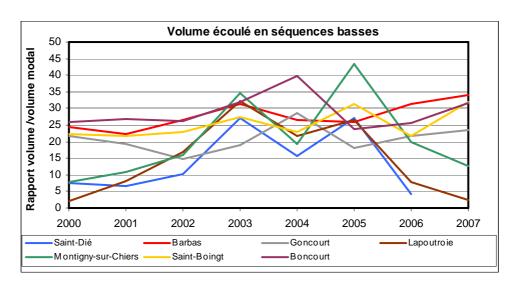


Figure 20 Evolution du volume écoulé en périodes basses

A la différence de l'étude précédente, la sévérité des étiages suit ici une tendance globale identique pour toutes les stations quoique de légères variations se fassent ressentir selon les années. En effet, dans un premier temps, les volumes écoulés en séquences basses lors des trois premières années sont faibles (avec un rapport au module oscillant autour de 5 pour les stations de Saint-Dié, Montigny et Lapoutroie contre un rapport de 25 pour les autres). Ce rapport au module croît alors fortement de 2003 à 2005, traduisant une augmentation importante des volumes d'eau distribués lors des séquences basses. Une baisse peut cependant être observée en 2004. Le volume d'eau

écoulée cette année reste cependant élevé. Enfin, à partir de 2006, le rapport baisse à nouveau sur la les stations de Saint-Dié, Montigny et Lapoutroie traduisant ainsi la nette diminution des volumes apportés durant cette période. Cependant des variations au niveau des autres stations peuvent être observées. Les volumes ont en effet tendance à augmenter pour ces stations sur la période 2006-2007. Elles ne traduisent cependant pas une augmentation réelle des apports à la rivière de volumes d'eau plus importants car en effet le nombre de séquences basses pour ces stations ne diminue pas au cours de cette période. Le volume d'eau calculé ici résultant de la somme des volumes journaliers de ces séquences et non pas de leur moyenne sera donc nécessairement plus élevé.

IV.1.3.3L'étude des séquences hautes

IV.1.3.3.1 Paramètres nécessaires

L'étude de la variabilité liée aux phénomènes de crue nécessite comme pour l'étude des périodes d'étiages, la définition des critères mentionnés dans le point précédent.

Période d'indépendance des phénomènes :

A la différence des phénomènes d'étiages, les crues peuvent et sont souvent des événements ponctuels et leur durée peut alors être très courte, notamment au sein de petits bassins versant pour lesquels le temps de réponse est souvent court. Afin de pouvoir sélectionner et conserver l'ensemble des points hauts que se sont déroulés pendant l'ensemble de la période de l'étude, il faut donc déterminer un seuil d'indépendance nettement plus court. Pour cette étude, il a été de 4 jours. En effet, la période dépendant de la surface du bassin versant (selon la formule N=A^{0,2}) doit être au minimum de plus de 3 jours pour considérer que deux pointes ne forment pas qu'un seul et même événement au sein des plus grands bassins versants étudiés.

Longueur minimale de l'événement

De la même manière la longueur minimale retenue doit être plus faible étant donné le caractère soudain et éclair de ces événements.

Pour cette raison, la durée minimale retenue a été celle minimum au fonctionnement du logiciel, c'est à dire 1 jour.

Seuil de caractérisation

Reprenant le protocole d'étude établi pour la délimitation du seuil des basses séquences, plusieurs valeurs de seuil ont été étudiées afin de pouvoir établir la valeur la plus pertinente pour cette analyse. Il s'agit de :

- Le seuil 2 fois le Module (2.M)
- Le seuil 3 fois le Module (3.M)

Au regard des premiers résultats obtenus pour ces deux seuils, la valeur retenue a été 3 fois la valeur du module pour la délimitation des crues car la valeur 2.M est trop faible. Le nombre de séquences obtenu pour cette valeur de seuil est ainsi trop important et ne reflète pas la réalité des phénomènes hydrologiques. Ainsi pour plusieurs années et à plusieurs stations le nombre de séquence dépasse la valeur de 10 par an pour une durée totale sur l'année de plus de 50 jours et parfois de plus de 80 jours.

IV.1.3.3.2 Résultats

Afin de déceler l'existence d'une tendance liée aux phénomènes de crues, plusieurs paramètres ont été étudiés :

- Le nombre de dépassement du seuil (3 fois le module)
- La durée totale des périodes
- Le volume écoulé durant les périodes

Nombre de dépassement du seuil

L'étude des phénomènes de crue a dans un premier temps porté sur le recensement de la totalité des crues survenues chaque année à chaque station. Les résultats se retrouvent sur le graphique suivant :

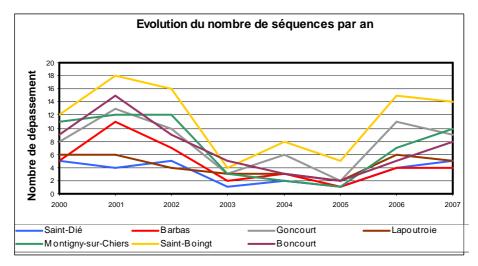


Figure 21 Evolution du nombre de séquences hautes par année

A la différence du nombre de séquences basses, le nombre de séquences hautes semble suivre une nette évolution pour chaque station étudiée. En effet, alors que dans un premier temps (durant les années 2000 à 2002), le nombre apparaît important avec des valeurs moyennes oscillant entre 8 et 12 crues par an ce même nombre chute de manière spectaculaire de plus de 60% entre 2003 et 2005

pour plafonner autour de 2 à 4 crues par an. Enfin dans un troisième temps, les crues deviennent de nouveau plus fréquentes pour atteindre environ un niveau de 8 crues par an.

Ainsi, le nombre de crues reprend les variations observées à partir de l'étude des écartypes.

Durée totale des périodes de crues

Pour finir, l'étude des phénomènes de crues a également porté sur l'évaluation de la durée totale des phénomènes de crues.

Ainsi, pour chaque crue avérée (dépassant donc le seuil de 3M), la durée a été estimée et totalisée sur l'ensemble de l'année. Les résultats sont exposés sur le graphique suivant:

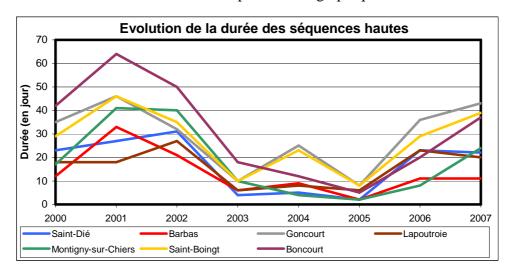


Figure 22 Evolution de la durée des séquences hautes par année

Comme pour la durée des étiages, la durée des crues suit une succession de trois phases pour toutes les stations de l'étude. Cependant, les phases sont logiquement inversées par rapport à celles définies lors de l'étude de la durée des étiages. On constate donc une première période correspondant aux années 2000 à 2002 au cours de laquelle la durée des crues est importante atteignant jusqu'à plus de 60 jours en 2001 à la station de Goncourt même si au cours de l'année 2002 cette durée a tendance à baisser sur plusieurs points de l'étude. Dans un second temps, la durée totale des crues baisse brutalement pour atteindre environ 5 à 20 jours en 2003 et en 2005. Durant cette période de faibles crues, la durée totale augmente légèrement à nouveau en 2004 consécutivement aux importantes crues de janvier. Cependant, la durée totale sur l'année reste nettement faible. Enfin, une troisième période se distingue encore sur ce graphique entre 2006 et 2007. Au cours de cette période, la durée totale des crues augmente à nouveau de façon significative pour atteindre des valeurs équivalentes à celles des années 2000-2002.

On constate donc sans peine l'existence de plusieurs phases durant la période de l'étude. Il reste cependant nécessaire de savoir si ces périodes correspondent à celles définies lors de l'étude générale des valeurs d'écarts-types.

Les résultats obtenus figurent sur le graphique suivant :

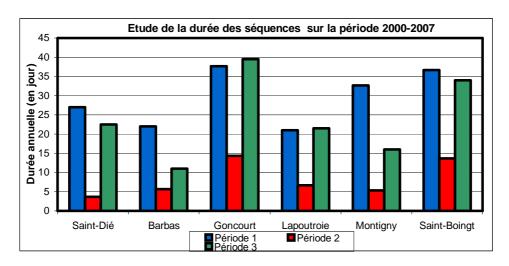


Figure 23 Evolution de la durée des séquences hautes par période

Comme il a pu être constaté à partir du graphique précédent, il existe en effet trois périodes pour l'étude de la durée des crues. Au cours de la première période (de 2000 à 2002), les crues occupent une part importante de l'année allant de 20 jours à plus de 35 jours selon les stations. Au cours de la période suivante (de 2003 à 2005), la durée des crues chute irrésistiblement pour s'échelonner entre 5 et 15 jours. Enfin, la durée totale des crues augmente à nouveau fortement lors de la dernière période (2006-2007). Les crues jouent ainsi dans le cadre de cette étude un rôle prépondérant

Volume écoulé pendant les périodes

Cette étude a également tenté de caractériser les années selon le volume écoulé en périodes hautes. Elle a ainsi reposé sur le rapport du volume des crues au volume du module des débits à chaque station selon la méthode expliquée au point *III.2.3.2.2.* concernant le volume en séquences basses: Les résultats alors obtenus sont présentés sur la figure suivante :

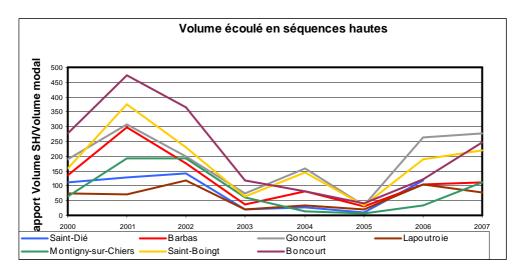


Figure 24 Evolution du volume écoulé en séquences hautes

A l'image des résultats obtenus au deux points précédents, les volumes écoulés lors des séquences hautes suit une variation reproductible à toutes les stations étudiées reprenant les mêmes variations que l'étude de la durée et du nombre de séquences.

Le volume est dans un premier temps très élevé bien que variable avec des rapports au module variant de 100 à près de 500 selon les stations. Les volumes écoulés en séquences hautes sont alors très importants soit parce que les crues sont nombreuses soit parce qu'elles ont un débit de pointe très élevé. Dans un second temps, le volume chute fortement (entre de 2003 à 2005) pour atteindre des rapports au module très faible de l'ordre de 25 à 150 soit près de 4 fois moins que durant la période précédente. Ces faibles valeurs sembleraient ainsi dues à la baisse conjuguée du nombre et de la durée des phénomènes. Enfin, dans un troisième temps, les volumes écoulés augmentent à nouveau et brusquement en 2006-2007 pour culminer à des rapports de 100 ou 250 fois le module.

IV.1.3.4Suivi du débit de base

IV.1.3.4.1 Démarche suivie

Le débit de base représente la part du débit des rivières issu d'apports souterrains en provenance des nappes.

La méthode de calcul du débit de base de l'hydrogramme repose sur la méthode Lyn and Holick, Grayson et al. (1996).(cf. *A review of techniques for analysing baseflow* Brodie and Hostetler) Cette méthode repose sur un indice alpha (ou filtre de Lyn-Holick) ici évalué à 0.975.

Le débit de base est calculé comme suit :

$$q_{b(i)} = q_{(i)} - q_{f(i)}$$

$$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1 + \alpha}{2}$$

Avec $q_{b(i)}$ Débit de base à l'instant i $q_{(i)}$ Débit total à l'instant i $q_{f(i)}$ Ecoulement superficiel à l'insant i α Coefficient

Voici une représentation graphique des résultats obtenus pour la décomposition de l'hydrogramme, il s'agit ici de l'hydrogramme en valeur journalière de la Meurthe à Saint-Dié au premier semestre 2000.

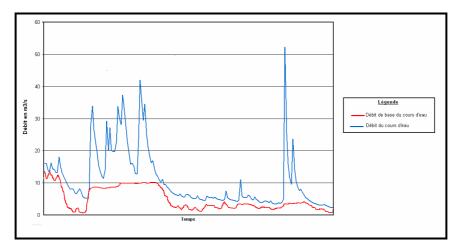


Figure 25 Reconstitution du débit de base

IV.1.3.4.2 Résultats

Plusieurs paramètres ont été mesurés à partir de la reconstitution du débit de base des rivières. Il s'agit de :

- Le pourcentage annuel du débit de base
- L'ampleur de la valeur journalière du débit de base

Pourcentage annuelle du débit de base

Cette valeur représente la part de l'écoulement total annuel du à l'apport des nappes souterraines. Il s'agit donc de la contribution des nappes au débit des rivières. Les résultats calculés grâce à la méthode évoquée ci-dessus sont représentés sur le graphique suivant :

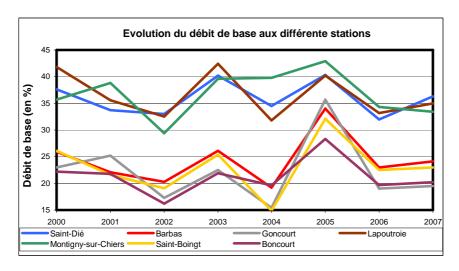


Figure 26 Evolution du débit de base

Le débit de base semble suivre une évolution cyclique le long des années avec des contributions élevées lors des années de plus grande sécheresse telles que 2003 ou 2005 et des contributions plus faibles lors des années plus humides ou bien des années au cours desquelles d'importantes crues sont survenues.

Toutefois, ces résultats sont le seul reflet de la contribution du débit de base et ne sont donc qu'un rapport à la moyenne globale de l'année. Ainsi une forte contribution ayant cours lors d'une année sèche ne signifiera pas pour autant que le débit de base fut important et inversement.

Les observations tirée de cette étude reflète donc plutôt les phénomènes qui se sont produits dans les rivières qu'une tendance générale.

Il est donc nécessaire de s'intéresser également à la valeur même du débit de base.

Ampleur de la valeur journalière du débit de base

Cette grandeur évaluée à partir de la valeur moyenne journalière du débit de base, mesure le rapport au module de cette dernière. Les valeurs de débit de base par jour étant trop disparates en fonction des stations. Il est nécessaire d'uniformiser les valeurs en les rapportant au module. Elle permet ainsi d'évaluer l'importance du débit de base non plus en proportion du débit total des rivières mais plutôt en terme de sévérité permettant ainsi d'évaluer, par rapport au module, l'intensité de l'apport des nappes. Les phénomènes de sécheresses et de forts débits omis par l'étude simple du pourcentage annuel sont ainsi soulignés.

Les résultats obtenus sont présentés sur le graphique suivant.

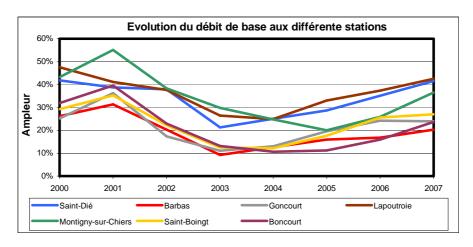


Figure 27 Evolution de l'ampleur du débit de base

Une tendance générale peut facilement apparaître sur ce graphique. L'ampleur du débit de base dans un premier temps important variant environ entre 40 et 20% chute progressivement à partir de 2002 pour atteindre un point culminant en 2003, année d'une sécheresse importante. Cette valeur reste faible alors oscillant autour de 10% durant les deux années qui suivent avant de progresser à nouveau dès 2006 et atteindre les valeurs de la période de 2000 à 2002.

Cette tendance peut par ailleurs être confirmée par l'étude suivante, regroupant les années par période :

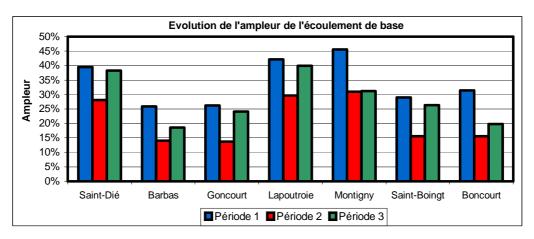


Figure 28 Evolution de l'ampleur du débit de base par période

En effet, l'ampleur du débit de base évolue nettement au cours des trois périodes étudiées. Elle est ainsi en effet systématiquement plus faible lors de la période 2 et nettement plus élevée durant les autres périodes.

Elle est donc un paramètre important contribuant à la caractérisation des années telles qu'elles ont été distinguées lors de l'étude des écarts-types.

IV.1.4 Récapitulatif des caractéristiques par années

A partir de l'ensemble des conclusions apportées aux différents points abordés lors de cette étude, une caractérisation globale des années a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le tableau cidessous

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
V	ariation des écarts-types	élevée	élevée	élevée	légère	légère	élevée	élevée	élevée
P	rofil des débits classés	haut	haut	haut	bas	bas	bas	haut	haut
	Durée	faible	faible	faible	forte	forte	faible	faible	faible
SB	Volume écoulé	faible	faible	faible	forte	forte	faible	faible	faible
	Nombre	forte	forte	forte	faible	faible	faible	forte	forte
	Durée	forte	forte	forte	faible	faible	faible	forte	forte
SH	Volume écoulé	forte	forte	forte	faible	faible	faible	forte	forte
A	mpleur du débit de base	forte	forte	forte	faible	faible	faible	forte	forte

Tableau XIII Caractérisation générale des années de l'étude

Ainsi, l'étude a permis de dégager l'existence de plusieurs phénomènes participant de manière importante à la caractérisation hydrologique des années. Cela concerne notamment les écartypes-types des débits et les phénomènes de crues au travers de leur nombre et de leur durée et les phénomènes d'étiages au travers de leur nombre.

Cette étude a aussi permis de mettre en évidence deux types d'années aux caractéristiques hydrologiques spécifiques.

Les périodes 1 et 3 à la variabilité des débits plus forte (environ 4,5) correspondent à des années au cours desquelles les étiages furent courts (en moyenne égaux à 100 jours), à des années pour lesquelles les crues furent nombreuses (8,5 crues par an) et d'une durée annuelle totale importante (de 29 jours en moyenne) et durant laquelle le débit de base à fortement contribué au débit des rivières.

Les nombreuses crues survenues durant ces périodes ont donc été l'élément déclencheur de cette forte disparité des débits.

En revanche, la période 2 présentant une plus faible variabilité des débits (égale à 3) est le siège de période de sécheresses plus importantes avec des étiages plus longs (170 jours en moyenne) et des crues moins nombreuses (3 par an) et de plus courte durée (8 jours).

Cette étude a donc permis de mettre en lumière l'existence de spécificités annuelles importantes pouvant influer sur les concentrations chimiques des rivières. Toutefois, il est important de déterminer si cette variabilité aux causes hydrologiques est à l'origine de manière direct des résultats de qualité.

IV.1.5 Elaboration de l'indice hydrologique

IV.1.5.1Paramètres pris en compte

Les conclusions apportées par les points précédents permettent de mettre en évidence les critères hydrologiques prépondérants entrant en compte dans la caractérisation hydrologique des années. Il s'agit des critères suivants :

- Ecart-type des débits journaliers (ET)
- Durée des étiages (De)
- Volume écoulé en période d'étiage (Ve)
- Nombre de crues (Nc)
- Durée des crues (Dc)
- Volume écoulé en période de crue (Vc)
- Ampleur du débit de base (Qb)

Il est cependant nécessaire d'estimer la pertinence de ces différents critères et d'évaluer la redondance potentielle entre eux.

Afin de pouvoir prendre en compte l'interdépendance de ces paramètres, une corrélation linéaire a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Nc	Dc	Vc	De	Ve	Qb	ET
Nc		0,83	0,80	-0,18	-0,16	0,35	0,19
Dc	0,83		0,94	-0,19	-0,20	0,41	0,54
Vc	0,80	0,94		0,00	-0,01	0,23	0,47
De	-0,18	-0,19	0,00		0,74	-0,89	-0,24
Ve	-0,16	-0,20	-0,01	0,74		-0,68	-0,23
Qb	0,35	0,41	0,23	-0,89	-0,68		0,33
ET	0,19	0,54	0,47	-0,24	-0,23	0,33	

Tableau XIV Corrélation entre les paramètres de l'indice hydrologique

Comme le laissait à penser les conclusions apportées aux chapitres précédents, il existe de fort lien entre les paramètres notamment en ce qui concerne les séquences hautes dites de crue.

En effet, la corrélation positive extrêmement élevée suggère l'existence d'une dépendance forte entre ces paramètres. Plus la durée annuelle totale des crues est importantes plus le volume d'eau écoulé durant ces périodes sera conséquent. Le même schéma se reproduisant aussi pour le nombre de crues. Ainsi l'ensemble des paramètres de crue apparaissent très fortement redondants. Pour éviter lors de la caractérisation hydrologique des années cette redondance, il faut moyenner ces

différents paramètres afin de concevoir un paramètre crue synthétique regroupant l'ensemble des informations concernant les périodes de crues.

De plus, la durée des étiages est fortement corrélée positivement avec le volume écoulé en période d'étiage et négativement avec le débit de base. En effet, plus la période d'étiage est longue, plus les volumes d'eau écoulée durant cette période seront élevés et plus l'amplitude du débit de base sera faible. Les périodes d'étiages fournissant un débit moindre que les périodes de crues, le volume annuel écoulé sera plus faible à mesure que les étiages sont longs et sévères. L'alimentation des nappes en volume sera donc moindre bien que la part total puisse ne pas changer.

Pour les besoins de cette étude, il est donc nécessaire de ne conserver que le paramètre de la durée des étiages afin d'éviter la redondance de l'information. L'indice des étiages équivaut ainsi à ce paramètre mais représente cependant également les volumes écoulés en étiage et le débit de base.

Enfin, le test des corrélations permet de mettre en évidence le caractère original des valeurs d'écarts-types dans la caractérisation des années. En effet, la corrélation apparaît toujours faible et pour l'ensemble des paramètres étudiés. L'écart-type doit donc être un élément majeur dans la caractérisation hydrologique des années.

IV.1.5.2Etude multivariée

Avant de lancer l'analyse multivariée des critères hydrologiques, un calcul de l'indice de crue a été comme mentionné ci-dessus calculé afin de palier aux redondances d'information induites par les 3 paramètres de crue. L'indice synthétique nommé I_{crue} reprend donc ces informations de manière globale selon la formule suivante :

$$I_{crue} = Vc/Dc$$

Avec, Vc : volume annuel écoulé en période de crue

Dc : durée annuelle des crues

L'indice de crue permet ainsi d'estimer le volume (en proportion du module) par jour de crue.

A partir de cet indice ainsi que de l'indice des étiages et des écarts-types, une analyse multivariée a été réalisée. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Ax	e 1	Ax	e 2	Axe 3	
Paramètre	Corr.	% (Tot. %)	Corr.	% (Tot. %)	Corr.	% (Tot. %)
Icrue	0,786	62 % (62 %)	0,4044	16 % (78 %)	-0,4676	22 % (100 %)
Iétiage	0,8431	71 % (71 %)	0,1365	2 % (73 %)	0,5201	27 % (100 %)
ET	-0,5101	26 % (26 %)	0,8488	72 % (98 %)	0,1391	2 % (100 %)
Var. Expl.	1,5889	53 % (53 %)	0,9026	30 % (83 %)	0,5085	17 % (100 %)

Tableau XV Résultats de l'ACP

Les résultats de ce tableau permettent de caractériser plus aisément les années : plus les relevés se situent sur la partie gauche du graphique plus les indices d'étiage et de crue seront élevés.

En outre, plus les indices se situent en partie haute du graphique et plus la valeur de l'écart-type sera importante.

Ces conclusions permettent d'interpréter le graphique suivant présentant le positionnement de chaque année sur le graphique ACP.

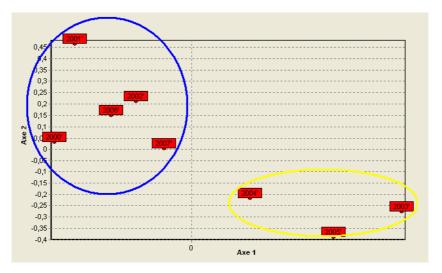


Figure 29 Représentation ACP des années

A partir de ce graphique on peut distinctement différencier les années selon les critères hydrologiques précisés auparavant. Ainsi, les années 2003 à 2005 forme un groupe distinct éloigné des autres années. Les caractéristiques hydrologiques diffèrent ainsi nettement des autres années. Le positionnement très bas sur ce graphique montre que les différences de variabilité sont notoires. Les années jaunes ont ainsi une variabilité nettement plus faible que la moyenne et nettement inférieure à celle des autres années de l'étude de manière générale. Qui plus, le positionnement très à droite sur ce graphique valide les hypothèses concernant un fonctionnement hydrologique différent notamment associé à des indices d'étiage et de crue plus forts. Autrement dit, les phénomènes d'étiage ayant eu cours ces années ont été plus longs et plus sévères que les autres années. Et que les phénomènes de crues ont été moins longs et moins nombreux que les années bleues. Qui plus est, le positionnement légèrement moins excentré de l'année 2004 confirme les observations effectuées plutôt. Cette année a présenté des étiages moins fréquents (80 à 250jours) que les années 2003 et 2005 (160 à 260jours) restant cependant nettement supérieurs aux autres années (45 à 160 jours par an). A partir de ces constations il est possible d'établir un indice hydrologique global prenant compte de l'ensemble de ces paramètres.

IV.1.5.3Indice hydrologique

Cet indice repose sur la constatation simple que la variabilité des débits d'une année évolue de la même manière que les crues et inversement par rapport aux phénomènes d'étiages.

Une année variable correspond à une année aux crues fortes et nombreuses et aux périodes d'étiages peu nombreuses et de courte durée.

A partir de ces observations un indice hydrologique noté Ih a été conçu. Il repose sur la formule suivante :

Ih= ET*Icrue/Iétiage

Chaque année a ainsi pu être caractérisée par cet indice. Plus l'indice est élevé et plus l'année aura été passablement chahutée. Plus l'indice tend vers zéro plus l'année aura été stable avec des événements hydrologiques extrêmes nuancés et peu nombreux.

Les résultats figurent sur les graphiques suivants :

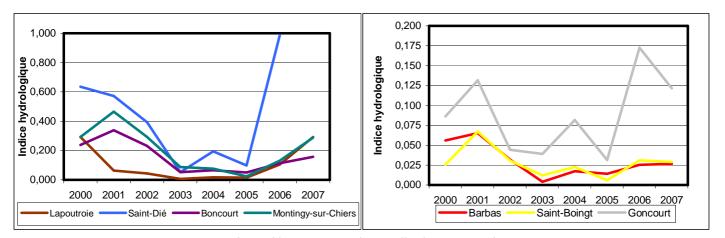


Figure 30 a et b Evolution de l'indice hydrologique

Les résultats ont été présentés sous la forme de deux graphiques afin de faciliter leur visibilité.

A l'image des conclusions annoncées, l'indice hydrologique varie fortement selon les années avec des fortes baisses observables en 2003 et 2005. Sur l'ensemble des stations, l'indice chute fortement durant la période 2003-2005 avant d'augmenter durant la période 2006-2007.

La distinction entre années chahutées et années calmes peut ainsi s'apercevoir à nouveau ici.

IV.2 Corrélation de la variabilité des débits à la qualité

Comme il a pu être constaté, la variabilité des débits aux stations de référence est réelle. En effet, plusieurs périodes peuvent sans peine être distinguées au sein de la chronique étudiée.

Ainsi deux périodes de forte variabilité essentiellement dues aux crues importantes tant en durée qu'en nombre apparaissent aisément au sein de cette étude hydrométrique encadrant une période aux variations de débit plus faible notamment due à la diminution des phénomènes de crues et à l'augmentation parallèle des périodes d'étiages. Cependant, il apparaît nécessaire d'évaluer si ces différences notoires ont une réelle incidence sur la qualité physico-chimique des rivières. A cette fin, une étude de la variabilité des paramètres physico-chimiques a été effectuée reposant sur la comparaison des valeurs de qualité aux écarts-types des débits, aux phénomènes hydrologiques pour chaque station hydrométrique et pour finir à l'indice hydrologique.

IV.2.1 Evaluation de la corrélation

Une étude de la corrélation linéaire entre la variabilité des débits et les concentrations des paramètres physico-chimiques a été réalisée conformément au protocole exposé au point I.2.2. On cherche ainsi à estimer si un ajustement linéaire simple est possible entre ces deux variables.

Pour cette étude, seulement 6 des 9 stations ont pu être conservées puisque la station hydrométrique de Lapoutroie n'offre pas la possibilité d'une corrélation avec une station de suivi de la qualité et que les stations de la Cleurie et de Fresse-sur-Moselle ne dispose pas d'une chronique de débit complète.

Les couples de stations retenus parmi les quels plusieurs sont formés de stations hydrométrique et de qualité confondus sont les suivants :

- La Meurthe à Saint-Dié avec la Meurthe à Gratin
- Le Vacon à Barbas (stations confondues)
- L'Orne à Boncourt (stations confondues)
- L'Euron à Saint-Boingt avec l'Euron à Froville
- La Meuse à Goncourt (stations confondues)
- La Chiers à Montigny sur Chiers avec la Chiers à Longlaville

Pour l'ensemble de ces couples, les données physico-chimiques ont été analysées et le calcul des écarts-types annuels effectué.

IV.2.2 Résultats

IV.2.2.1Corrélation sur la moyenne des paramètres qualité

Cette étude repose sur l'analyse des résultats de qualité chimiques avec la variabilité des débits.

Elle cherche ainsi à mettre en évidence l'influence éventuelle de la variabilité des débits sur les paramètres décrivant la qualité des rivières du bassin.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Saint-Dié	Barbas	Saint-Boingt	Boncourt	Goncourt	Montigny-sur-Chiers
Amonium	0,44	-0,32	-0,43	0,33	-0,46	-0,78
Azote global	-0,53	-0,08	0,03	-0,16	0,01	-0,46
Azote Kjeldahl	0,22	0,08	-0,13	0,50	-0,21	-0,58
Carbone organique	0,43	0,21	0,01	-0,28	-0,02	-0,28
DBO5 à 20°C	-0,12	-0,06	-0,11	-0,14	-0,59	-0,39
D,C,O,	0,20	0,55	-0,11	-0,13	-0,17	0,54
Nitrates	-0,43	-0,08	0,33	-0,22	0,19	0,54
Nitrites	-0,53	-0,36	-0,67	-0,32	0,24	-0,83
Orthophosphates	-0,76	-0,55	-0,61	-0,71	-0,27	-0,39
Oxygène dissous	-0,06	0,13	0,34	0,75	0,33	0,83
Phosphore total	-0,01	0,25	-0,46	0,30	0,02	0,10
Taux de saturation en O2	0,05	0,21	0,44	0,70	-0,22	0,84

Tableau XVI Résultat de la corrélation sur la moyenne

Les résultats présentés dans ce tableau montrent l'absence de corrélation entre les concentrations telles qu'elles sont observées dans les cours d'eau aux stations de mesure et la variabilité des débits constatée lors de cette étude. En effet, pour la majorité des stations la corrélation observée est au maximum de niveau moyen avec une valeur maximale de 0,84 pour la station de Montigny-sur-Chiers. Cela signifie donc que la qualité chimique des rivières n'est pas influencée par la variabilité des débits de manière directe.

Une variabilité des débits accrue ne se traduira donc pas nécessairement par une augmentation ou par une diminution des concentrations.

Toutefois, il est important d'associer cette étude à une analyse de la variabilité des concentrations. La valeur moyenne annuelle des concentrations ne permet pas en effet de pouvoir étudier les variations de la qualité qui se déroulent au long de l'année. Elles sont le simple reflet de l'ensemble des mesures effectuées durant l'année et ne traduisent donc pas la variation des résultats obtenus durant cette période

IV.2.2.2Corrélation à l'indice hydrologique

Afin de tester l'influence de la nature hydrologique de l'année sur la qualité des eaux, une comparaison des indices hydrologiques et de la qualité chimique des rivières a été entreprise. Les résultats sont fournit dans le tableau suivant :

	Saint-Dié	Barbas	Saint-Boingt	Boncourt	Goncourt	Montigny-sur-Chiers
Amonium	0,50	-0,34	-0,33	0,25	-0,38	-0,72
Azote global	-0,27	-0,16	0,25	-0,19	0,04	-0,45
Azote Kjeldahl	0,22	0,20	0,12	0,54	-0,03	-0,54
Carbone organique	0,54	0,29	0,14	-0,24	0,17	-0,54
DBO5 à 20°C	-0,37	-0,37	-0,18	-0,19	-0,35	-0,22
D,C,O,	0,29	0,44	0,01	-0,07	0,09	0,67
Nitrates	-0,31	-0,19	0,46	-0,25	0,07	0,67
Nitrites	-0,43	-0,55	-0,64	-0,39	0,08	-0,65
Orthophosphates	-0,63	-0,52	-0,77	-0,73	-0,11	-0,57
Oxygène dissous	-0,25	0,18	0,19	0,79	0,44	0,88
Phosphore total	-0,07	0,34	-0,35	0,32	0,25	0,27
Taux de saturation en O2	-0,15	0,29	0,30	0,77	-0,05	0,84

Tableau XVII Résultat de la corrélation à l'indice hydrologique

A l'image des conclusions apportées précédemment, le lien de cause à effet entre les phénomènes hydrologiques et la qualité chimiques des rivières semble tenu tant les coefficients de corrélation sont faibles. Cependant, le fait qu'ils soient nettement supérieurs à 0,5 dans près de 50% des cas prouvent tout de même la présence d'une influence aussi légère soit elle entre les paramètres hydrologiques et chimiques. En outre, les orthophosphates semblent subir une influence plus importante des phénomènes hydrologiques que l'ensemble des autres composés chimiques étudiés ici.

Ainsi, les résultats en terme de qualité des eaux ne peuvent être directement et seulement imputés à la variabilité des débits. Même si la variabilité des débits est avérée sur l'ensemble des stations suivies lors de cette étude, sa relation directe avec les concentrations n'a pu être parfaitement mise en évidence. Toutefois afin de pouvoir tirer une conclusion générale applicable à l'ensemble du bassin, il apparaît nécessaire d'étudier d'avantage de stations afin d'avoir une représentation la plus fidèle possible de la diversité du bassin. De plus, il est possible qu'une autre corrélation existe, mais que cette étude n'a pas permis de mettre en lumière. Afin de pouvoir statuer sur la pertinence d'un tel outil pour le suivi de la qualité des eaux, il faudrait donc certainement prendre en compte d'avantage de paramètres physico-chimiques et également effectuer d'autres tests statistiques. En effet, une relation autre que linéaire pourrait peut-être exister entre ces deux variables.

V CONCLUSION

L'analyse classique n'est aujourd'hui plus suffisante pour pouvoir tenter d'expliquer les évolutions de la qualité chimique des rivières. En effet, la présente étude a permis de mettre en évidence des lacunes dans l'utilisation d'une telle méthode pour le suivi qualité des rivières. Des débits élevés dans les rivières ne se traduisent ainsi pas nécessairement par l'augmentation de la concentration des composés chimiques dans les cours d'eau.

Afin de poursuivre l'analyse des résultats chimiques au regard de la donnée débit, cette étude a cherché à mettre en lumière l'existence d'autres phénomènes hydrologiques susceptibles d'être à l'origine des fluctuations de qualité.

Cette étude, par son approche renouvelée du débit a permis de mettre en évidence de nouveaux liens de causes à effet nécessaires à la compréhension de la chimie des rivières. Le suivi de la qualité ne s'effectue ainsi plus au travers du simple suivi de l'évolution du débit des rivières mais bien au niveau des phénomènes qui en sont à l'origine. Afin d'expliquer les résultats d'analyse, il est donc nécessaire de s'intéresser au plus près aux réalités hydrologiques des rivières. En effet, la relation entre le caractère hydrologique de l'année et les paramètres de qualité bien qu'elle soit partielle montre l'influence importante exercée par l'hydrologie sur la qualité chimique des rivières.

De plus les conditions hydrologiques et pluviométriques particulières qui s'exercent lors du prélèvement jouent elles aussi un rôle majeur dans les résultats de qualité. Afin de pouvoir avoir une représentation fidèle des concentrations chimiques des rivières, il est ainsi nécessaire d'intégrer ces paramètres dans l'analyse.

L'étude entreprise ici souligne l'influence très forte des conditions hydrologiques de la phase de prélèvement. En effet, un phénomène de crue n'aura pas les mêmes répercussions sur la qualité des selon qu'il est échantillonné à son début ou à sa fin. De même l'importance du débit de la rivière entraine des modifications notoires en terme de qualité chimique.

Enfin, bien que les relations entre la variabilité des débits et la qualité des rivières soient tenues. Il existe également une influence de la variabilité sur la qualité.

Cependant, cette étude afin de pouvoir être complète nécessiterait l'intégration de plus de stations et d'années plus nombreuses.

VI <u>BIBLIOGRAPHIE</u>

Documentation scientifique

Moatar F., Meybeck M., Poirel A. 2008. Daily variability an dits implication on long term river water quality surveys: the Middle Loire example. Congrès SHF « Mesures hydrologiques et incertitudes ». 1 et 2 avril 208

Staub P., Audet J., Raymond S., Moatar F. 2008. Incertitudes sur l'attribution de l'état de qualité physico-chimique des cours d'eau par le quantile 90% des concentrations en fonction de la fréquence des suivis annuels : cas des nutriments. Congrès SHF « Mesures hydrologiques et incertitudes ». 1 et 2 avril 208

Brodies R.S., Hostetler S. 2006. A review of techniques for analysing baseflow from stream hydrographs. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University

Sites Internet

<u>http://www.rhin-meuse.eaufrance.fr/</u> (collecte des données physico-chimiques)

http://www.eau-rhin-meuse.fr (Site officiel de l'agence de l'eau Rhin-Meuse)

Logiciels utilsés

Banque Hydro. Application pour le suivi des données hydrométriques

Tanagra. Logiciel d'analyse de données développé par l'université de Lyon par Ricco Rakotomalala (2004) téléchargeable à partir du lien suivant : http://eric.univ-lyon2.fr

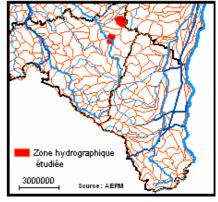
River Analysing Package. Evaluation des caractéristiques hydrologiques et hydrométriques d'une chronique de débits. Logiciel téléchargeable sur www.toolkit.net.au/rap

Stations de référence pour l'étude des prélèvements

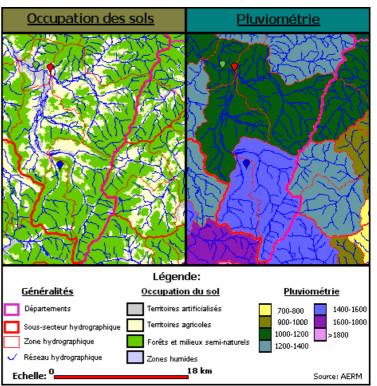
ANNEXE A PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DE LA

MEURTHE

	Commune	Cours d'eau	Pluviométrie (mm/an)
Station pluviométrique	Clefcy		1400-1600
Station hydrométrique	Saint-Dié	Meurthe	1000-1200
Station suivi qualité	Gratin	Meurthe	1000-1200



Vue satellite de la zone d'étude © 2008 Google- Imagerie © 2008 TerraMetrics ↑ Station pluviométrique ↑ Station hydrométrique ↑ Station de suivi qualité



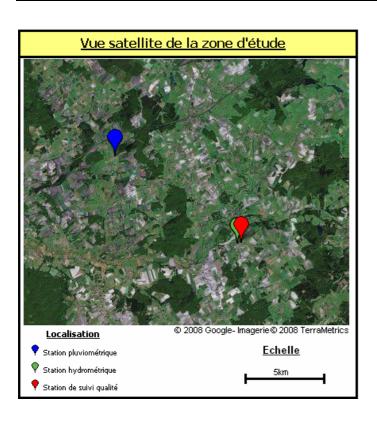
Caractéristiques hydrologique de la station de mesure

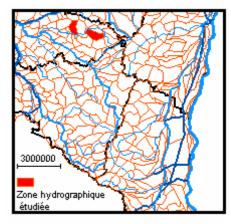
Nom	La Meurthe à Saint-Dié							
Code Département	A6051020 Vosaes							
Commune	Saint-Dié	- todget - time to the time to						
Cours d'eau	LA Meurthe	A Meurthe Coord Y 2375131m QMNA 1/10 1,2 m3/s						

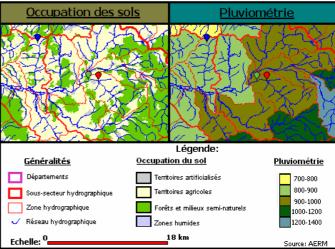
Coordonnées (x,y, L2e)-PK:	944042 km, 2374992 km La Meurthe	Classe de dureté:	Dureté faible
Commune (Insee, Nom): (88413) SAINT-DIE-DES-VOSGES		Catégorie piscicole:	Première catégorie
Code hydrographique	A605010A - MEURTHE 2 (FRCR278)		Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP
Masse d'eau:	(1 11)		Mesures hydrobio Diatomées
	0200000009 - RNB RM (01/01/71-31/12/06)		Mesures hydrobio Invertébrés
_,	0200000047 - RSPL (01/01/03- En cours)	Suivis réalisés:	Mesures microbiologie QSUP
Réseau(x) d'appartenance:	0200000058 - RESALTT (01/01/71- En cours)		Mesures micropolluants QSUP
	0200000059 - RSPRM (01/01/07- En cours)		Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP
	0200000063 - RCORMDR-CE (01/01/07- En cours)		Mesures physico-chimie QSUP

ANNEXE B PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DU VACON

	Commune	Cours d'eau	Pluviométrie (mm/an)
Station pluviométrique	Leintrey		800-900
Station hydrométrique	Barbas	Vacon	900-1000
Station suivi qualité	Barbas	Vacon	900-1000







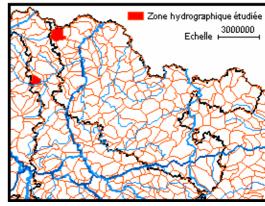
Caractéristiques hydrologique de la station de mesure

Nom	Le Vacon à Barbas								
Code	A6443010	6443010 BV 35,4 km ² Module 0,463 m3/s							
Département	Meurthe et Moselle	Altitude	258 m	QMNA 1/2	0,043 m3/s				
Commune	Barbas	Coord X	932 357 m	QMNA 1/5	0,025 m3/s				
Cours d'eau	Le Vacon	Coord Y	2 407 029 m	QMNA 1/10	0,018 m3/s				

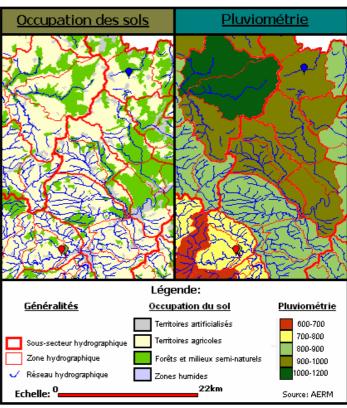
Coordonnées (x,y, L2e)-PK:	933509 km, 2406906 km Ruisseau le Vacon	Classe de dureté:	Dureté moyenne	
Commune (Insee, Nom):	(54044)BARBAS	Catégorie piscicole:	Première catégorie	
Code hydrographique			Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	
Masse d'eau:	A645033A - VEZOUZE 2 (FRCR285)		Mesures hydrobio Diatomées	
	0200000009 - RNB RM (01/01/91-31/12/06)	Suivis réalisés:	Mesures hydrobio Invertébrés	
Réseau(x) d'appartenance:	0200000058 - RESALTT (01/01/91- En cours)		Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP	
			Mesures physico-chimie QSUP	

ANNEXE C PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DE L'ORNE

	Commune	Cours d'eau	Pluviométrie (mm/an)	
Station pluviométrique	Ludelange		900-1000	
Station hydrométrique	Boncourt	Orne	700-800	
Station suivi qualité	Boncourt	Orne	700-800	



Vue satellite de la zone d'étude Localisation © 2008 Google-Imagerie© 2008 TerraMetrics Echelle Station pluviométrique Station hydrométrique Station de suivi qualité



Caractéristiques hydrologiques de la station de mesure

Nom	L'Orne à Boncourt							
Code	A8071010	8071010 BV 412 km ² Module 3,7						
Département	Meurthe et Moselle	Altitude	185m	QMNA 1/2	0,26 m3/s			
Commune	Boncourt	Coord X	854 948 m	QMNA 1/5	0,13m3/s			
Cours d'eau	L'Orne	Coord Y	2468408 m	QMNA 1/10	0,086 m3/s			

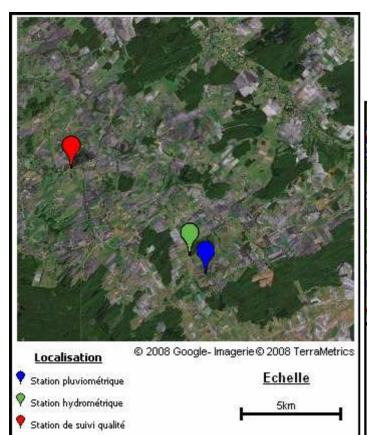
Coordonnées (x,y, L2e)-PK:	854913,73 km, 2468402,5 km L'Orne	Classe de dureté:	Dureté forte	
Commune (Insee, Nom):	(54082)BONCOURT		Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	
Catégorie piscicole:	Deuxième catégorie		Mesures hydrobio Diatomées	
Code hydrographique	A806010A - ORNE 1 (FRCR380)	Suivis réalisés:	Mesures hydrobio Invertébrés	
Masse d'eau:	A800010A - OKNE 1 (FRCK380)	Suivis realises:	Mesures microbiologie QSUP	
Págagy (v) diannautananas	0200000008 - RBM (01/01/01- En cours)		Mesures phys-chim-μbio-μp QSUP	
Réseau(x) d'appartenance:	0200000009 - RNB RM (01/01/91-31/12/06)		Mesures physico-chimie QSUP	

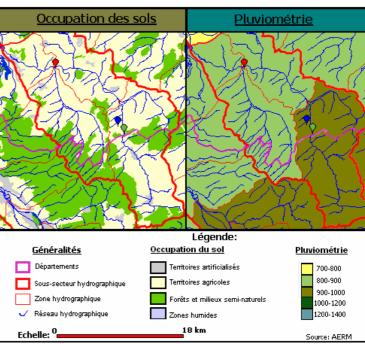
ANNEXE D PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DE

L'EURON

	Commune	Cours d'eau	Pluviométrie (mm/an)
Station pluviométrique	Saint-Boingt		900-1000
Station hydrométrique	Saint-Boingt	Euron	900-1000
Station suivi qualité	Froville	Euron	800-900







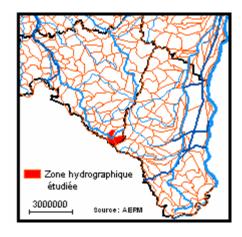
Caractéristiques hydrologiques de la station de mesure

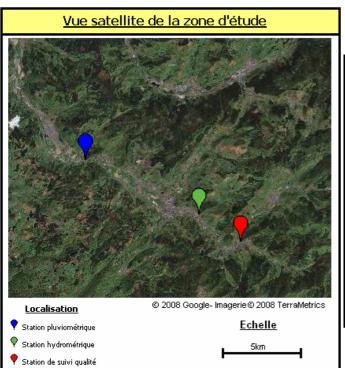
Nom	L'Euron à Saint-Boingt								
Code	A5002010	5002010 BV 36,9 km ² Module 0,386 m3/s							
Département	Meurthe et Moselle	Altitude	278 m	QMNA 1/2	0,023 m3/s				
Commune	Saint-Boingt	Coord X	903 873 m	QMNA 1/5	0,013 m3/s				
Cours d'eau	L'Euron	Coord Y	2 387 384 m	QMNA 1/10	0,0095 m3/s				

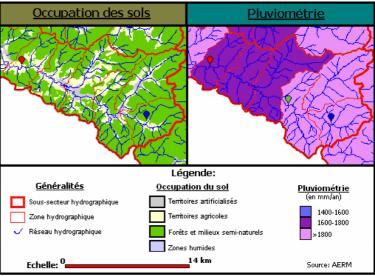
Coordonnées (x,y, L2e)-PK:	897940,59 km, 2393362,46 km L'Euron	Classe de dureté:	Dureté forte	
Commune (Insee, Nom): (54216)FROVILLE		Catégorie piscicole:	Deuxième catégorie	
Code hydrographique			Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP	
Masse d'eau:	A501020A - EURON (FRCR250)		Mesures hydrobio Diatomées	
	0200000009 - RNB RM (01/01/76-31/12/06)	Suivis réalisés:	Mesures hydrobio Invertébrés	
Réseau(x) d'appartenance:	0200000047 - RSPL (01/01/03- En cours)		Mesures micropolluants QSUP	
	0200000058 - RESALTT (01/01/76- En cours)		Mesures phys-chim-μbio-μp QSUP	
	0200000059 - RSPRM (01/01/07- En cours)		Mesures physico-chimie QSUP	

ANNEXE E PRESENTATION GENERALE DE LA STATION DE LA MOSELLE

	Commune	Cours d'eau	Pluviométrie (mm/an)	
Station pluviométrique	Saint-Maurice		>1800	
Station hydrométrique	Fresse /s Moselle	Moselle	>1800	
Station suivi qualité	Rupt s/ Moselle	Moselle	1600-1800	







Caractéristiques hydrologiques de la station de mesure

Nom	La Moselle à Fresse-sur-Moselle								
Code	A4020610	4020610 BV 72 km ² Module 3,19							
Département	Vosges	Altitude	511 m	QMNA 1/2	0,47 m3/s				
Commune	Fresse-sur-Moselle	Coord X	933 456 m	QMNA 1/5	0,28 m3/s				
Cours d'eau	La Moselle	Coord Y	2 328 074 m	QMNA 1/10	0,22 m3/s				

Coordonnées (x,y, L2e)-PK:	925013,56 km, 2332333,68 km - 469,71 - La Moselle		Mesures Qualité SEQ-EAU QSUP		
Commune (Insee, Nom):	(88408)RUPT-SUR-MOSELLE		Mesures hydrobio Diatomées		
Classe de dureté:	Dureté faible		Mesures hydrobio Invertébrés		
Catégorie piscicole:	Première catégorie	Suivis réalisés:	Mesures microbiologie QSUP		
Code hydrographique	A405006A - MOSELLE 1 (FRCR208)		Mesures micropolluants QSUP		
Masse d'eau:	A403000A - MOSELLE I (FRCR208)		Mesures phys-chim-µbio-µp QSUP		
Réseau(x) d'appartenance:	0200000009 - RNB RM (01/01/71-31/12/06)		Mesures physico-chimie QSUP		
	0200000058 - RESALTT (01/01/71- En cours)		·		

ANNEXE F RESULTATS DE L'ETUDE DES PRELEVEMENTS PAR <u>STATIONS</u>

La Meurthe à Saint-Dié

Parar	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
9	BE	4	5	4	9	6	7	4	3	42
Période	HE	5	3	2	2	2	2	3	3	22
Pé	ME	3	4	6	1	4	3	5	6	32
	D	2	4	5	4	5	1	4	4	29
Φ	Е	4	4	3	4	3	6	5	2	31
Phase	М	1	2	2		1	2			8
4	Р	4			1	2		2	2	11
	T	1	2	2	3	1	3	1	4	17
ïřé	C1	3	4	5	8	5	6	3	2	36
oii Oii	C2	4	4	4	1	4	3	4	5	29
Hydraulicité	C3	3	3	2	3	2	2	3	3	21
Н	C4	2	1	1		1	1	2	2	10
	-	10	5	7	3	7	8	10	6	56
Pluie	II		4	1	2	1	1		3	12
₹	III	2	2	1	4	3	3	1	3	19
	IV		1	3	3	1		1		9

Le Vacon à Barbas

Parai	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
<u>\alpha</u>	BE	12	10	13	22	15	18	15	7	112
Période	HE	4	10	8	1	2		3	3	31
Pé	ME	9	4	3	1	5	6	6	2	36
	D	8	9	6	3	10	8	8	5	57
Φ	Е	12	11	13	19	11	10	10	4	90
Phase	М	1	2	1			1	2		7
Δ.	Р	2	2	4	2	1	2	3	2	18
	T	2					3	1	1	7
ïřé	C1	14	12	16	21	19	17	14	7	120
l io	C2	4	4	4		1	3	1	2	19
Hydraulicité	C3	5	3	1	2	1	4	8	2	26
H	C4	2	5	3	1	1		1	1	14
uie	I	10	14	9	9	9	6	13	5	75
d	II	8	4	3	2	2	3	2	5	29
Classe pluie	III	6	4	9	7	9	9	6		50
บั	IV	1	2	3	6	2	6	3	2	25

L'Orne à Boncourt

Parar	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
9	BE	6	5	7	11	10	9	8	8	64
Période	HE	4	4	3	1	1	2	2	4	21
Pé	ME	2	3	2		1	1	2		11
	D	5	3	2		5	1	3	4	23
υ	Е	4	5	7	9	6	8	3	6	48
Phase	Μ	2	1	1	1	1	1	1	1	9
<u> </u>	Р	1	2	2				3		8
	T		1		2		2	2	1	8
iifé	C1	5	6	7	11	10	9	4	8	60
Hydraulicité	C2	4	2			1	1	4	1	13
dra	C3	1	1	3		1	1	3	3	13
Нy	C4	2	3	2	1		1	1		10
uie	-	6	6	4	2	3	3	5	6	35
Classe pluie	II	2	2	2	1	3	1	1	2	14
1886	III	3	3	5	4	4	3	5	1	28
ี อี	IV	1	1	1	5	2	5	1	3	19

L'Euron à Saint-Boingt

Parar	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
9	BE	8	5	6	8	8	5	3	4	47
Période	HE	3	4	4	2	3	1	4	5	26
Pé	ME	1	1	1		1	2	5	1	12
	D	4	4	5	1	5	3	3	3	28
Φ	Е	4	4	3	5	6	4	3	4	33
Phase	М	1		2	1		1	3	1	9
•	Р	1		1	1	1		3	1	8
	T	2	2		2				1	7
ïřé	C1	6	5	4	6	8	5	6	8	48
Sil	C2	3	2	5	3	3	2	2	1	21
Hydraulicité	C3	3	2	1	1		1	1	1	10
Ŧ	C4		1	1		1		3		6
uie	Ī	6	3	3	3	4	2	8	4	33
Classe pluie	Ш	1	3	4	2		3	1	1	15
asse	III	5		1	3	7	2	3	4	25
ō	IV		4	3	2	1	1		1	12

La Moselle à Fresse-sur-Moselle

Parar	mètre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
<u> </u>	BE	3	5	6	9	4	6	2		35
Période	HE	4	3	4	2	1	3	3	5	25
Pé	ME	5	4	2	1	6	2	7	4	31
	D	5	8	5	4	7	6	4	6	45
υ	Е	1	2	4	7	2	3	2		21
Phase	Μ	5	1	2		1		3	1	13
4	Р	1	1	1	1	1		1	1	7
	T						2	2	1	5
iié	C1		4	5	7	3	6	5		30
Hydraulicité	C2	5	4	3	4	3	2	2	3	26
dra	C3	5	3	2	1	5	2	3	5	26
НУ	C4	2	1	2			1	2	1	9
uie	-	5	4	8	5	5	3	9	5	44
Classe pluie	II	2	1	2	1	2	2		2	12
3886	≡	3	7	1	3	3	5	1	1	24
S	IV	2		1	3	1	1	2	1	11

ANNEXE G BAREME D'EVALUATION

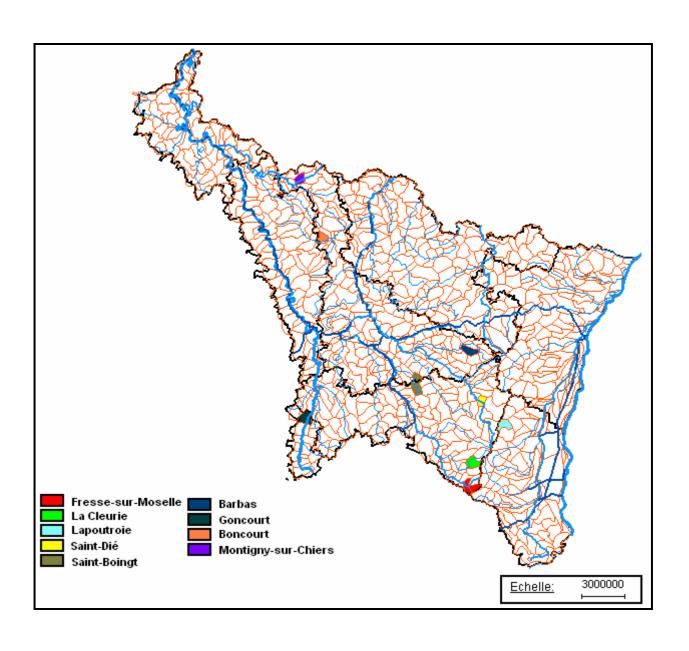
Paramètre	1	2	3	4	5	Coef
Phase hydro	Т	D	Е	M	P	2
Hydraulicité	C2	C3	C1	C4		1,5
Classe-pluie	IV	Ш	Ш	- 1		1
Période	HE	ME	BE			1

				Phase	Hydraulicité	Pluie	Période	RANG	coefficient
			HE	1	1	1	1	5,5	1,0
		IV	ME	1	1	1	2	6,5	1,2
			BE	1	1	1	3	7,5	1,4
			HE	1	1	2	1	6,5	1,2
		Ш	ME	1	1	2	2	7,5	1,4
	C2		BE	1	1	2	3	8,5	1,5
			HE	1	1	3	1	7,5	1,4
		Ш	ME	1	1	3	2	8,5	1,5
			BE	1	1	3	3	9,5	1,7
			HE	1	1	4	1	8,5	1,5
		'	ME	1	1	4	2	9,5	1,7
			BE	1	1	4	3	11	1,9
		11.7	HE	1	2	1	1	7	1,3
		IV	ME	1	2	1	2	8	1,5
			BE	1	2	1	3	9	1,6
		11	HE	1	2	2	1	8	1,5
		-"-	ME	1	2	2	2	9	1,6
	C3		BE HE	1	2	2	3	10	1,8
		Ш	ME	1	2	3	2	9 10	1,6 1,8
			BE	1	2	3	3	11	2,0
			HE	1	2	4	1	10	1,8
됩		1	ME	1	2	4	2	11	2,0
Tarissement			BE	1	2	4	3	12	2,2
sse		IV	HE	1	3	1	1	8,5	1,5
ari			ME	1	3	1	2	9,5	1,7
-			BE	1	3	1	3	11	1,9
			HE	1	3	2	1	9,5	1,7
		Ш	ME	1	3	2	2	11	1,9
	C1		BE	1	3	2	3	12	2,1
			HE	1	3	3	1	11	1,9
		III	ME	1	3	3	2	12	2,1
			BE	1	3	3	3	13	2,3
			HE	1	3	4	1	12	2,1
		I	ME	1	3	4	2	13	2,3
			BE	1	3	4	3	14	2,5
		IV	HE	1	4	1	1	10	1,8
		1 V	ME	1	4	1	2	11	2,0
			BE	1	4	1	3	12	2,2
		Ш	HE	1	4	2	1	11	2,0
		"	ME	1	4	2	2	12	2,2
	C4		BE HE	1	4	3	3	13	2,4
		Ш	ME	1	4	3	2	12 13	2,2
			BE	1	4	3	3	14	2,4
			HE	1	4	4	1	13	2,3
		1	ME	1	4	4	2	14	2,4
			BE	1	4	4	3	15	2,7

2000 2001 2002 2003 2004 2005 2007 2008 2009 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2009 2009	2000)1	02)3	40	35	9(77
	20(200	20(20(20(20(2006	2007

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
U	U	U	U	J	J	U	U

ANNEXE H POSITIONNEMENT DES STATIONS HYDROMETRIQUE SUR LE BASSIN RHIN-MEUSE



ANNEXE I RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES STATIONS HYDROMETRIQUES

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Code	A4020610	A4173010	A2113010	A6051020	A5002010	A6443010	B0220010	A8071010	B4031010
le	Commune	Fresse-sur-Moselle	Cleurie	Lapoutroie	Saint-Dié	Saint-Boingt	Barbas	Goncourt	Boncourt	Montigny-sur- Chiers
aphi	Cours d'eau	La Moselle	La Cleurie	La Béchine	La Meurthe	L'Euron	Le Vacon	La Meuse	L'Orne	La Chiers
Géographie	Département	Vosges	Vosges	Haut-Rhin	Vosges	Meurthe et Moselle	Meurthe et Moselle	Haute-Marne	Meurthe et Moselle	Meurthe-et- Moselle
	Coord X	933 456 m	924415m	959 570 m	942720 m	903 873 m	932 357 m	843 465 m	854 948 m	840 828 m
	Coord Y	2 328 074 m	2348280m	2 361 286 m	2375131m	2 387 384 m	2 407 029 m	2 365 247 m	2468408 m	2 502 640 m
	BV	72 km²	68 km²	38,4 km²	374 km²	36,9 km²	35,4 km²	364 km²	412 km²	274 km²
	Altitude	511 m	451m	411 m	335m	278 m	258 m	300 m	185m	219 m
Typologie bassin	Emplacement	queue de bassin	milieu de bassin à la confluence	queue de bassin	Aval confluence en milieu de bassin	milieu de bassin	queue de bassin	milieu de bassin	confluence à l'exutoire du bassin	Aval confluence en tête de bassin
polod		85% forêts	80% forêts	70% forêts	40% forêts	10% forêts	30% forêts	60% forêts	15% forêts	20% forêts
Ty	Occupation	10% agriculture	15% agriculture	25% agriculture	10% agriculture	85% agriculture	60% agriculture	35% agriculture	75% agriculture	70% agriculture
		5% ville	5% ville	5% ville	50% ville	5% ville	10% ville	5% ville	10% ville	10% ville
ie	Module	3,19 m3/s	2,42 m3/s	0,982 m3/s	7,96 m3/s	0,386 m3/s	0,463 m3/s	4,22 m3/s	3,75 m3/s	4,65 m3/s
Hydrologie	QMNA 1/2	0,47 m3/s	0,68 m3/s	0,26 m3/s	2 m3/s	0,023 m3/s	0,043 m3/s	0,14 m3/s	0,26 m3/s	1,6 m3/s
ydro	QMNA 1/5	0,28 m3/s	0,49 m3/s	0,2 m3/s	1,5 m3/s	0,013 m3/s	0,025 m3/s	0,07 m3/s	0,13m3/s	1,2 m3/s
Н	QMNA 1/10	0,22 m3/s	0,42 m3/s	0,17 m3/s	1,2 m3/s	0,0095 m3/s	0,018 m3/s	0,048 m3/s	0,086 m3/s	0,99 m3/s
ıées	Années complètes	2000-2006	2000-2005	2000-2007	2000-2007	2000-2007	2000-2007	2000-2007	2000-2007	2000-2007
Données	Années incomplètes	2007	2006-2007							

ANNEXE J TABLEAU RECAPITULATIF DES INFLUENCES SUR LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE

					Classement				
Indice	Paramètre	Influence	moins défavorable					plus défavorable	Ordre d'influence
ent	Période	moyenne	Haute	s Eaux	Moyen	nes Eaux	В	asses Eaux	4
vem	Phase	très forte	Tarissement	Descente	Et	iage	Montée	Pointe	1
rélè	Hydraulicité	forte	entre(),5 et1	entre 1 et 2	inferieur a 0,5	su	périeur a 2	2
Indice prélèvement	Pluie	moyenne	sans pluie d	epuis 5 jours	pas de pluie depuis 2 a 5 jours	pas de pluie depuis 1 jour		pluie	3
Variabilité	Ecartype	faible		faible variabilité		imp	ortante varia	bilité	5
Indice	Volume crue	faible		faible			importante		6
crue	Durée crue	faible		longue durée			courte durée	e	6
Indice étiage	Durée étiage	faible		longue durée			courte durée	e	6