

Suivi de la qualité des milieux aquatiques du Doubs

Hydrobio-Conseils

2013



Le Lison, 14 mai 2013

Évaluation de la qualité de 5 stations patrimoniales, des bassins versants de la Lanterne, du Rupt, de l'Audeux et du Cusancin, ainsi que des TCPE Ru du Moulin et 2 affluents de la Loue à Buffard.



4, Chemin de Verdi
25640 Lusans
hydrobio.conseils@gmail.com



Table des matières

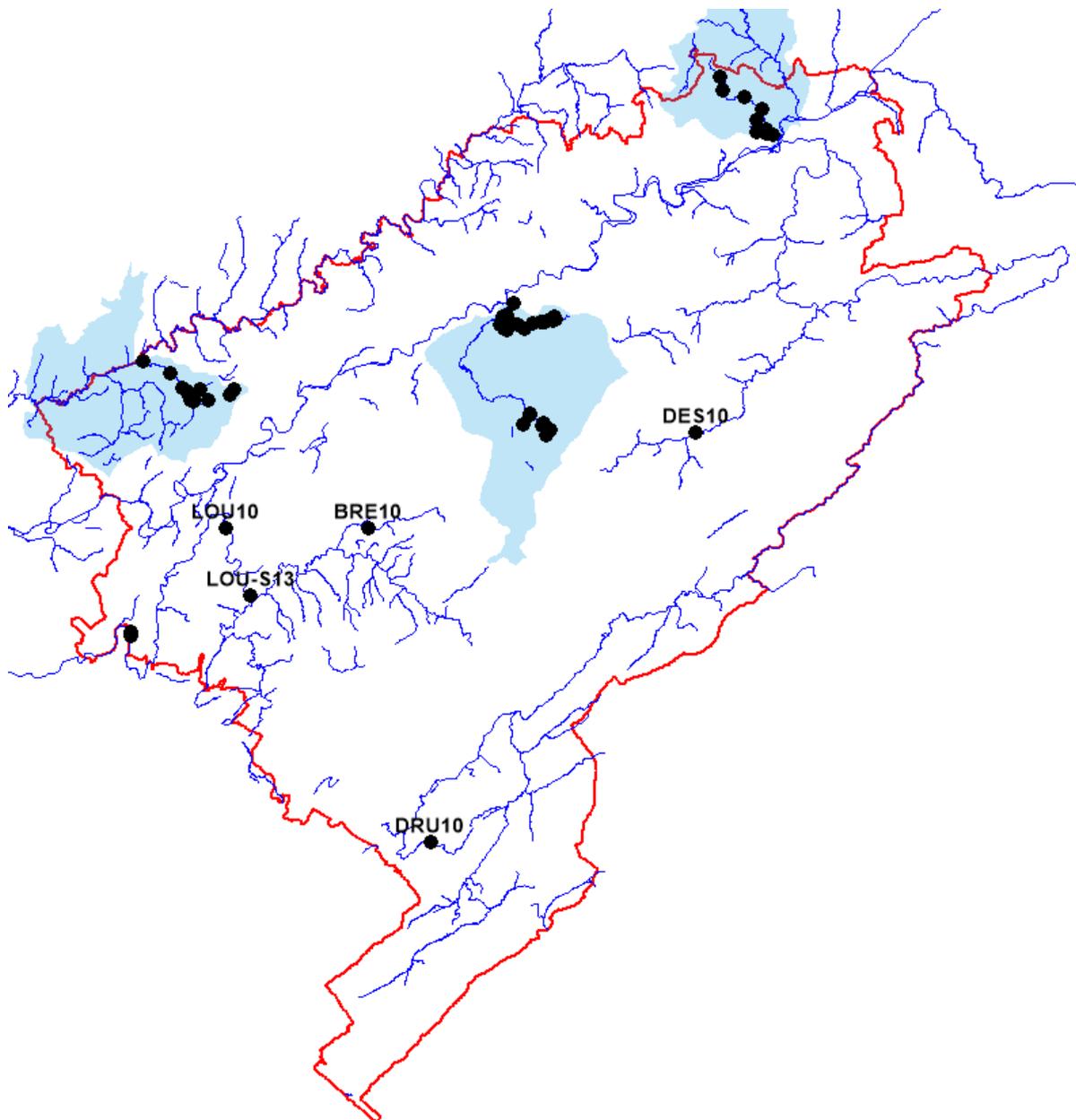
I. Stations patrimoniales	6
A. DRU10 – le Drugeon à Bonnevaux	9
1. Physico-chimie générale	10
2. Contamination par les pesticides	11
3. Contamination par les métaux lourds	11
4. Contamination par les micropolluants	12
5. Analyse hydrobiologique	12
B. Station DES10 – le Dessoubre à Bretonvillers	14
1. Physico-chimie générale	15
2. Contamination par les pesticides	16
3. Contamination par les métaux lourds	16
4. Contamination par les micropolluants	17
5. Analyse hydrobiologique	18
C. LOU10 – La Loue à Chenecey-Buillon	20
1. Physico-chimie générale	21
2. Contamination par les pesticides	23
3. Contamination par les métaux lourds	23
4. Contamination par les micropolluants	24
5. Analyse hydrobiologique	24
D. BRE10 – La Brême à Bonnevaux-le-Prieuré	27
1. Physico-chimie générale	27
2. Contamination par les pesticides	29
3. Contamination par les métaux lourds	29
4. Contamination par les micropolluants	30
5. Analyse hydrobiologique	31
E. LOU-S13 – Lison à Châtillon-sur-Lison	33
1. Physico-chimie générale	34
2. Contamination par les pesticides	36
3. Contamination par les métaux lourds	36
4. Contamination par les micropolluants	37
5. Analyse hydrobiologique	37
F. Projection SPEAR et état écologique des stations patrimoniales	39
II. Bassin de la Lanterne	41
A. Contexte et objectifs	41
1. Échantillonnage	42
2. Contexte hydrologique	44
B. Contamination par les matières nutritives	46
1. Nitrates et NTK	47
2. Nitrites et ammonium	49
3. Matières phosphorées	51
4. Bilan de la contamination actuelle du bassin de la Lanterne par les matières nutritives	53

5.	Évolution au niveau de la qualité de l'eau en fermeture de bassin (Lanterne_7)	54
C.	Contamination par les pesticides	55
D.	Contamination par les métaux lourds	58
E.	Contamination par les micropolluants	60
F.	Analyse hydrobiologique	64
G.	Référentiels DCE et SEQ-Eau	66
H.	Conclusions	68
I.	Recommandations et perspectives	68
III.	Bassin du Rupt	69
A.	Contexte et objectif	69
1.	Échantillonnage	69
2.	Situations hydrologiques	72
B.	Résultats	73
1.	Éléments azotés	74
2.	Éléments phosphorés	77
C.	Contamination par les pesticides	78
D.	Contamination par les métaux lourds	78
E.	Contamination par les micropolluants	79
F.	Impact hydrobiologique	80
1.	Station Rupt_1	82
2.	Station Rupt_4	83
3.	Station Rupt_6	84
4.	Station Moine_2	84
G.	Référentiels DCE et SEQ-Eau	85
H.	Impact des stations d'épuration	87
1.	État initial avant mise en service de la station d'épuration de Semondans	87
2.	Impact de la station d'épuration de Dung	88
I.	Conclusions	89
J.	Recommandations	90
IV.	Bassin de l'Audeux	91
A.	Contexte et objectif	91
1.	Échantillonnage	91
2.	Situations hydrologiques	93
B.	Résultats	95
1.	Référentiels DCE et SEQ-Eau	96
2.	Éléments azotés	98
3.	Éléments phosphorés	100
4.	Impact hydrobiologique de la station d'épuration de Bremondans	101

C. Conclusions	102
V. Bassin du Cusancin	104
A. Contexte et objectif	104
1. Échantillonnage	104
2. Situations hydrologiques	108
B. Résultats	110
1. Éléments azotés	111
2. Éléments phosphorés	111
3. Autres paramètres	112
4. Référentiels DCE et SEQ-Eau	112
5. Analyse cartographique	115
C. Conclusions et perspectives	120
VI. Ruisseau du Moulin	121
A. Localisation et programme analytique	121
B. Qualité physico-chimique	123
C. Contamination par les pesticides	125
D. Contamination par les métaux lourds	127
E. Contamination par les micropolluants	127
F. Analyse hydrobiologique	128
VII. Ruisseau de Buffard amont	130
A. Localisation et programme analytique	130
B. Qualité physico-chimique	131
C. Contamination par les pesticides	132
D. Contamination par les métaux lourds	133
E. Contamination par les micropolluants	134
VIII. Ruisseau de Buffard Nord	136
A. Localisation	136
B. Qualité physico-chimique	137
C. Contamination par les pesticides	138
D. Contamination par les métaux lourds	138
E. Contamination par les micropolluants	139
F. Analyse hydrobiologique	139

Préambule

Localisation des stations échantillonnées



Carte 1. Localisation des 52 stations suivies par le Conseil Général du Doubs en 2013. Les secteurs en bleu représentent les zones hydrographiques investiguées avec la vallée du Rupt au nord (L'Allan de la Lizaine au Doubs), le bassin du Cusancin au centre, et la vallée de la Lanterne au sud (L'Ognon de la Lanterne de Chauenne incluse au ruisseau de la Vèze).

Analyses programmées

Les sites investigués ont été localisés au niveau de :

- 5 stations patrimoniales,
- la vallée de la Lanterne,
- la vallée du Rupt,
- la vallée de l'Audeux,
- la vallée du Cusancin,
- 2 stations sur le ruisseau du Moulin (à École-Valentin et Pirey)
- 2 petits affluents de la Loue à Buffard.

Rapport annexe

Le détail des analyses programmées lors des 4 bons de commande sont en annexe 1.

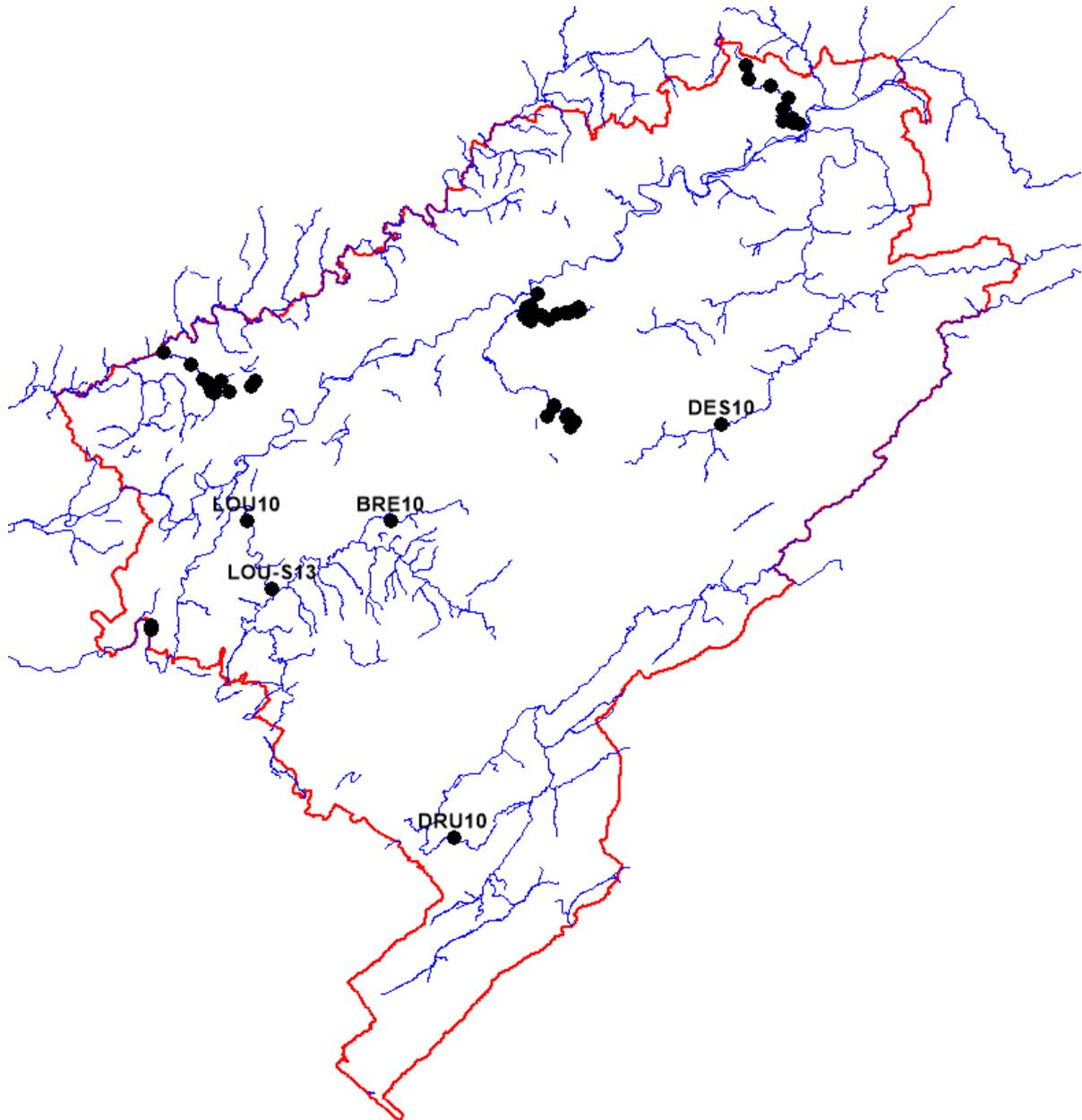
Le détail des résultats analytiques figurent en annexe 2.

Les relevés hydrobiologiques sont en annexe 3.

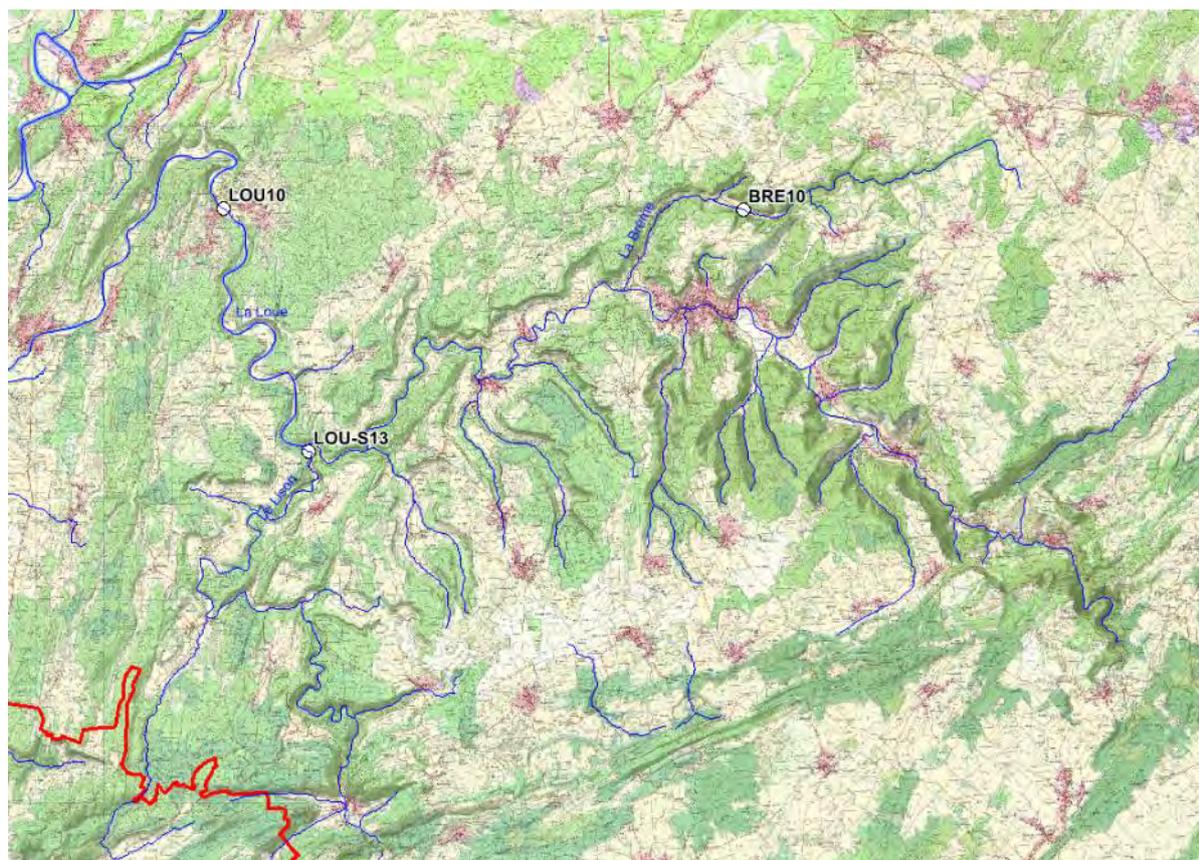
La cartographie des traçages des eaux souterraines du Ruisseau du Moulin est en annexe 4.

I. Stations patrimoniales

Localisation des stations patrimoniales



Carte 2. Localisation des 5 stations patrimoniales suivies en 2013.



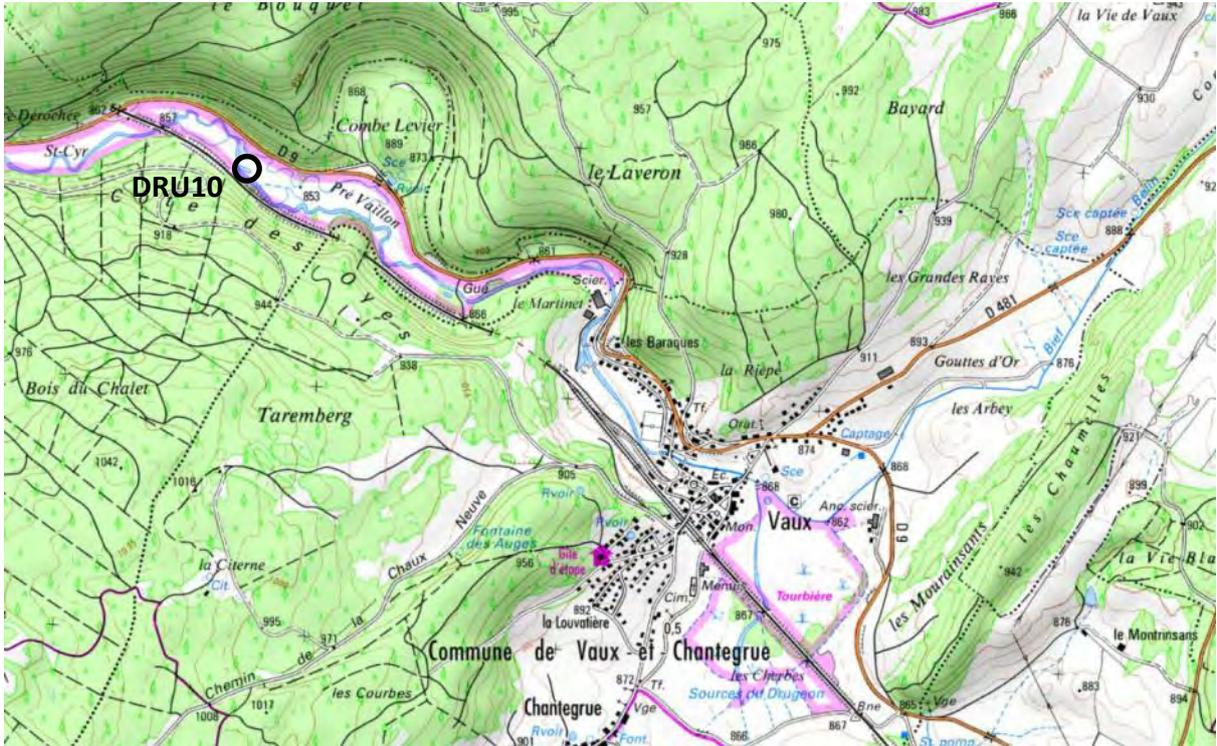
Carte 3. Localisation relative (de l'amont vers l'aval du bassin de la Loue) des stations BRE10 sur la Brème, LOU-S13 sur le Lison et LOU10 sur la LOUE à Chenecey-Buillon.

Échantillonnages prévus

	Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	ME	Commune	1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (Cond, [O2], %O2, pH, T°C)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute – EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées	
Patrimonial	1	Dugeon	DRU10	06017105	FRDR2024	Bonnevaux	4	4	4	1	1	4	4	1	1	1	1	0	1	1
	2	Dessoubre	DES10	06020460	FRDR634	Bretonvillers	4	4	4	1	1	4	4	1	1	1	1	0	1	1
	3	Loue	LOU10	06032000	FRDR619	Chenecey Buillon	4	4	4	1	1	4	4	1	1	1	1	0	1	1
	4	La Brème	BRE10	06466250	FRDR11837	Bonnevaux le Prieuré	4	4	4	1	1	4	4	1	1	1	1	0	1	1
	5	Le Lison	LOU-S13	06466950	FRDR11865	Chatillon-sur-Lison	4	4	4	1	1	4	4	1	1	1	1	0	1	1

Tableau 1. Programme des analyses prévues sur les stations patrimoniales en 2013 (les chiffres indiquent le nombre de campagnes d'analyses effectuées pour chaque groupe de paramètres)

A. DRU10 – le Drugeon à Bonnevaux



Carte 4. Localisation de la station DRU10 à l'aval de la commune de Vaux-et-Chantegrue et à quelques kilomètres de sa source (tourbière + résurgence karstique + Bief Belin).

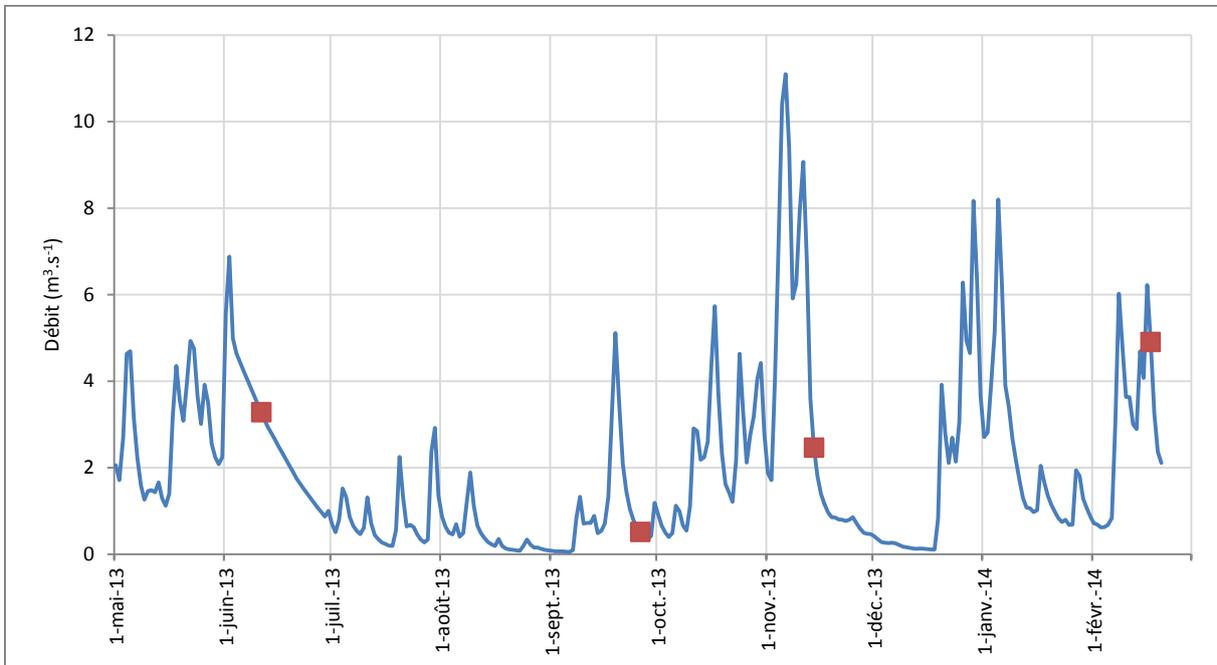


Figure 1. Chronique des débits du Drugeon à la Rivière-Drugeon avec localisation des 4 campagnes d'échantillonnages (points rouge).

Cette station a fait notamment l'objet d'un suivi mensuel en 2003-2004 dans le cadre de l'évaluation de la dynamique d'impact de la scierie du Martinet localisée en sortie de Vaux-et-Chantegrue¹. Les produits de traitement du bois (pesticides perméthrine et propiconazole entre autres) y étaient épisodiquement impactant, avec des périodes de récupération et des périodes de déclin de la population de gammares *Gammarus pulex*.

1. Physico-chimie générale

Hormis quelques petits excès épisodiques en ammonium, la qualité physico-chimique de ce secteur apicale du Dugeon est en « très bon état » pour les nutriments selon le référentiel DCE (tableau 2). Cet état nutritif est stable depuis au moins une dizaine d'année (tableau 3). Les autres paramètres non évalués par l'AR du 25/01/2010 sont également stables dans le temps et peu ou pas déclassant selon le référentiel SEQ-Eau (tableau 2). La contamination du milieu par les nitrates y est faible.

BV	Stations patrimoniales			
N° station étude	1			
Masse d'eau	Dugeon			
Code station étude	DRU10			
Code Agence de l'Eau	06017105			
Commune	Bonnevaux			
Date	11-juin-13	26-sept.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	11h35	10:46	10h10	8h25
Débit (m ³ /s)	6,065	0,151	0,782	1,307
Temp. Air (°C)	17	18	2	-2
Temp. Eau (°C)	8,7	9,3	6,7	5,6
pH	7,45	7,87	7,42	7,24
O2 (mg/l)	11,21	9,12	10,42	11,53
Saturation O2 (%)	95,7	80,4%	85,4%	91,7%
Conductivité	540	623	552	243
MES (mg/l)	2,8	<2,0	<2,0	5,6
Ammonium (mg/l)	0,16	0,10	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	0,01	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	2,1	2,8	3,0	3,3
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,01	<0,01	0,01	0,017
Orthophosphates (mg/l)	0,03	0,01	0,02	0,03
Carbone organique total - COT	2,6	2,8	2,8	2,7
Carbone organique dissous - COD	2,5	2,8	2,8	2,7
DBO5 (mg/l)	1,6	<0,5	0,7	<0,5
Demande Chimique en Oxygène -	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	<1	<1	<1	<1
Phéopigments (µg/l)	1	<1	1	<1
Total pesticides (µg/l)	0,000	0,000	0,000	0,000

Tableau 2. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

¹ Adam, O. et al, 2010. Altération des populations d'amphipodes *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) et *Gammarus fossarum* (Koch, 1836) par les produits de traitement du bois : conséquences en terme de bioindication. Bourgogne Nature (9-10), 205-214.

Année	2002	2007	2008	2011	2012	2013
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	10.7	11.5	13.3	x	x	9,12
Oxygène dissous (saturation) (%)	91	102	112	x	x	80,4
DBO (mg(O ₂)/L)	<0.5	0.8	0.6	1.3	1.3	1,6
Carbone organique (mg(C)/L)	x	2.7	2.4	x	2.6	2,8
BILAN DE L'OXYGENE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température (°C)	11.6	6.2	14.3	x	x	9,3
TEMPERATURE	TBE	TBE	TBE	x	x	TBE
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	<0.03	0.01	0.01	0.07	0.05	0,03
Phosphore total (mg(P)/L)	x	0.02	0.02	0.05	<0.02	0,02
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0.2	0.05	0.06	<0.05	0.06	0,16
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	x	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0,01
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	3.6	2.6	3	5.3	2.7	3,3
NUTRIMENTS	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
pH (unité pH)	8.1	7.5	8	x	x	7,9
ACIDIFICATION	TBE	TBE	TBE	x	x	TBE
RESULTANTE PHYSICO-CHIMIQUE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE

Tableau 3. Évolution des paramètres physico-chimiques au niveau de cette station entre 2002 et 2013 (Valeurs les plus limitantes pour chacune des années). Classes de qualité et règles d'assouplissement conformes à l'AR du 25/01/2010.

2. Contamination par les pesticides

Aucun pesticide n'a été détecté dans cette station en 2011, 2012 et 2013.

On peut toutefois noter que la mise en œuvre d'une méthodologie analytique spécialement développée en collaboration avec l'EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse) pour la détection à basses concentrations dans le sédiment des substances utilisées entre autres dans le traitement du bois a permis de mettre en évidence une contamination de ce secteur du Drugeon par des pesticides en 2006². Ceci souligne toutes les limites d'interprétation quant à la non détection de ce type de substances (ici essentiellement recherchées dans l'eau et accessoirement dans le sédiment), pas obligatoirement synonyme ni d'absence de contamination, ni d'absence d'effet délétère sur le compartiment biologique.

3. Contamination par les métaux lourds

	Métaux/sédiment			Métaux/bryophytes
	01/09/2011	16/08/2012	26/09/2013	26/09/2013
Arsenic (mg/(kg MS))	3.6	18.7	12,4	<5,3
Cadmium (mg/(kg MS))	0.3	0.4	0,5	0,26
Chrome (mg/(kg MS))	4.6	40.5	19,7	6,03
Cuivre (mg/(kg MS))	2.06	<10.4	<10,4	9,53
Etain (mg/(kg MS))	19.1	<5.2	<5,18	<0,26
Mercure (mg/(kg MS))	0.026	0.109	0,083	<0,053
Nickel (mg/(kg MS))	2.6	28.6	12,9	5,45
Plomb (mg/(kg MS))	5.67	16.1	9,3	7,00
Zinc (mg/(kg MS))	18.6	57.7	41,4	63,5

Tableau 4. Concentration en métaux lourds dans le sédiment en 2011, 2012 et 2013 et dans les bryophytes en 2013. Classes de qualité telles que définies par le SEQ-Eau (V2).

² Adam, O., et al., communication orale. Impact of a pesticide contamination in two freshwater invertebrate populations in a temperate environment. SETAC North America 27th annual meeting, Montréal (Canada), 5-9 novembre 2006.

À l'exception de l'étain qui n'a plus été détecté depuis 2011, tous les métaux lourds recherchés ont été à chaque fois détectés depuis 2011 à des concentrations ne pouvant être engendrées par les seuls fonds géochimiques naturels. Le sédiment de cette station est donc multi-contaminé, principalement par l'arsenic et secondairement par le nickel, selon les classes de qualité inféodées au référentiel SEQ-Eau. Cette pollution semble être globalement stable dans le temps.

La plupart de ces métaux ont également été détectés dans les bryophytes, mais les seuils du SEQ-Eau pour ce type de contamination ne permettent pas de mettre en exergue différents degrés d'atteinte du milieu : tout est en « très bon état » pour ce type d'altération.

4. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)
Drugeon	DRU10	06017105	Bonnevaux	516	382	152	315	219	336	26	414	99	501	181	299	414	3440	178

Tableau 5. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans cette station en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Depuis leur recherche en 2011, des micropolluants sont détectés dans le sédiment de cette station. Il s'agit essentiellement de HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Leurs concentrations ont considérablement augmenté entre 2012 et 2013, et l'on peut parler de contamination significative du milieu par ces substances : par exemple, en additionnant les concentrations en Benzo(a)pyrène et Dibenzo (ah) Anthracène (paramètre SOMME HAP 2 selon le SEQ-Eau), les teneurs passent de 66 et 41 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS en 2011 et 2012 à 414 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS en 2013.

Par ailleurs, si les nonylphénols détectés en 2012 ne l'ont pas été en 2013, en revanche, du DHEP a été retrouvé en 2013. Cette dernière substance est un phtalate qui devrait être interdit pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission Européenne) car considérée comme substance dangereuse.

À noter que les HAP et les phtalates sont considérés comme des perturbateurs endocriniens potentiels³.

5. Analyse hydrobiologique

La présence du taxon *Odontoceridae* appartenant au groupe indicateur de rang 8 est synonyme d'une bonne qualité de l'eau vis-à-vis des paramètres physico-chimiques. Ceci est corroboré par l'excellente qualité du peuplement diatomique, l'IBD et IPS répondant aux qualités physico-chimiques de l'eau (tableau 32). On peut toutefois noter l'absence de taxons macrobenthiques de rang 9 (plécoptères Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae par exemple), synonymes d'excellente qualité de l'eau, comme ce fut le cas en 2011 et 2012.

³ Expertise collective AFSSET INSERM, 2008: Cancer et environnement.

Le score SPEAR indique également un peuplement macrobenthique peut impacté par la présence éventuelle de pesticides (figure 5). Ceci est à souligner dans un contexte historique peu favorable (impact de la scierie du Martinet). Toutefois, la présence parmi les coléoptères *Elmis aenea* d'une densité d'adultes anormalement plus élevée que celle des larves (267 adultes pour 3 larves), semble au contraire indiquer la présence d'impacts au moins intermittents de la part de substances telles que celles utilisées dans le cadre de la préservation du bois⁴.

La forte baisse de l'équivalent-IBGN par rapport aux années précédentes s'explique essentiellement par une forte diminution de la variété taxonomique (tableau 6). L'absence de véritable alternance mouille-radier dans ce secteur ainsi que la présence d'un léger colmatage organique sont susceptibles de porter atteinte à la qualité miro-habitationnelle de ce secteur.

Un suivi en 2014 permettrait de confirmer ou d'infirmer si cette érosion macrobenthique liée à une altération de l'habitat est pérenne ou transitoire.

N° étude station	1
Code étude station	DRU10
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura 1er plateau
Type CEMAGREF	P5

Équivalent-IBGN (/20)	14
Classe variété type IBGN	7
Groupe indicateur	8 - <i>Odontoceridae</i>

Robustesse négative (/20)	13
Classe variété type IBGN	7
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>

Robustesse positive (/20)	15
Classe variété type IBGN	8
Groupe indicateur	8 - <i>Odontoceridae</i>

Variété générique (3 phases)	30
------------------------------	----

IBD (/20)	20,0
IPS (/20)	17,0
Taxon dominant	<i>Achnanthes biasolettiana var. biasolettiana</i>

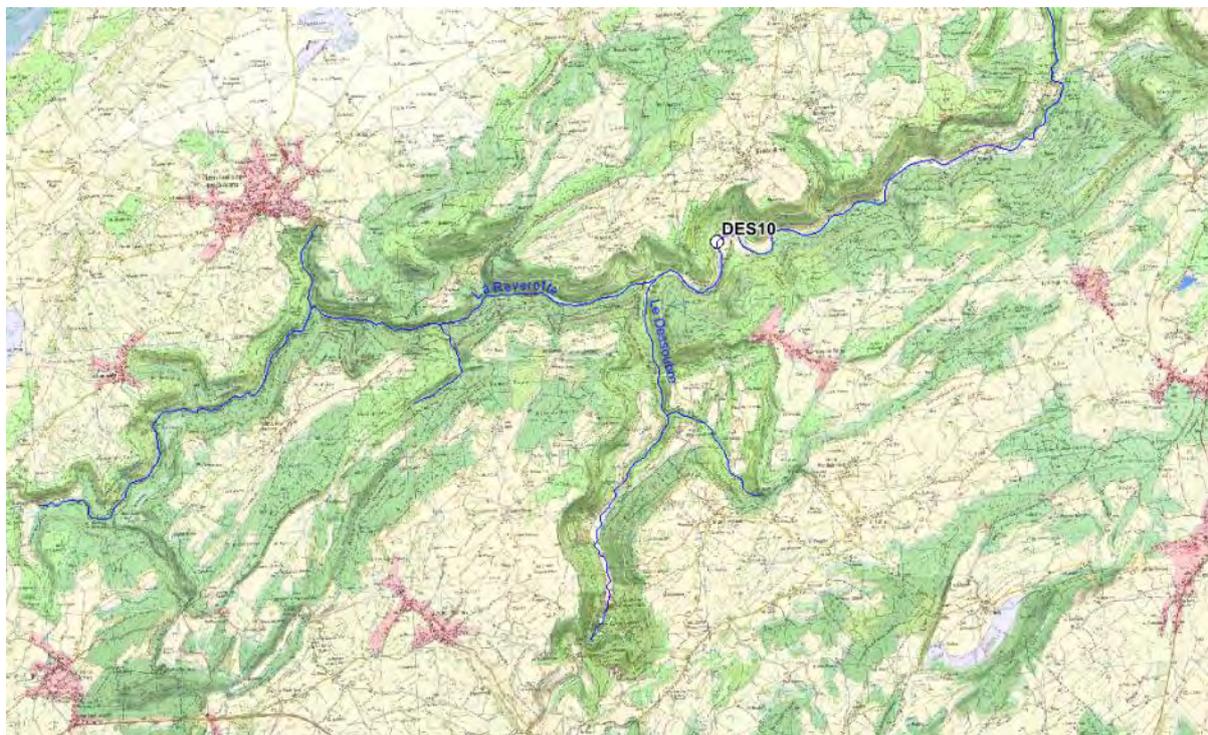
Tableau 6. Données relatives aux analyses hydrobiologiques 2013 dans le Drugeon.

Date	06/09/2011	17/08/2012	26/09/2013
Équivalent-IBGN	18	19	14
GFI	9	9	8
Variété type IBGN	35	38	23

Tableau 7. Évolution de l'équivalent-IBGN entre 2011 et 2013.

⁴ Adam Olivier, 2008. Impact des produits de traitement du bois sur les amphipodes *Gammarus pulex* et *Gammarus fossarum* : approches chimique, hydro-écologique et écotoxicologique. Thèse de doctorat à l'Université de Franche-Comté.

B. Station DES10 – le Dessoubre à Bretonvillers



Carte 5. Localisation de la station DES10 en aval de la confluence de la Réverotte avec le Dessoubre au niveau du lieu-dit Le Val.

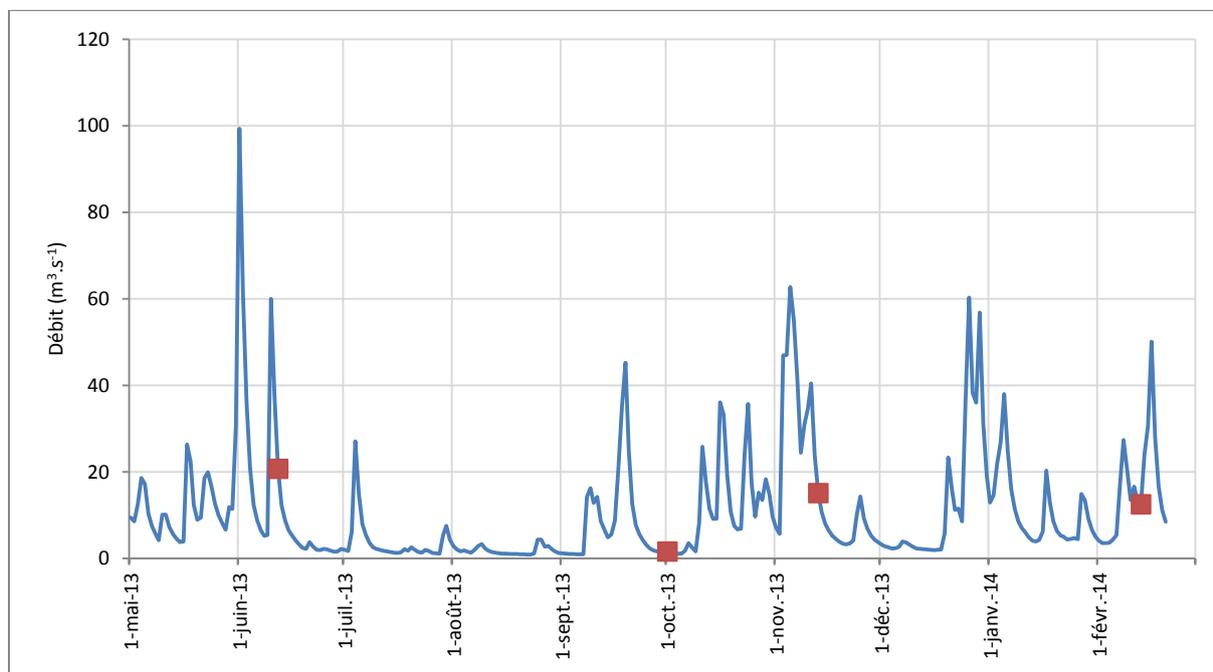


Figure 2. Chronique des débits du Dessoubre à Rosureux avec localisation des 4 campagnes d'échantillonnages (points rouges)

1. Physico-chimie générale

Cette station du Dessoubre présente une qualité physico-chimique globalement bonne avec une tendance alcaline naturelle (tableau 8). On observe toutefois une légère contamination par les nitrates, en voie de régression semble-t-il depuis quelques années, ainsi que des teneurs en matières phosphorées souvent « déclassantes » par rapport au « très bon état » depuis au moins 2005 (tableau 9). Les concentrations en ammonium et nitrites, qui pourraient aussi être d'origine domestique, sont en revanche dans des gammes de concentrations relativement basses.

À noter que les concentrations en azote Kjeldahl n'ont jamais dépassé (depuis 2005) le seuil de détection qui est de 1 mg.L⁻¹. Ce paramètre prend notamment en considération l'azote organique susceptible d'être émis par des épandages de lisier ou fumier dans les environs. Toutefois, ces analyses n'étant que ponctuelles, elles ne permettent pas d'intégrer d'éventuels flux massifs et transitoires dans le milieu.

BV	Stations patrimoniales			
N° station étude	2			
Masse d'eau	Dessoubre			
Code station étude	DES10			
Code Agence de l'Eau	06020460			
Commune	Bretonvillers			
Date	12-juin-13	1-oct.-13	13-nov.-13	13-févr.-14
Heure	15h45	12:38	17h00	13h48
Débit (m ³ /s)	19,50	1,537	14,859	12,200
Temp. Air (°C)	23	14	6	3
Temp. Eau (°C)	10,2	10,2	8,6	8,7
pH	7,94	7,99	7,64	7,79
O ₂ (mg/l)	11,47	10,58	11,55	9,93
Saturation O ₂ (%)	102,8	94,3%	99,8%	86,1%
Conductivité	579	631	605	306
MES (mg/l)	9,0	<2,0	2,0	<2
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,06	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	7,0	9,3	9,5	7,9
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,05	0,03	0,04	0,054
Orthophosphates (mg/l)	0,12	0,09	0,10	0,13
Carbone organique total - COT	2,5	2,0	2,1	1,6
Carbone organique dissous - COD	2,5	2,0	2,1	1,6
DBO ₅ (mg/l)	1,0	1,1	0,9	<0,5
Demande Chimique en Oxygène -	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	<1	<1	<1	<1
Phéopigments (µg/l)	1	<1	1	<1
Total pesticides (µg/l)	0	0,025	0	0,030

Tableau 8. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

Année	2005	2006	2007	2011	2012	2013
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	10.5	7.2	8	x	x	9,93
Oxygène dissous (saturation) (%)	100	79	74	x	x	86,1
DBO (mg(O ₂)/L)	0.7	1.5	1.9	1	1.1	1,1
Carbone organique (mg(C)/L)	2.1	2.5	2.9	x	x	2,5
BILAN DE L'OXYGENE	TBE	BE	TBE	x	x	TBE
Température (°C)	12	13.2	11.3	x	x	10,2
TEMPERATURE	TBE	TBE	TBE	x	x	TBE
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0.14	0.181	0.163	0.23	0.10	0,13
Phosphore total (mg(P)/L)	0.04	0.07	0.17	0.10	0.04	0,054
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	0.06	0,06
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0.03	0.05	0.03	0.05	<0.02	<0,02
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	17.2	21.7	12.4	16.8	10.2	9,5
NUTRIMENTS	BE	BE	BE	BE	BE	BE
pH (unité pH)	8.3	8.3	8.5	x	x	7,99
ACIDIFICATION	BE	BE	BE	x	x	TBE
RESULTANTE PHYSICO-CHIMIQUE	BE	BE	BE	x	x	BE

Tableau 9. Évolution des paramètres physico-chimiques au niveau de cette station entre 2005 et 2013 (Valeurs les plus limitantes pour chacune des années). Classes de qualité et règles d'assouplissement conformes à l'AR du 25/01/2010.

2. Contamination par les pesticides

Une seule substance pesticide a été détectée dans l'eau en 2013 : il s'agit de l'AMPA, produit de dégradation de l'herbicide glyphosate. Cette molécule a dépassé la limite de quantification (0.02 µg.L⁻¹) à deux reprises tout en restant à des concentrations relativement faibles : 0.025 et 0.030 µg.L⁻¹ respectivement. Bien que ne disposant pas à ce jour de NQE ou VGE pour l'AMPA, ces teneurs ne présentent *a priori* pas de risque écotoxicologique direct selon les bases de données issues de la littérature scientifique.

À noter toutefois qu'aucun pesticide n'avait jusqu'à présent été détecté dans cette station.

3. Contamination par les métaux lourds

Date	Métaux/sédiment			Métaux/bryophytes
	10/08/2005	12/09/2011	01/10/2013	01/10/2013
Arsenic (mg/(kg MS))	4.5	<2.6	<2,6	1,67
Cadmium (mg/(kg MS))	0.9	<0.5	<0,5	0,26
Chrome (mg/(kg MS))	17.3	9.8	6,2	5,69
Cuivre (mg/(kg MS))	3.8	<5.1	<10,4	7,88
Etain (mg/(kg MS))	x	11.3	<5,20	<0,26
Mercure (mg/(kg MS))	0.03	<0.026	<0,026	<0,052
Nickel (mg/(kg MS))	8.6	5.7	3,6	5,17
Plomb (mg/(kg MS))	10.7	<5.1	<5,2	1,72
Zinc (mg/(kg MS))	37.9	28.8	22,9	31,3

Tableau 10. Concentration en métaux lourds dans le sédiment en 2005, 2011 et 2013 et dans les bryophytes en 2013. Classes de qualité telles que définies par le SEQ-Eau (V2).

Selon le référentiel SEQ-Eau, la contamination métallifère du milieu est en bon état dans le compartiment sédimentaire et en très bon état si l'on considère leur bioaccumulation dans les bryophytes.

Les mesures semblent indiquer une tendance à la diminution de ce type de contamination, cependant la forte variabilité environnementale inhérente à l'analyse du sédiment ne permet de trancher quant à la significativité de cette tendance.

4. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)
Dessoubre	DES10	06020460	Bretonvillers	182	93	43	81	85	29	125	161	120	84	81	1003

Tableau 11. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans cette station en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Les analyses de 2006, 2011 et 2013 ont mis en évidence une contamination du sédiment de cette station par les HAP. Les teneurs sont dans une gamme moyenne (ni négligeables, ni élevées) et on observe une moindre concentration en 2013 : par exemple, en additionnant les concentrations en benzo(a)pyrène et dibenzo(ah)anthracène (paramètre SOMME HAP 2 selon le SEQ-Eau), les concentrations sont de 239, 328 et 81 respectivement en 2006, 2011 et 2013. Comme pour la contamination par les métaux lourds, cette évolution est sujette à caution et demande à être confirmée dans les années à venir. Par ailleurs, on rappelle le caractère perturbateur endocrinien de ces substances, avec par conséquent de possibles effets inducteurs y compris à de très faibles concentrations.

À noter la détection lors de la 4^{ème} campagne de $9 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ de formaldéhyde (Composé Organique Volatil) dans l'eau. Ceci ne peut pas provenir d'une contamination lors de l'échantillonnage, aucun prélèvement biologique nécessitant l'utilisation de cette substance n'ayant été réalisé à cette période (février 2014). Le formaldéhyde est principalement utilisé dans la fabrication de résines (urée-formaldéhyde, mélamine-formaldéhyde, phénol-formaldéhyde...) dans divers secteurs industriels.

Cette campagne coïncida avec l'observation de mortalités piscicoles. Bien que ne disposant pas de donnée analytique extemporanée permettant d'établir de conclusion définitive quant à leur origine, la présence de formaldéhyde dans le milieu est au minimum un facteur très aggravant de l'état physiologique des poissons et contribua au minimum à leur affaiblissement. Pour information, certaines études ont montré qu'une concentration de $64\,000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ décime la totalité d'une population de truites arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* en moins de 2 jours (US EPA – Ecotox database). La concentration détectée fut beaucoup plus faible, mais on ignore quel fut l'ampleur du pic de concentration les jours précédents l'échantillonnage.

Plus que par sa concentration actuelle, *a priori* peu susceptible d'engager des effets toxiques aigus directs à court terme, c'est plutôt sur l'aspect quantitatif que l'ampleur de cette contamination en formol est conséquente : de l'ordre de $110 \text{ mg}\cdot\text{s}^{-1}$, soit environ $9,5 \text{ kg}\cdot\text{j}^{-1}$. Par ailleurs, l'effet à moyen ou long terme d'une exposition transitoire à cette relativement faible concentration reste inconnu à

ce jour, cette substance étant notamment classé dans la catégorie 3 des substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (classification européenne).

5. Analyse hydrobiologique

La présence d'une grande diversité taxonomique témoigne de la bonne qualité micro-habitationnelle de cette station. Par ailleurs, la présence d'Odontoceridae est indicatrice d'une bonne qualité physico-chimique de l'eau. La présence limitée d'individus Perlidae tend cependant à indiquer que cette qualité de l'eau pourrait encore être meilleure. La valeur de l'IBD indique aussi un « très bon état » biologique de la station, et par conséquent une bonne qualité physico-chimique de l'eau, qui pourrait cependant être encore améliorée pour atteindre une note encore plus optimale (tableaux 12 et 32).

L'évolution de ces paramètres biologiques démontre une grande stabilité dans le temps de la qualité biologique de cette station (tableau 13). En outre, le score SPEAR indique que la communauté macrobenthique n'est pas significativement impactée par la présence éventuelle de pesticides (figure 5).

N° étude station	2
Code étude station	DES10
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord
Type CEMAGREF	M5
Équivalent-IBGN (/20)	17
Classe variété type IBGN	10
Groupe indicateur	8 - <i>Odontoceridae</i>
Robustesse négative (/20)	16
Classe variété type IBGN	10
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>
Robustesse positive (/20)	19
Classe variété type IBGN	11
Groupe indicateur	9 - <i>Perlidae</i>
Variété générique (3 phases)	45
IBD (/20)	18,1
IPS (/20)	16,5
Taxon dominant	<i>Achnanthes biasolettiana var. subatomus</i>

Tableau 12. Données hydrobiologiques 2013 dans le Dessoubre (station DES10).

	2005	2006	24/04/2007	27/08/2007	2011	2012	2013
Equivalent-IBGN	X	X	18	16	17	17	17
GI	X	X	8	7	8	8	8
Variété type IBGN	X	X	37	35	34	38	35
IBD	20	20	X	X	X	X	17,1

Tableau 13. Évolution de l'équivalent-IBGN et IBD entre 2005 et 2013.

C. LOU10 - La Loue à Chenecey-Buillon



Carte 6. Localisation de la station LOU10 sur la Loue à Chenecey-Buillon (en aval éloigné de la confluence avec le Lison)

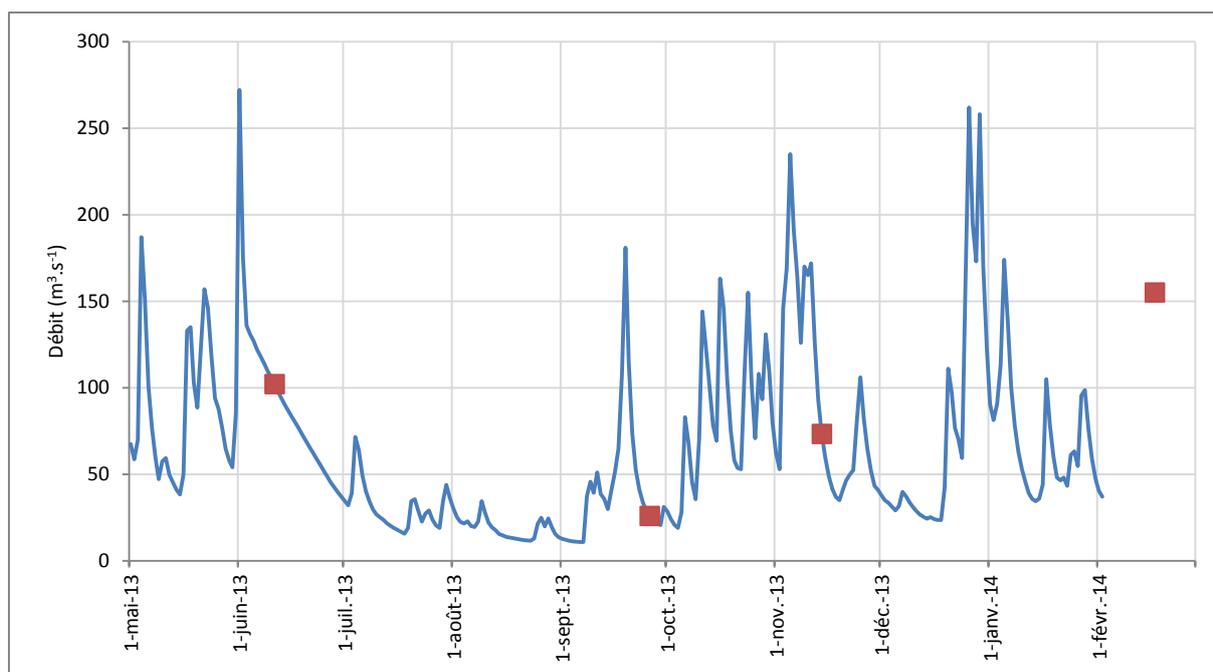


Figure 3. Chronique des débits de la Loue à Chenecey-Buillon avec localisation des 4 campagnes d'échantillonnages (points rouges).

1. Physico-chimie générale

Cette station de la Loue présente en 2013 un « très bon état » physico-chimique général selon le référentiel DCE (tableaux 14 et 32).

La contamination par les nitrates y est notamment faible par rapport au niveau typologique de la station. Quelques concentrations plus élevées ont néanmoins été épisodiquement observées certaines années (tableau 15). Les autres matières azotées présentent des concentrations faibles à très faibles, y compris l'azote Kjeldahl.

On peut souligner également l'excès chronique de matières phosphorées, à des concentrations déclassant parfois ces paramètres en « bon état » (tableau 14).

BV	Stations patrimoniales			
N° station étude	3			
Masse d'eau	Loue			
Code station étude	LOU10			
Code Agence de l'Eau	06032000			
Commune	Chenecey Buillon			
Date	12-juin-13	26-sept.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	17h10	15:50	14h00	12h05
Débit (m ³ /s)	101,0	25,500	101,000	155,000
Temp. Air	22	23	8	7
Temp. Eau	11,6	13,0	9,5	8,9
pH	7,69	7,95	7,31	7,23
O2 (mg/l)	11,56	10,17	11,41	11,31
Saturation O2 (%)	106,6	102,6%	99,8%	97,9%
Conductivité	613	660	628	315
MES	12,0	<2,0	5,0	35,0
Ammonium	0,08	0,07	<0,05	<0,05
Nitrites	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates	5,0	5,2	5,7	5,1
Azote Kjeldahl	<1	<1	<1	<1
Phosphore total	0,05	0,02	0,03	0,062
Orthophosphates	0,08	0,05	0,07	0,07
Carbone organique total - COT	2,2	2,0	1,4	1,7
Carbone organique dissous -	1,7	2,0	1,4	1,2
DBO5 (mg/l)	0,8	<0,5	1,7	<0,5
DCO (mg/l)	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a	1	<1	<1	<1
Phéopigments	1	<1	1	1

Tableau 14. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

Année	2000	2002	2004	2006	2007	2008	2011	2012	2013
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	9.4	9.2	9	9,8	11,2	10,9	x	x	10,17
Oxygène dissous (saturation) (%)	92	86	99	99	98	100	x	x	97,9
DBO (mg(O ₂)/L)	3	3.2	<1	3,4	0,5	1	1,8	0,6	1,7
Carbone organique (mg(C)/L)	4.3	2.4	1,9	2,4	1,8	1,6	3	2	2,2
BILAN DE L'OXYGENE	TBE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température (°C)	13.9	16.7	19,9	16,6	9,1	16	x	x	13
TEMPERATURE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE			TBE
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0.17	0.12	0,1	0,09	0,07	0,03	0,17	0,08	0,08
Phosphore total (mg(P)/L)	0.08	0.11	0,02	0,04	0,03	0,02	0,24	0,04	0,062
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0.07	0.06	<0,05	0,06	0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,08
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0.03	0.04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	<0,02
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	7.2	6.8	10,1	10,9	5,1	5,8	12,4	5,6	5,7
NUTRIMENTS	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	TBE	TBE
pH (unité pH)	8.2	8.2	8,2	8,1	7,9	7,9	x	x	7,95
ACIDIFICATION	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE			TBE
RESULTANTE PHYSICO-CHIMIQUE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	TBE	TBE

Tableau 15. Évolution des paramètres physico-chimiques au niveau de cette station entre 2005 et 2013 (Valeurs les plus limitantes pour chacune des années). Classes de qualité et règles d'assouplissement conformes à l'AR du 25/01/2010.

2. Contamination par les pesticides

Aucun pesticide n'a été détecté en 2011 et 2012. En 2013, le seuil de quantification a été franchi une fois par l'AMPA (0.027 µg.L⁻¹) et par le dimethenamide (0.016 µg.L⁻¹).

Le dimethenamide est un herbicide de la famille des chloroacétamides qui a été développé par BASF AG. L'INERIS a validé en 2011 une VGE – Valeur Guide Environnementale – pour cette molécule à une concentration moyenne de 0.1 µg.L⁻¹ et une concentration ponctuelle maximum de 1.3 µg.L⁻¹. La concentration mesurée est donc *a priori* sans risque pour l'environnement.

Bien que ne disposant pas à ce jour de NQE ou VGE pour l'AMPA, ces teneurs ne présentent *a priori* pas de risque écotoxicologique direct selon les bases de données issues de la littérature scientifique.

3. Contamination par les métaux lourds

	PNEC _{SED} ou PNEC _{SOL}	Métaux/sédiment							Métaux/ bryophytes
		11/09/2000	21/08/2003	06/09/2004	16/10/2006	01/09/2011	11/09/2012	26/09/2013	26/09/2013
Arsenic (mg/(kg MS))	1,8	7	2.2	13.6	4.8	3.1	4.4	3,6	2,45
Cadmium (mg/(kg MS))	2,3	<0.02	0.6	1.2	1.6	0.7	0.6	0,5	0,21
Chrome (mg/(kg MS))	2,8	38	13.9	47	19.6	9.4	18.8	9,3	5,85
Cuivre (mg/(kg MS))	0,8	13	7	17.8	9.2	4.7	8.83	<10,3	9,08
Etain (mg/(kg MS))	?					10.5	1.1	<0,10	<0,26
Mercuré (mg/(kg MS))	1,1	<0.005	<0.02	0.1	<0.02	0.031	<0.028	0,031	<0,052
Nickel (mg/(kg MS))	4	24	5.5	26.5	7.6	6.8	12.7	6,7	5,06
Plomb (mg/(kg MS))	6.8	15	5.7	19	9.6	5.7	7.7	5,7	2,92
Zinc (mg/(kg MS))	37	81	85	151	58.1	25.1	61.3	52,6	38,6

Tableau 16. Concentration en métaux lourds dans le sédiment en 2005, 2011 et 2013. Classes de qualité telles que définies par le SEQ-Eau (V2).

Selon le référentiel SEQ-Eau, la contamination métallifère du milieu est en bon état dans le compartiment sédimentaire et en très bon état si l'on considère leur bioaccumulation dans les bryophytes.

Néanmoins, malgré ces concentrations globalement modestes, il s'agit bien d'une multi-contamination insidieuse et chronique participant à l'établissement d'un bruit de fond susceptible d'altérer le bon fonctionnement de l'écosystème sur le long terme. À titre illustratif, les PNEC – *Predicted No Effect Concentration* – des éléments nickel et zinc sont respectivement de 4.0 et 37 mg.kg⁻¹ de MS, i.e. à des niveaux inférieurs à ceux mesurés dans cette station depuis plus d'une décennie...

4. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)
Loue	LOU10	06032000	Chenecey Buillon	318	192	76	172	88	162	44	292	66	302	145	206	238	2063	510

Tableau 17. Concentrations dans le sédiment (µg/kg MS) des micropolluants qui ont été détectés dans cette station en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Les analyses réalisées dans le sédiment ont mis en évidence une pollution chronique de cette station par les HAP. Le niveau de cette contamination est relativement stable dans le temps et se situe dans une gamme de concentrations allant de moyennes à élevées. Par exemple, en additionnant les concentrations en benzo(a)pyrène et dibenzo(ah)anthracène (paramètre SOMME HAP 2 selon le SEQ-Eau), les concentrations ont fluctué entre 52 et 252 mg.kg⁻¹ de MS, soit une faible variation au regard de la variabilité inhérente aux analyses sur sédiment.

En outre des pollutions ponctuelles ont été observées par le passé : par le toluène en 2000 et 2003, par le tetrabutylétain en 2006, par des nonylphénols en 2012. Ces substances n'ont pas été détectées en 2013.

En revanche, depuis 2011, une contamination récurrente par le phtalate DHEP est apparue et confirmée en 2013. Bien que les concentrations mesurées ne soient pas déclassantes selon le SEQ-Eau, il faut souligner que cette molécule devrait être interdite pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission Européenne) car considérée comme substance dangereuse.

Par ailleurs, on rappelle le caractère perturbateur endocrinien de ces substances (HAP et phtalates), avec par conséquent de possibles effets inducteurs y compris à de très faibles concentrations.

5. Analyse hydrobiologique

Les conditions hydrologiques de 2013 ont contraint la réalisation de l'échantillonnage de la communauté macrobenthique, en particulier du fait de l'absence d'étiage estival très prononcé. Ainsi

les prélèvements ont été cantonnés à la partie prospectable à pied correspondant à la moitié droite du cours d'eau (qui fait environ 100 mètres de large à cet endroit). On peut néanmoins estimer que la cartographie des habitats est représentative de la réalité, et la grille d'échantillonnage a été respectée.

Ainsi, même si elle fût légèrement moindre que les années précédentes, la présence d'une diversité taxonomique conséquente témoigne de la bonne qualité micro-habitatuelle de cette station. Par ailleurs, la présence de Brachycentridae (GI=8) est indicatrice d'une bonne qualité physico-chimique de l'eau (tableau 18). On peut toutefois remarquer l'absence des taxons dits les plus polluo-sensibles (GI=9) qui étaient « réapparus » l'année précédente (tableau 14). Ceci vient souligner la fragilité de la communauté macrobenthique en place : celle-ci est globalement de bonne qualité mais on note néanmoins l'absence ou la faible densité des espèces les plus sensibles (plécoptères Perlidae, Perlodidae...) pourtant potentiellement présentes dans cette station. Ces observations sont corroborées par une valeur de l'IBD indicatrice d'un peuplement en diatomées altéré par la qualité physico-chimique de l'eau (tableau 19).

Une érosion de la qualité macrobenthique est constatée en 2013 par rapport aux deux dernières années. Toutefois, la nettement plus faible valeur de l'équivalent-IBGN de 2013 ne doit pas être surinterprétée en termes de dégradation de la qualité biologique du milieu et demandera à être confirmée dans les années à venir. En effet, la présence d'un seul taxon supplémentaire, par exemple, aurait permis de franchir une classe de variété supplémentaire et ainsi faire passer la note à 17/20, soit la même valeur qu'observé en 2008 par exemple.

Le score SPEAR indique que la communauté macrobenthique n'est pas drastiquement impactée par la présence éventuelle de pesticides. Toutefois la projection obtenue par rapport à la valeur de l'équivalent-IBGN indiquerait un possible effet insidieux de ce type de contamination (figure 5).

N° étude station	3
Code étude station	LOU10
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord
Type CEMAGREF	M5

Équivalent-IBGN (/20)	16
Classe variété type IBGN	9
Groupe indicateur	8 - <i>Brachycentridae</i>

Robustesse négative (/20)	15
Classe variété type IBGN	8
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>

Robustesse positive (/20)	17
Classe variété type IBGN	9
Groupe indicateur	8 - <i>Brachycentridae</i>

Variété générique (3 phases)	41
------------------------------	----

IBD (/20)	16,2
IPS (/20)	15,7
Taxon dominant	<i>Achnanthes saccula</i>

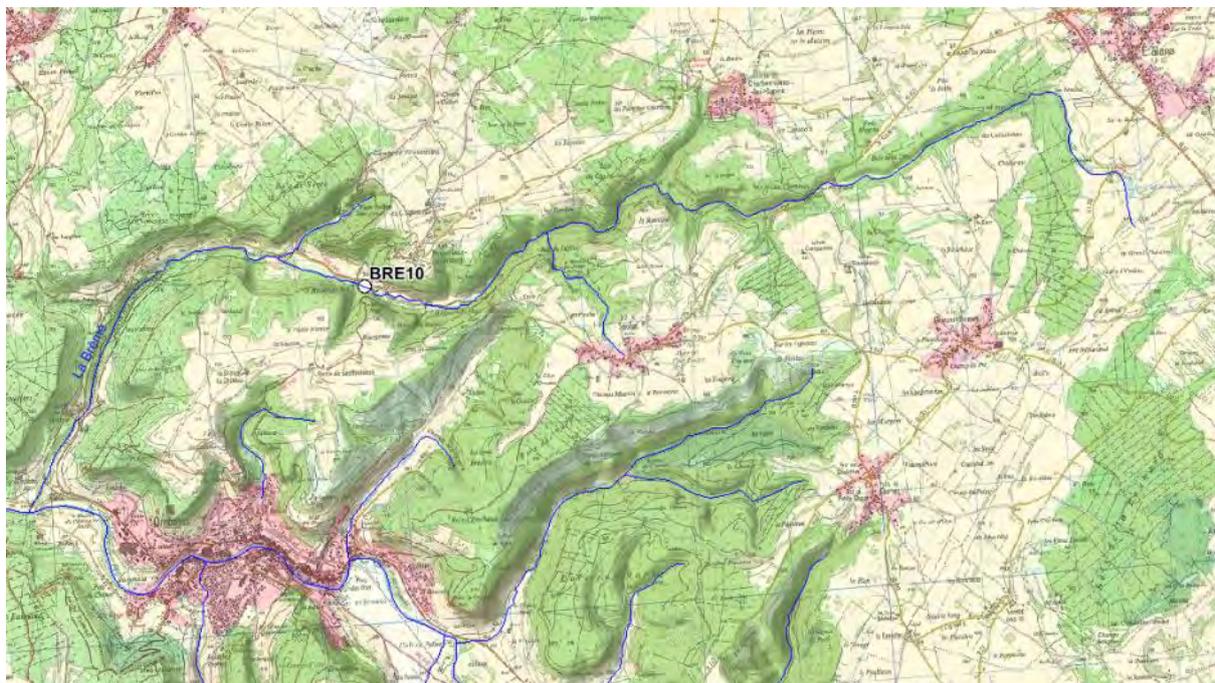
Tableau 18. Données hydrobiologiques 2013 dans la Loue (station LOU10).

	11/09/2000	21/06/2002	22/08/2002	20/09/2002	28/05/2004	06/09/2004	09/09/2004	29/09/2008	06/09/2011	21/08/2012	26/09/2013
Équivalent-IBGN	15*	17*		19*	16*	20*		17	19	19	16
GI	8	8		8	8	8		8	8	9	8
Variété type IBGN	28	34		43	31	45		34	43	39	32
IBD	15	17	16,7	19	16	20	17,4				16,2

* : IBGN

Tableau 19. Évolution de l'équivalent-IBGN et IBD entre 2000 et 2013.

D. BRE10 – La Brême à Bonnevaux-le-Prieuré



Carte 7. Localisation de la station BRE10 dans la seconde moitié du linéaire de la Brême.

À noter l'absence de station limnimétrique automatisée sur la Brême, et par conséquent l'impossibilité de définir une chronique des débits qui soit précise.

1. Physico-chimie générale

La qualité physico-chimique de cette station de la Brême présente en 2013 une qualité physico-chimique classée en un « bon état » selon le référentiel DCE en raison de concentrations en ammonium et nitrates ponctuellement élevées (tableau 20). D'un point de vue temporel, ces teneurs maximum sont récurrentes et stables à travers les années (tableau 21).

On constate néanmoins que les fortes concentrations en matières phosphorées mesurées en 2011, puis moins élevées en 2012, ont poursuivi en 2013 cette diminution. Cette remarque est toutefois à prendre avec prudence, les concentrations maximales étant souvent transitoires et difficilement observables par des prélèvements ponctuels.

BV	Stations patrimoniales			
N° station étude	4			
Masse d'eau	La Brème			
Code station étude	BRE10			
Code Agence de l'Eau	06466250			
Commune	Bonnevaux le Prieuré			
Date	11-juin-13	26-sept.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	16h59	7:51	8h42	10h35
Débit (m ³ /s)	1,017	0,176	0,467	1,258
Temp. Air (°C)	21	12	5	2
Temp. Eau (°C)	11,3	10,9	8,9	7,5
pH	7,73	7,94	7,68	7,63
O2 (mg/l)	10,84	9,29	11,57	12,11
Saturation O2 (%)	99,7	84,2%	99,9%	100,8%
Conductivité	667	682	625	312
MES (mg/l)	9,0	<2,0	3,6	5,0
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,14	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	6,3	11,9	9,8	7,7
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,03	0,02	0,02	0,027
Orthophosphates (mg/l)	0,08	0,02	0,05	0,06
Carbone organique total - COT	1,9	1,5	1,1	1,4
Carbone organique dissous - COD	1,8	1,5	1,1	1,4
DBO5 (mg/l)	1,3	<0,5	0,6	<0,5
Demande Chimique en Oxygène -	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	<1	<1	<1	1
Phéopigments (µg/l)	1	<1	1	1

Tableau 20. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

Année	2005	2007	2008	2011	2012	2013
Oxygène dissous (mg(O2)/L)	10,6	11,6	10,7	x	x	9,29
Oxygène dissous (saturation) (%)	102	100	99	x	x	84,2
DBO (mg(O2)/L)	<0,5	0,7	0,9	1,5	1,3	1,3
Carbone organique (mg(C)/L)	x	1,3	2,3	3,5	3,6	1,8
BILAN DE L'OXYGENE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température (°C)	14,7	8,8	12,7	x	x	11,3
TEMPERATURE	TBE	TBE	TBE	x	x	TBE
Phosphates (mg(PO4)/L)	0,1	0,02	0,07	0,23	0,13	0,08
Phosphore total (mg(P)/L)	x	0,02	0,03	0,13	0,07	0,03
Ammonium (mg(NH4)/L)	0,05	0,05	0,13	<0,05	0,13	0,14
Nitrites (mg(NO2)/L)	x	0,02	0,02	<0,02	0,05	<0,02
Nitrates (mg(NO3)/L)	17,1	12,5	11,4	15,3	12,6	11,9
NUTRIMENTS	BE	BE	BE	BE	BE	BE
pH (unité pH)	8,2	7,8	7,9	x	x	7,93
ACIDIFICATION	TBE	TBE	TBE	x	x	TBE
RESULTANTE PHYSICO-CHIMIQUE	BE	BE	BE	x	x	BE

Tableau 21. Évolution des paramètres physico-chimiques au niveau de cette station entre 2005 et 2013 (Valeurs les plus limitantes pour chacune des années). Classes de qualité et règles d'assouplissement conformes à l'AR du 25/01/2010.

2. Contamination par les pesticides

Aucun pesticide n'a été détecté en 2011 et seulement de l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate) dans du sédiment en 2012. En 2013, l'AMPA a de nouveau été détectée, dans l'eau cette fois avec une concentration à $0.037 \mu\text{g.L}^{-1}$. Cette concentration ne présente pas *a priori* de risque écotoxique direct pour l'environnement. On note également que cette substance a également été détectée dans l'eau interstitielle prélevée concomitamment au sédiment.

En 2013, l'herbicide chlortoluron a été détecté à une concentration de $0.023 \mu\text{g.L}^{-1}$. D'un point de vue réglementaire, cette substance fait partie des polluants spécifiques synthétiques entrant dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique selon l'AR du 25/01/2010. Sa NQE réglementaire fixée pour une moyenne annuelle de $5 \mu\text{g.L}^{-1}$ est largement supérieure à la teneur mesurée en 2013. Néanmoins l'Agence américaine de protection de l'Environnement (EPA) répertorie des études scientifiques ayant démontré des effets toxiques aiguës à court termes du chlortoluron sur des algues vertes dès $8.5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (élimination de 50% de la population en 4 jours). L'INERIS fixe pour sa part une PNEC – *Predicted No Effect Concentration* – de cette substance dans l'eau douce à $0.1 \mu\text{g.L}^{-1}$, concentration non atteinte lors des 4 mesures effectuées en 2013 dans la Brème.

3. Contamination par les métaux lourds

	Métaux/sédiment			Métaux/bryophytes
	01/09/2011	16/08/2012	26/09/2013	26/09/2013
Arsenic (mg/(kg MS))	3.1	<2.6	3,6	1,30
Cadmium (mg/(kg MS))	0.6	0.5	<0,5	0,32
Chrome (mg/(kg MS))	3.6	5.8	7,3	4,05
Cuivre (mg/(kg MS))	3.11	<10.5	<10,4	5,13
Etain (mg/(kg MS))	11.4	<5.2	<5,19	<0,27
Mercure (mg/(kg MS))	<0.026	<0.026	<0,026	<0,054
Nickel (mg/(kg MS))	3.1	4.2	5,2	4,00
Plomb (mg/(kg MS))	6.73	<5.2	<5,2	2,00
Zinc (mg/(kg MS))	28.5	44.4	47,8	104,2

Tableau 22. Concentration en métaux lourds dans le sédiment en 2011, 2012 et 2013. Classes de qualité telles que définies par le SEQ-Eau (V2).

Selon le référentiel SEQ-Eau, la contamination métallifère du milieu est en bon état dans le compartiment sédimentaire et en très bon état si l'on considère leur bioaccumulation dans les bryophytes.

La contamination métallifère du sédiment de cette station est relativement faible mais réelle. Les fluctuations de concentrations entre années doivent être interprétées avec prudence en raison de la variabilité de mesures analytiques liées à ce type de compartiment. Ainsi les augmentations depuis 2011 des teneurs en chrome, nickel et zinc devront être confirmées par des analyses complémentaires les années à venir.

Si cela venait à être effectivement le cas, il conviendra d'identifier au plus vite les sources potentielles de cette contamination (pollution industrielle comme pour les micropolluants ?) avant qu'une altération durable de l'écosystème ne soit engendrée par ces substances, les métaux lourds étant très difficilement éliminés par l'environnement (exports lors de fortes hausses de débits).

4. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	Xylène méta	Xylène para	Chloroforme	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Chrysène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	AMPA sur eau interstitielle (ng/l)
La Brème	BRE10	06466250	Bonnevaux le Prieuré	0,040	0,040	1,091	73	46	15	36	23	36	52	67	46	37	36	431	67

Tableau 23. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans cette station en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Une contamination du sédiment par les HAP est observée depuis leur recherche en 2011. Comme pour les métaux lourds, le niveau de cette contamination est relativement faible mais réelle : par exemple, en additionnant les concentrations en benzo(a)pyrène et dibenzo(ah)anthracène (paramètre SOMME HAP 2 selon le SEQ-Eau), les concentrations sont restées stables (entre 35 et 36 mg.kg^{-1} de MS).

Une pollution d'origine industrielle survenue entre les campagnes 2012 et 2013 pourrait expliquer les détections pour les premières fois des isomères méta- et para- du xylène (chacun à 0.040 mg.kg^{-1} de MS) et du chloroforme à $1,091 \text{ mg.kg}^{-1}$ de MS. Cette pollution serait vraisemblablement de nature ponctuelle et transitoire. En effet, le m-xylène a été détecté dans le sédiment, compartiment intégrateur, mais pas dans l'eau : or, le coefficient de partage K_{oc} très peu élevée pour cette substance, indique qu'elle devrait être présente en beaucoup plus fortes proportions sous forme dissoute qu'adsorbée, ce qui n'est présentement pas le cas. Un apport massif dans le milieu aquatique avec une proportion importante évacuée plus en aval sous forme dissoute, et une plus faible proportion restant stockée dans le sédiment expliquerait ce phénomène.

Par ailleurs, selon la méthodologie retenue, l'INERIS a déterminé une PNEC du chloroforme dans le sédiment compris entre 0.450 et 0.702 mg.kg^{-1} de MS. La concentration mesurée ($1,091 \text{ mg.kg}^{-1}$ de MS) présente donc un réel risque environnemental lié à la contamination du milieu par cette substance.

Le xylène est un solvant essentiellement utilisé dans la fabrication des peintures, des vernis, des colles, des encres d'imprimerie. Toutefois, dans ces secteurs, de nombreux efforts ont déjà été réalisés pour réduire les COV. Cette substance est également utilisée dans la synthèse des insecticides, des matières colorantes, dans l'industrie du caoutchouc et des produits pharmaceutiques (INERIS 2005⁵). Une source potentielle de contamination par le xylène plus probable sur ce bassin versant peut être liée à l'activité de traitement du bois : les bacs de trempage des bois sciés contiennent des mélange insecticides/fongicides qui nécessitent la présence de solvants tel le xylène pour pouvoir être mis en solution.

⁵ INERIS, 2005. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, o-, m-, p-Xylènes et leurs mélanges.

5. Analyse hydrobiologique

Cette station de la Brème présente une qualité macrobenthique très bonne comme en témoigne la présence récurrente de *Perla*, plécoptères très sensibles à la qualité physico-chimique de l'eau (tableau 24). La valeur de l'indice IBGN n'est pas plus élevée en raison d'une diversité en substrats limitée avec peu de végétation aquatique, mais ceci correspond à la morphologie naturelle de ce type de cours d'eau.

N° étude station	4
Code étude station	BRE10
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord
Type CEMAGREF	TP5

Équivalent-IBGN (/20)	16
Classe variété type IBGN	8
Groupe indicateur	9 - <i>Perlidae</i>

Robustesse négative (/20)	14
Classe variété type IBGN	8
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>

Robustesse positive (/20)	16
Classe variété type IBGN	8
Groupe indicateur	9 - <i>Perlidae</i>

Variété générique (3 phases)	35
------------------------------	----

IBD (/20)	15,7
IPS (/20)	15,0
Taxon dominant	<i>Nitzschia dissipata var.dissipata</i>

Tableau 24. Données hydrobiologiques 2013 dans la Brème (BRE10).

	19/05/2005	20/07/2005	29/08/2008	06/09/2011	21/08/2012	26/09/2013
Équivalent-IBGN	20*	17*	17	16	17	16
GI	9	9	9	9	9	9
Variété type IBGN	41	32	30	28	31	24

* : IBGN

Tableau 25. Évolution de l'équivalent-IBGN et IBD entre 2000 et 2013.

Néanmoins, la robustesse négative de l'équivalent-IBGN 2013 indique une tendance à légèrement surévaluer la qualité réelle du milieu avec une diminution de 2 points de la valeur indicielle. Ceci est corroboré par le peuplement diatomique proche d'un bon état (à 0,3 point près) mais présentant malgré tout un état moyen synonyme d'une altération physico-chimique de l'eau. Ceci s'explique

vraisemblablement et entre autres par la contamination récurrente du milieu par des matières phosphorées, de l'ammonium et des nitrates, sans toutefois atteindre des concentrations engendrant des effets drastiques.

Une autre source d'impact insidieux possible serait celle liée à la présence de pesticides dans le milieu, moins de 35% des individus étant sensibles à ce type de polluant d'après l'approche SPEAR. La projection par rapport à la valeur de l'équivalent-IBGN confirmerait l'effet insidieux de cette pollution : la valeur de l'équivalent-IBGN ne rend pas fidèlement compte (il tend à le sous-estimer) du degré de déstructuration de la communauté macrobenthique par les pesticides (figure 5). A ces substances s'ajoutent également le bruit de fond issu de la contamination du sédiment par les HAP, le xylène et le chloroforme.

E. LOU-S13 – Lison à Châtillon-sur-Lison



Carte 8. Localisation de la station LOU-S13 en fermeture de bassin du Lison, peu avant sa confluence avec la Loue.

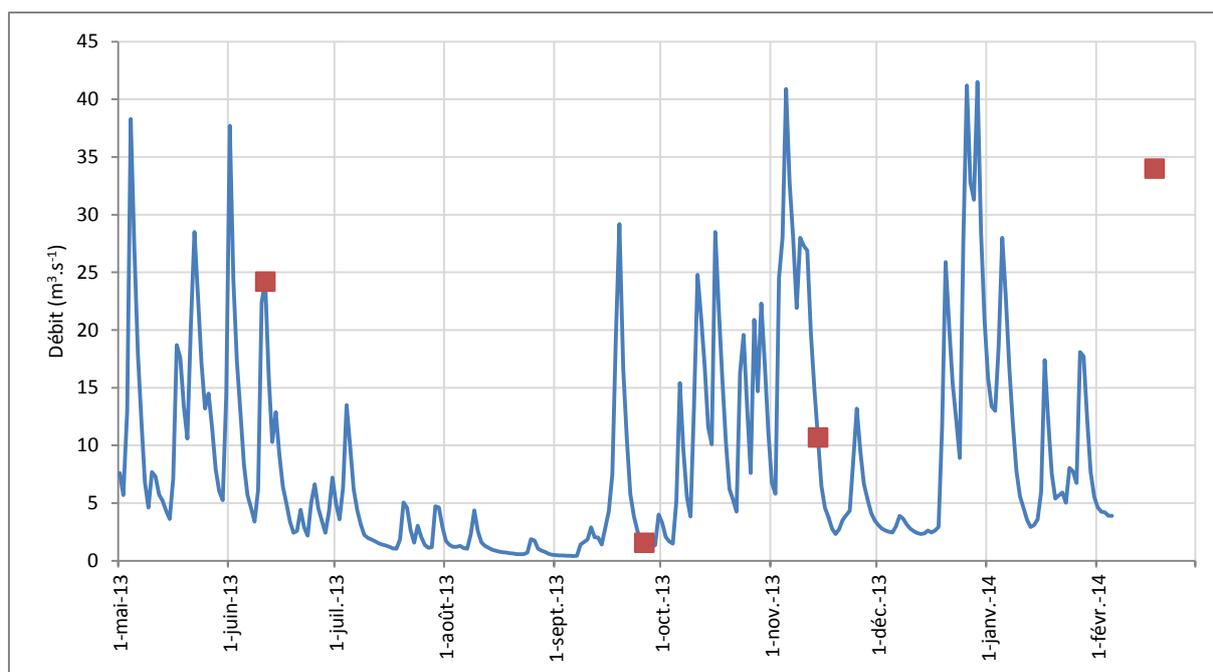


Figure 4. Chronique des débits du Lison à Myon avec localisation des 4 dates d'échantillonnages (points rouges).

1. Physico-chimie générale

Les analyses physico-chimiques ponctuelles indiquent une bonne qualité globale de ce secteur distale du Lison. On note toutefois la présence d'une contamination récurrente en matières phosphorées, du phosphore total en particulier. Les teneurs en nitrates demeurent en très légers excès (tableau 26). Ces caractéristiques sont relativement stables depuis ces 3 dernières années (tableau 27). La résultante physico-chimique correspond ainsi à un « très bon état » en 2013 selon le référentiel DCE (tableau 32).

BV	Stations patrimoniales			
N° station étude	5			
Masse d'eau	Le Lison			
Code station étude	LOU-S13			
Code Agence de l'Eau	06466950			
Commune	Chatillon-sur-Lison			
Date	11-juin-13	26-sept.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	16h05	14:15	13h15	11h34
Débit (m ³ /s)	24,2	1,550	10,700	34,000
Temp. Air (°C)	19	23	9	5
Temp. Eau (°C)	11,1	13,3	9,0	8,0
pH	7,92	8,12	7,77	7,65
O2 (mg/l)	11,27	10,87	11,97	12,18
Saturation O2 (%)	103,2	104,3%	103,2%	102,8%
Conductivité	558	615	578	263
MES (mg/l)	25,0	<2,0	4,0	34,0
Ammonium (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	3,8	4,1	3,8	3,7
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,09	<0,010	0,03	0,062
Orthophosphates (mg/l)	0,09	0,03	0,04	0,07
Carbone organique total - COT	2,5	2,6	1,6	2,1
Carbone organique dissous - COD	2,2	2,6	1,3	1,8
DBO5 (mg/l)	3,0	<0,5	0,9	<0,5
Demande Chimique en Oxygène -	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	1	<1	<1	<1
Phéopigments (µg/l)	2	<1	1	1

Tableau 26. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

Année	2011	2012	2013
Oxygène dissous (mg(O2)/L)	x	x	10,87
Oxygène dissous (saturation) (%)	x	x	102,8
DBO (mg(O2)/L)	1,5	1,4	3
Carbone organique (mg(C)/L)	3,5	2,2	2,6
BILAN DE L'OXYGENE	x	x	TBE
Température (°C)	x	x	13,3
TEMPERATURE	x	x	TBE
Phosphates (mg(PO4)/L)	0,11	0,07	0,09
Phosphore total (mg(P)/L)	0,15	0,04	0,09
Ammonium (mg(NH4)/L)	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrites (mg(NO2)/L)	0,02	0,02	<0,02
Nitrates (mg(NO3)/L)	12	4,1	4,1
NUTRIMENTS	BE	TBE	TBE
pH (unité pH)	x	x	8,12
ACIDIFICATION	x	x	TBE
RESULTANTE PHYSICO-CHIMIQUE	x	x	TBE

Tableau 27. Évolution des paramètres physico-chimiques au niveau de cette station depuis 2011 (Valeurs les plus limitantes pour chacune des années). Classes de qualité et règles d'assouplissement conformes à l'AR du 25/01/2010.

2. Contamination par les pesticides

Aucun pesticide n'a été détecté en 2011. En 2012, l'AMPA a été détecté dans le sédiment à une concentration de 789 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ MS. Cette substance a aussi été détectée en 2013, dans l'eau, à une concentration de 0.031 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Ces teneurs de ce produit de dégradation du glyphosate ne présentent *a priori* pas de risque direct pour l'écosystème aquatique.

En 2013, l'herbicide organochloré métolachlor a également été détecté dans l'eau, à une concentration de 0.045 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Cette substance est pourtant interdite en France depuis 2003, ayant été remplacé par un produit très proche, le S-métolachlor, d'où une possible confusion lors des analyses chimiques (il faut différencier les deux types d'énantiomères).

Le métolachlor a été le désherbant le plus populaire pour le maïs aux États-Unis jusqu'au début des années 2000. À la différence du glyphosate, il n'est normalement pas utilisé en jardinage urbain ou dans les espaces publics. Il est considéré par l'USGS comme un perturbateur endocrinien potentiel, pour la faune sauvage ou domestique dans le milieu naturel, pour l'homme, *via* l'eau potable ou l'inhalation, ou l'ingestion en tant que résidu de pesticides⁶. Il est classé par l'INERIS comme très dangereux (score DANGER de 20/20) et problématique quant à son devenir environnemental (score TRANSFERT de 17.5/20).

Bien que destiné à être particulièrement actif dans le règne végétal (les algues sont à ce titre les premières espèces non cibles impactées), les bases de données écotoxicologiques indiquent que les populations de crustacés soient également altérées à de très faibles concentrations de cette molécule.

3. Contamination par les métaux lourds

	Métaux/sédiment			Métaux/bryophytes
	01/09/2011	16/08/2012	26/09/2013	26/09/2013
Arsenic (mg/(kg MS))	4.6	5.6	3,6	1,36
Cadmium (mg/(kg MS))	0.5	0.4	<0,5	0,10
Chrome (mg/(kg MS))	5.2	13.3	7,3	3,87
Cuivre (mg/(kg MS))	2.06	<10.2	<10,4	6,33
Etain (mg/(kg MS))	6.7	<5.1	<5,19	<0,26
Mercure (mg/(kg MS))	<0.026	<0.026	<0,026	<0,052
Nickel (mg/(kg MS))	4.6	9.7	5,7	3,66
Plomb (mg/(kg MS))	5.16	6.7	<5,2	1,26
Zinc (mg/(kg MS))	20.1	34.8	24,4	17,8

Tableau 28. Concentration en métaux lourds dans le sédiment en 2011, 2012 et 2013. Classes de qualité telles que définies par le SEQ-Eau (V2).

Selon le référentiel SEQ-Eau, la contamination métallifère du milieu est en bon état dans le compartiment sédimentaire et en très bon état si l'on considère leur bioaccumulation dans les bryophytes.

Cette station est multi-contaminée par les métaux lourds mais à des concentrations généralement assez faibles mais déjà potentiellement impactantes, plus encore en considérant l'ensemble sous forme de mélange instaurant un bruit de fond aux effets chroniques pouvant être conséquents sur l'écosystème.

⁶ *Endocrine Disrupting Compounds ; A Report to the Minnesota Legislature* [archive] ; Minnesota Pollution Control Agency; 2008/01/15

4. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	Xylène méta	Xylène para	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)
Le Lison	LOU-S13	06466950	Chatillon-sur-Lison	0,047	0,047	193	166	63	143	99	173	17	154	49	185	83	108	192	1433

Tableau 29. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans cette station en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Une contamination récurrente du sédiment par les HAP est constaté depuis son suivi en 2011, avec toutefois une brusque augmentation des concentrations entre 2011 et 2012 (somme des benzo(a)pyrène et dibenzo(ah)anthracène passant de 15 à $304 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ MS}$) puis une relative stabilisation en 2013 (somme à $192 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ MS}$). Il s'agit donc d'une véritable contamination du milieu à des teneurs moyennes à élevées, avec les effets chroniques que cela peut engendrer sur l'écosystème (perturbations endocriniennes, participation à un bruit de fond délétère...).

Si le phtalate DEHP identifié en 2012 ne l'a pas été en 2013. En revanche, la présence de méta- et para-xylène a été détecté en 2013, chacun à $0.047 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ MS}$. Une pollution d'origine industrielle est donc à craindre sur le bassin versant du Lison, l'activité de traitement du bois étant une des origines les plus vraisemblables sur ce type de bassin versant.

5. Analyse hydrobiologique

La présence de taxons de 9^{ème} groupe indicateur tel que le genre de plécoptère *Perla* est synonyme d'une bonne qualité de l'eau. Néanmoins leur densité peu élevée (insuffisante pour être pris en compte dans le calcul de l'équivalent-IBGN en 2013 par exemple) ainsi que la qualité diatomique déclassée en « bon état » (tableau 30) semblent indiquer que cette qualité physico-chimique de l'eau n'est pas toujours optimale. Les teneurs en légers excès en matières phosphorées sont une hypothèse pouvant expliquer ces observations.

La diminution de l'équivalent-IBGN entre 2012 et 2013 s'explique essentiellement par une baisse de la variété taxonomique (tableau 31), et donc plutôt par la qualité micro-habitationnelle de la station (et pas par une variation de la qualité de l'eau). En 2013, la dalle et le recouvrement tuffeux des fonds, peu biogènes, représentaient une part importante des échantillons prélevés.

Les études actuellement menées sur ce bassin par le Conseil Général du Doubs et l'Université de Franche-Comté apporteront des précisions très utiles quant à cette discussion.

N° étude station	5
Code étude station	LOU-S13
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord
Type CEMAGREF	TP5

Équivalent-IBGN (/20)	16
Classe variété type IBGN	9
Groupe indicateur	8 - <i>Brachycentridae</i>

Robustesse négative (/20)	14
Classe variété type IBGN	9
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>

Robustesse positive (/20)	17
Classe variété type IBGN	10
Groupe indicateur	9 - <i>Perlidae</i>

Variété générique (3 phases)	33
------------------------------	----

IBD (/20)	16,0
IPS (/20)	15,2
Taxon dominant	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>pseudolineata</i>

Tableau 30. Données hydrobiologiques 2013 dans le Lison (LOU-S13).

	06/09/2011	21/08/2012	26/09/2013
Équivalent-IBGN	18	19	16
GI	8	9	8
Variété type IBGN	40	37	26

Tableau 31. Évolution de l'équivalent-IBGN depuis 2011.

F. Projection SPEAR et état écologique des stations patrimoniales

Les interprétations « classiques » des données macrobenthiques reflètent parfois assez mal les perturbations par les pesticides susceptibles d'être sous-jacentes. La mise en œuvre de l'approche SPEAR devrait permettre de présumer de la présence ou absence d'un éventuel effet insidieux par ces substances sur les communautés macrobenthiques évaluées.

La figure suivante projette les stations par rapport à la corrélation habituellement observée entre valeur de l'équivalent-IBGN et pourcentage de taxons SPEAR. La régression linéaire et son écart-type sont basées sur 69 observations en Bourgogne-Franche-Comté en 2012-2013.

Plus les stations sont projetées vers la gauche, plus elles sont impactées par les pesticides ; plus les stations sont projetées au-dessus de la corrélation, plus on constate que l'effet « pesticides » sur la communauté est sous-estimé par l'équivalent-IBGN. L'interprétation de cette projection permet donc de visualiser et d'évaluer la présence éventuelle d'un effet insidieux des pesticides sur la communauté macrobenthique dont l'équivalent-IBGN ne permet pas de rendre fidèlement compte.

Remarque 1 : Le pourcentage de taxons SPEAR reflète un impact et n'est donc pas obligatoirement corrélé à un nombre de substances ou à une concentration totale en pesticides : les relations concentration-réponses fluctuent fortement d'une molécule à une autre.

Remarque 2 : L'approche SPEAR concerne uniquement les macro-invertébrés benthiques. Il ne permet pas d'évaluer l'impact sur les autres communautés telles que les micro-flores diatomiques. La majeure partie des pesticides détectés sont des herbicides dont les algues constituent très souvent le groupe le plus sensible parmi les organismes non-cibles. Par conséquent, un pourcentage élevé en taxons SPEAR indique une faible altération des communautés macrobenthiques par les pesticides, mais ne signifie pas nécessairement ni l'absence de pesticides dans le milieu, ni l'absence d'impact sur d'autres types de communautés.

Projection SPEAR des 5 stations patrimoniales

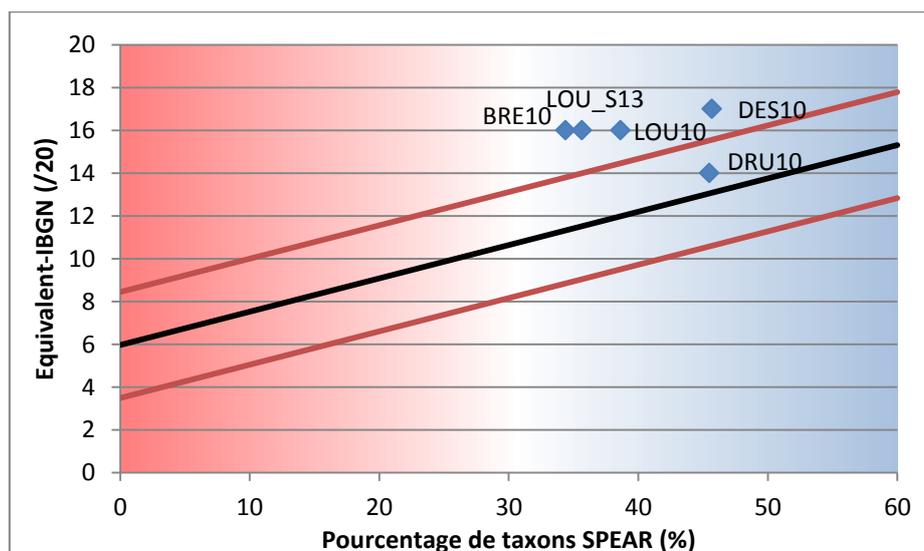


Figure 5. Projection des relevés macrobenthique des stations patrimoniales en fonction de l'équivalent-IBGN mesuré et du taux de taxons sensibles aux pesticides (SPEAR – *Species At Risk*). La régression (trait noir) a été obtenue suite à l'utilisation d'un réseau de 69 points de mesures récentes (2012-2013) par Hydrobio-Conseils. Les traits rouges indiquent les écarts-types par rapport à la droite de régression.

État écologique des 5 stations patrimoniales

		1	2	3	4	5	
		DRU10	DES10	LOU10	BRE10	LOU-S13	
		Objectif d'état (année échéance bon état écologique)					
		2015	2015	2015	2015	2015	
AR 2010	Éléments biologiques	Équivalent-IBGN	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		IBD	TBE	TBE	BE	EMo	BE
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Nutriments	TBE	BE	TBE	BE	BE
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques					
		Polluants spécifiques synthétiques	TBE	BE	TBE	BE	TBE
	ETAT ECOLOGIQUE		BE	BE	BE	EMo	BE
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (dont NTK)	BE	TBE	TBE	BE	TBE	
	Nitrates	BE	BE	BE	EMo	BE	
	Effet des Proliférations Végétales	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	
	Métaux sur bryophytes	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	
	Métaux sur sédiments	EMo	BE	BE	BE	BE	
	Micropolluants sur sédiments	EMo	EMo	EMo	EMo	EMo	
	Minéralisation	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	
	MES	BE	BE	EMo	BE	EMo	

Tableau 32. Classes de qualité des différents paramètres mesurés selon le référentiel DCE (partie supérieure du tableau) et selon le référentiel SEQ-Eau (V2) pour les éléments non déjà prises en compte (partie inférieure du tableau).

II. Bassin de la Lanterne

A. Contexte et objectifs

Un diagnostic écologique de la Lanterne a été effectué en 2011⁷ dans le cadre de son programme de restauration.

Il apparaît que la Lanterne présente une faible qualité macrobenthique et piscicole, le secteur le plus altéré étant la partie apicale du bassin. Cette faible qualité biologique résulte conjointement d'une altération significative de la qualité d'eau et de l'habitat.

Les rejets domestiques, les apports de nutriments et pesticides par l'agriculture, ainsi que les eaux de lessivage des réseaux routiers et ferroviaires constituent des sources de pollutions multiples. Par ailleurs des pollutions ponctuelles et massives ont déjà été observées sur ce bassin : la Noue a été par exemple le vecteur d'une pollution agricole accidentelle par d'importants volumes de pesticides en avril 2011 avec d'importantes conséquences sur le peuplement piscicole, et probablement invertébré de la Lanterne à l'aval de leur confluence.

La qualité physique est quant à elle perturbée sur la quasi-totalité du linéaire par un lit drastiquement surdimensionné par les recalibrage et curage. Cela affecte toutes les composantes de l'habitat. En effet, aucun tronçon ne présente une bonne qualité physique et seulement 10% du linéaire présente une qualité physique moyenne. À partir de Pouilley-les-Vignes (entre les stations Lanterne_1 et 2 de la présente étude), et jusqu'à la confluence avec l'Ognon, la qualité physique est altérée plus ou moins fortement. Les symptômes de l'altération physique sont les mêmes sur l'ensemble du linéaire, à savoir un lit surdimensionné conduisant à l'étalement de la lame d'eau, une incision du lit et des berges extrêmement hautes et terreuses, ainsi qu'un substrat inhospitalier de dalle marneuse ou de particules fines terreuses. En outre, la Lanterne est particulièrement sensible au colmatage du substrat par les éléments fins, du fait d'importants apports en particules terreuses.

Afin de traiter la problématique « physique » de la Lanterne, un programme de restauration est en cours d'étude et plusieurs scénarios ont été proposés (Eaux Continentales, 2012⁸).

Le présent programme de surveillance de la qualité des eaux vise à mieux cerner certains aspects de la problématique « qualité de l'eau » avec un plan d'échantillonnage densifié dans le secteur amont du bassin. Les objectifs sont les suivants :

- apprécier l'impact des ruissellements sur les surfaces imperméabilisées (routes, autoroutes, zones urbaines). L'implantation des stations doit permettre d'apprécier l'évolution longitudinale de la qualité, en encadrant notamment les sources de pollution potentielles ;
- apprécier l'impact des apports domestiques et agricoles ;

⁷ Programme de restauration de la Lanterne – Diagnostic écologique. Eaux Continentales pour EPTB Saône et Doubs, 2012. 118 pages.

⁸ Programme de restauration de la Lanterne - Présentation des scénarios de restauration. Eaux Continentales pour EPTB Saône et Doubs, 2012. 98 pages.

1. Échantillonnage

L'implantation des stations doit permettre d'apprécier l'évolution longitudinale de la qualité, en encadrant notamment les sources de pollution potentielles. 11 stations d'échantillonnage ont ainsi été retenues :

- 7 réparties le long du linéaire de la Lanterne :
 - o Lanterne_1 : proche de la source
 - o Lanterne_2 : en aval de l'autoroute ; en aval de la step de Pouilley-les-Vignes
 - o Lanterne_3 : en aval de la confluence avec le ruisseau de l'Ormes ; en amont de la confluence avec le ruisseau de la Noue
 - o Lanterne_4 : en aval immédiat de la confluence avec le ruisseau de la Noue
 - o Lanterne_5 : en aval de la station d'épuration et lagunages de Pelousey
 - o Lanterne_6 : en aval de la station d'épuration de Chauenne (filtre planté de roseaux depuis novembre 2008)
 - o Lanterne_7 : en fermeture de bassin au niveau de Chevigney-sur-l'Ognon

- 4 réparties sur 3 petits affluents :
 - o Ormes_1 : en amont de l'autoroute
 - o Champvans_1 : en aval de l'autoroute ; en aval des lagunages de Champvans-les-Moulins
 - o Ormes_2 : en aval de la confluence avec le ruisseau de Champvans ; en amont de la confluence avec la Lanterne
 - o Noue_1 : en aval proche de l'autoroute : en amont de Pelousey

4 sites de traitement des eaux usées ont été identifiés :

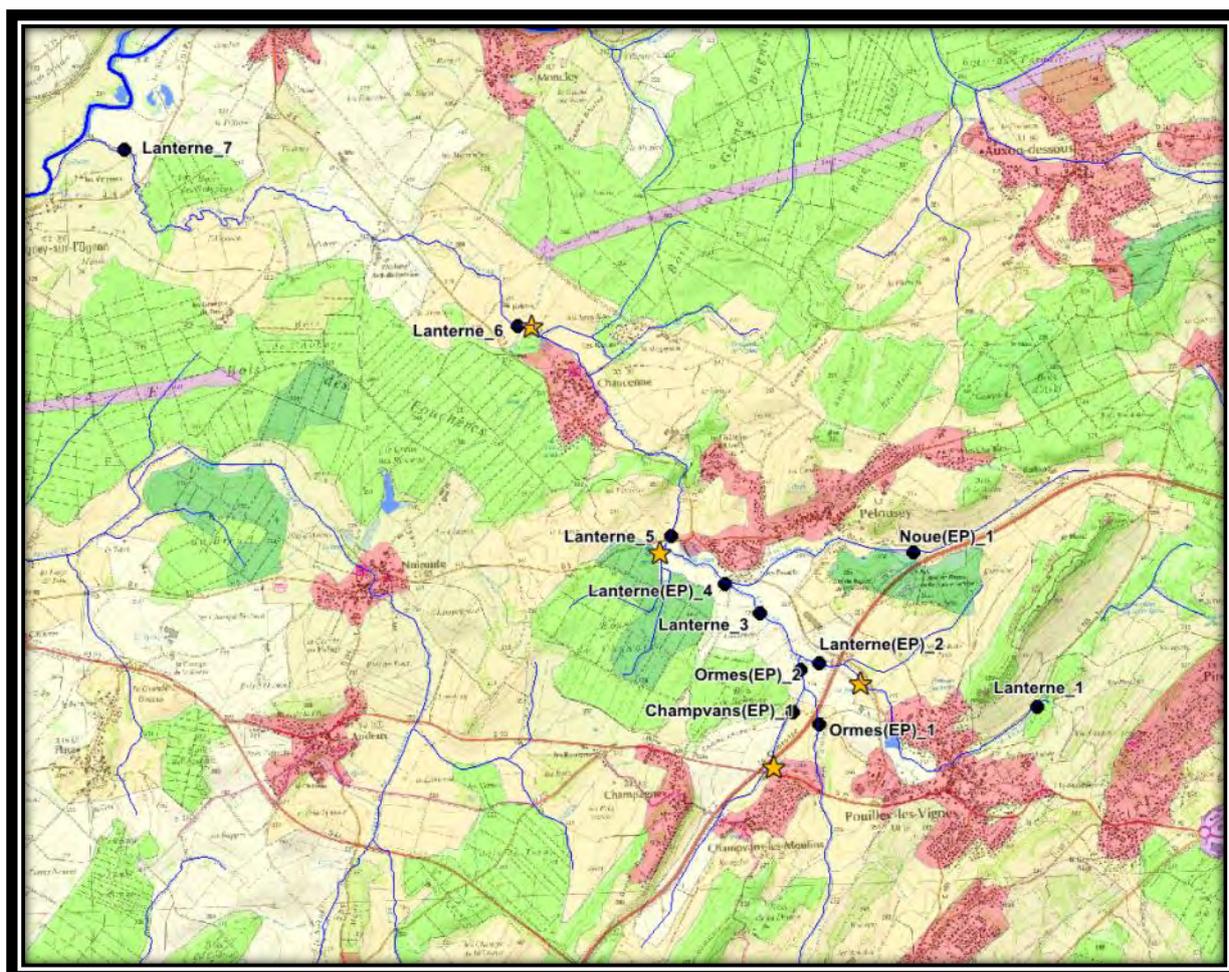
- La station d'épuration de Champvans-les-Moulins (en amont de Champvans_1)
- La station d'épuration de Pouilley-les-Vignes (entre Lanterne_1 et Lanterne_2)
- La station d'épuration de Pelousey (entre Lanterne_4 et Lanterne_5)
- La station d'épuration de Chauenne (à l'amont de Lanterne_6).

À noter également que le linéaire de la Lanterne est traversé par une autoroute et une ligne TGV.

2 campagnes ont été réalisées en 2013-2014 sur ces stations, avec 2 échantillonnages supplémentaires pour les stations Lanterne 1, 3, 5, 6 et 7. Les paramètres physico-chimiques ont été systématiquement analysés, ainsi que les pesticides sur eau brute dans les stations Lanterne_3, 6 et 7. Les métaux lourds sur sédiment ont été recherchés dans toutes les stations sauf Lanterne_5 et Noue (absence de sédiment dans ce dernier cas). Les micropolluants sur sédiments ont été recherchés dans ces mêmes stations excepté Lanterne_6.

	Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (Cond., IO2l., %O2, pH, T°c)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute – EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées	
Lanterne	6	Lanterne	Lanterne(EP)_2	06438200	Pouilley les vignes	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	8	Noue	Noue(EP)_1	06438500	Pelousey	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	7	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_1	06438510	Pouilley les vignes	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	9	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_2	06438250	Champvans les Moulins	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	10	Ru de Champvans-les-Moulins	Champvans(EP)_1	06438520	Champvans les Moulins	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	11	Lanterne	Lanterne(EP)_4	06438300	Pelousey	2	2	2	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	12	Lanterne	Lanterne_1	06438530	Pouilley les Vignes	4	4	4	0	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0
	13	Lanterne	Lanterne_3	06438540	Pelousey	4	4	4	0	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0
	14	Lanterne	Lanterne_5	06438350	Pelousey	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	Lanterne	Lanterne_6	06438400	Chaucenne	4	4	4	0	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0
	16	Lanterne	Lanterne_7	06438450	Chevigney sur l'Ognon	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	1	1

Tableau 33. Programmes des analyses prévues sur le BV de la Lanterne (les chiffres indiquent le nombre de campagne d'analyses prévues par groupe de paramètres)



Carte 9. Localisation des stations d'échantillonnage 2013-2014 sur le bassin versant de la Lanterne. Les étoiles représentent des unités d'épuration de l'eau, les secteurs en rouge les zones urbanisées, les zones en verts les secteurs forestiers, en jaune les secteurs à dominante agricole.

2. Contexte hydrologique

En l'absence de station hydrométrique automatique sur la Lanterne, le choix a été fait de se référer à la chronique des débits enregistrée sur le Rupt : les types hydro-morphologiques (taille moyenne, cours de plaine...) et la réactivité hydrologique y sont relativement similaires.

La 1^{ère} campagne a eu lieu en fin de fortes eaux printanières, la 2^{nde} en fin de période d'étiage en cours d'un lessivage des sols, la 3^{ème} en période pluvieuse et après d'importants lessivages des sols successifs, la 4^{ème} lors de la succession de hautes eaux hivernales (fortes pluies lors d'échantillonnage). Des situations hydrologiques contrastées ont donc pu être observées.

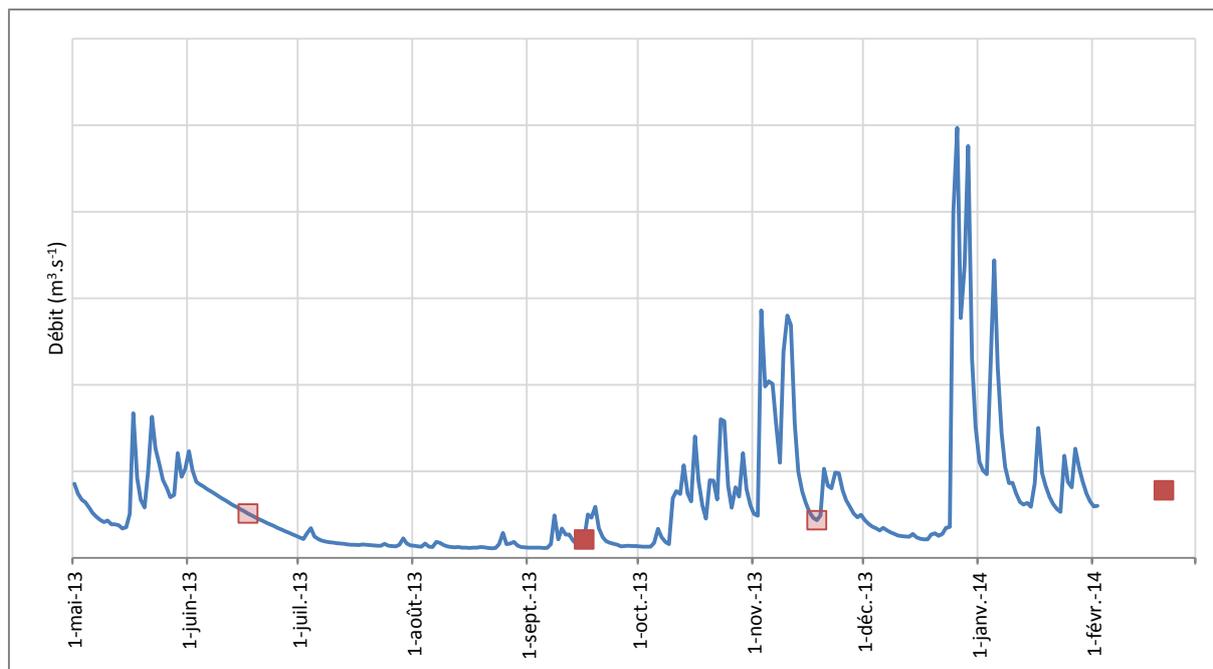


Figure 6. Chronique des débits sur le Rupt à la réactivité hydrologique proche de celle de la Lanterne. Les points en rouge correspondent aux dates d'échantillonnage : en foncé lorsque toutes les stations ont été prélevées, en clair lorsque seule les stations à 4 campagnes ont été échantillonnées.

B. Contamination par les matières nutritives

Code station étude	Ormes(EP)_1	Noue(EP)_1	Ormes(EP)_2	Champvans(EP)_1	Lanterne_1	Lanterne(EP)_2	Lanterne_3	Lanterne(EP)_4	Lanterne_5	Lanterne_6	Lanterne_7
Code Agence de l'Eau	06438510	06438500	06438250	06438520	06438530	06438200	06438540	06438300	06438350	06438400	06438450
Temp. Eau	13,7	14,6	14,2	14,9	12,9	15,6	21,8	14,9	21,7	22,1	18,7
pH	7,71	7,85	7,71	7,42	7,40	7,65	8,01	7,76	7,89	7,70	7,65
O2 (mg/l)	7,21	7,90	6,47	4,24	7,83	6,39	6,70	7,83	7,23	7,52	7,70
Saturation O2 (%)	69,4%	77,0%	63,0%	41,8%	73,9%	64,3%	66,7%	77,3%	71,6%	72,9%	74,4%
Conductivité	1364	924	1163	1051	858	624	1282	784	1230	1168	977
MES (mg/l)	16	49	15	18,0	21,0	15,0	36	22	25	24	29
Ammonium (mg/l)	0,08	0,30	2,10	3,10	<0,05	0,69	0,41	0,42	0,63	0,21	0,09
Nitrites (mg/l)	0,44	0,25	0,63	0,77	<0,02	0,41	0,55	0,39	2,40	0,33	0,16
Nitrates (mg/l)	40,7	16,6	22,3	10,4	21,0	9,1	16,3	21,3	20,5	23,2	19,6
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	2,0	3,1	<1	1,2	1,3	1,0	1,4	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,06	0,19	0,41	0,83	0,11	0,94	0,74	0,62	0,65	0,41	0,43
Orthophosphates (mg/l)	0,11	0,30	1,10	2,00	0,12	2,20	1,70	1,30	1,70	0,98	0,92
COT (mg/l)	6,9	7,7	7,7	8,6	5,7	6,5	7,7	6,2	6,6	6,0	6,2
COD (mg/l)	5,8	5,0	6,1	6,5	4,4	4,0	5,0	4,2	4,8	4,7	4,6
DBO5 (mg/l)	0,8	1,8	4,0	2,1	1,0	2,3	5,0	2,9	4,0	2,4	2,4
DCO (mg/l)	27	30	31	34	21	36	33	20	29	<20	29
Chlorophylle a (µg/l)	NR	NR	NR	NR	1	NR	5	NR	3	2	3
Phéopigments (µg/l)	NR	NR	NR	NR	<1	NR	7	NR	5	4	4

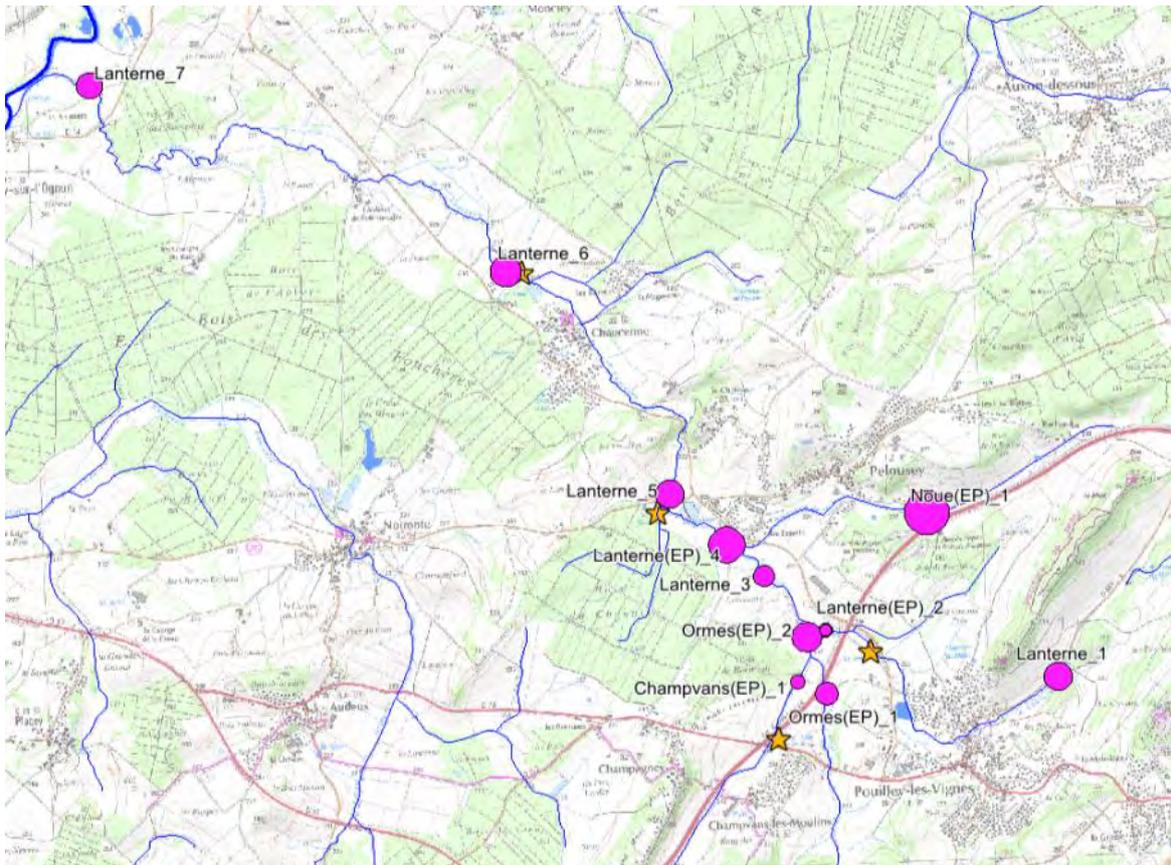
Tableau 34. Valeurs les plus déclassantes pour chacun des paramètres physico-chimiques mesurés au sein des stations du BV de la Lanterne en 2013-2014. Codes couleurs correspondant aux classes de qualité tels que définies par l'AR du 25/01/2010 (paramètre en gris foncé) ou par défaut par le SEQ-Eau V2 (paramètres en gris clair).

1. Nitrates et NTK

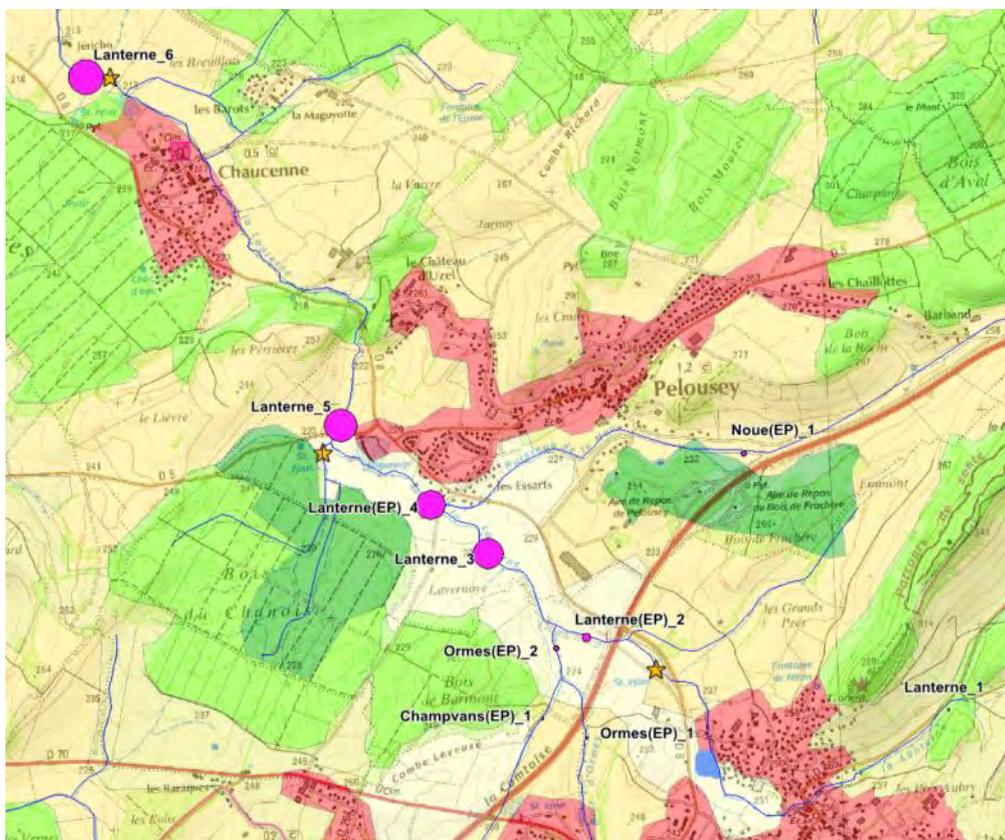
Les concentrations en nitrates sont élevées à très élevées sur le bassin de la Lanterne (carte 10) : leur concentration maximale varie de 9.1 mg.L⁻¹ pour Lanterne_2 (« bon état » selon le SEQ-Eau) à 40,7 mg.L⁻¹ pour Noue_1 (« état médiocre »). Toutes les autres stations présentent un « état moyen » vis-à-vis de ce paramètre. La Lanterne est contaminée par cette substance dès sa source avec une concentration pouvant atteindre 21.0 mg.L⁻¹, concentration maximale proche de celle mesurée en fermeture de bassin : 19.6 mg.L⁻¹ au niveau de Lanterne_7. Ces concentrations sont donc élevées et potentiellement impactantes sur le potentiel biologique de cette masse d'eau.

En termes de flux, l'essentiel des apports en nitrates interviennent entre les stations Lanterne_2 et Lanterne_3, au cœur d'un secteur constitué essentiellement de terres arables (carte 11). Ceci est vraisemblablement à mettre en relation avec les drainages et autres lessivages intensifs des sols soulignés dans le diagnostic écologiques de 2011. En effet, outre les matières en suspension colmatant les fonds, ces arrivées massives et rapides d'eaux de lessivage apportent dans l'exutoire les intrants agricoles, et en premier lieux les nitrates n'ayant pas eu le temps d'être fixés par la végétation.

Les concentrations en azote organique, retranscrites par les teneurs en azote Kjeldahl (=NTK ou NKJ), sont rarement déclassantes en-deçà d'un « bon état », à l'exception notoire de la station Champvans_1 où une concentration à 3,1 mg.L⁻¹, synonyme d'un « état moyen », a été mesuré. Les épandages de matières organiques dans les environs peuvent en être une source d'émission importante.



Carte 10. Concentrations maximales en nitrates (de 9,1 mg.L⁻¹ pour Lanterne_2 à 40,7 mg.L⁻¹ pour Noue_1)



Carte 11. Flux maximum en nitrates dans la tête de bassin : de 0,008 g.s⁻¹ à Lanterne_1 à 2,976 g.s⁻¹ à Lanterne_6. (Lanterne_7 non représenté sur la carte : 2,507 g.s⁻¹).

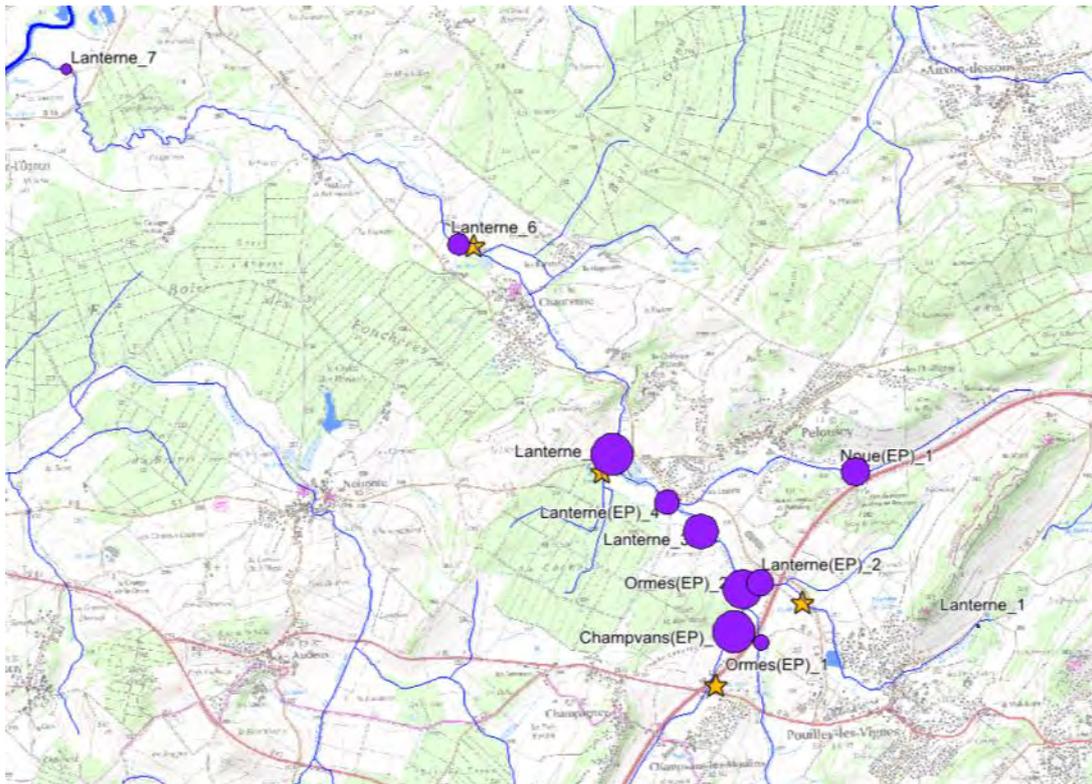
2. Nitrites et ammonium

L'évolution spatiale et temporelle des éléments nitrites et ammonium sont similaires.

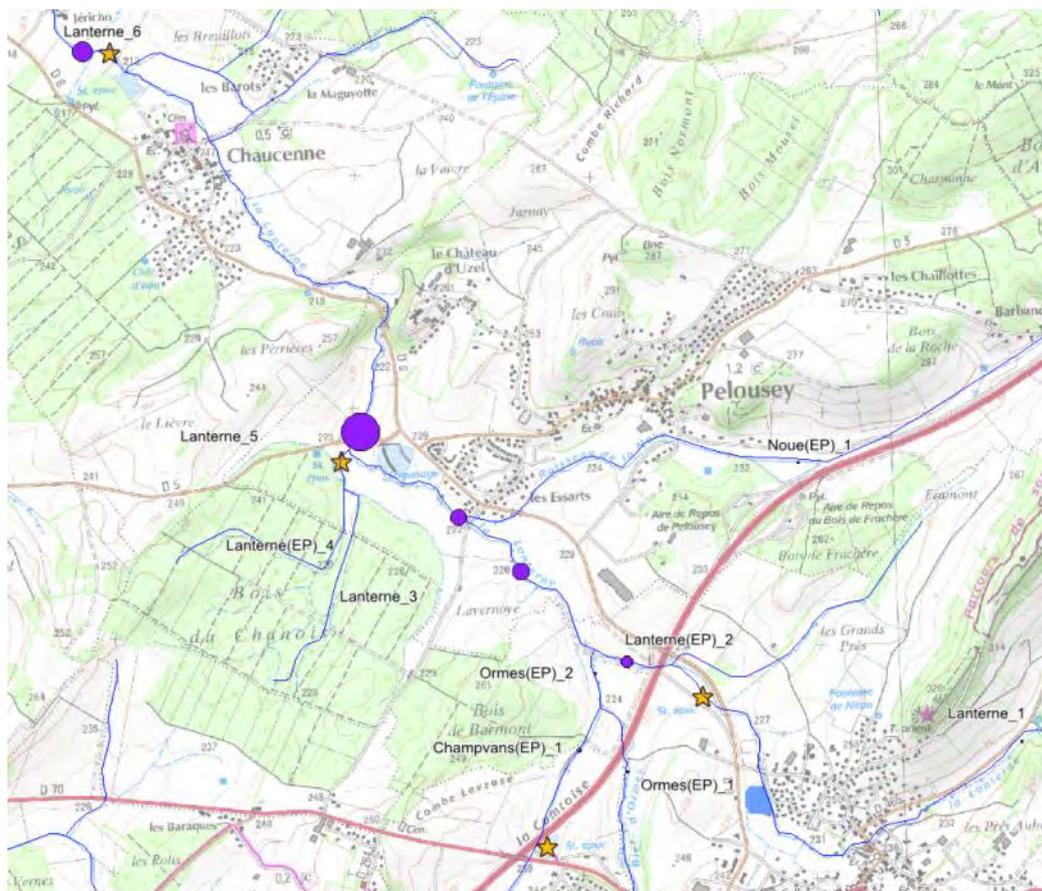
Leurs concentrations suivent les évolutions spatiales suivantes (carte 12) :

- très faibles au niveau de la source de la Lanterne ;
- contamination significative au niveau des stations Ormes_1 et Noue_1 (16 septembre 2013, campagne n°1/2) pourtant localisées en amont des stations d'épuration (0.25 et 0.44 mg.L⁻¹ de nitrites, respectivement), peut-être liés aux nombreux rejets directs de qualité très douteuse observés au niveau de Pouilley les Vignes lors du diagnostic écologique de 2011 ;
- une contamination du ruisseau de Champvans (16 septembre 2013, campagne n°1/2), vraisemblablement *via* la station d'épuration de Champvans-les-Moulins (0.77 mg.L⁻¹ de nitrites et 3.10 mg.L⁻¹ d'ammonium), ce ruisseau contribuant à l'augmentation de leurs concentrations dans l'Ormes (de 0.44 à 0.63 mg.L⁻¹ pour les nitrites et 0.30 à 2.10 mg.L⁻¹ pour l'ammonium entre respectivement l'amont et l'aval de la confluence) ;
- une contamination intervenant entre les stations Lanterne_1 et Lanterne_2, vraisemblablement liée à la présence de la station d'épuration de Pouilley-les-Vignes : de <0.02 mg.L⁻¹ à 0.41 mg.L⁻¹ pour les nitrites par exemple ;
- processus d'auto-épuration de la Lanterne très faible jusqu'à Pelousey : les flux sont relativement constants (baisse très légère) en considérant les apports quantitativement faibles des ruisseaux de l'Ormes et de la Noue (carte 13) ;
- nouvelle augmentation brusque des concentrations entre l'amont et l'aval de la station d'épuration de Pelousey : elle atteint un pic extrêmement élevé en nitrites (2,40 mg.L⁻¹) lors de la campagne estivale ;
- les concentrations mesurées à l'aval du filtre planté de Chaucenne sont nettement moins élevées que plus en amont, mais elles restent élevées (0.33 mg.L⁻¹ pour les nitrites par exemples) et les flux importants : la part entre processus d'auto-épuration et nouvelle contamination par cette aire de traitement est donc délicat à distinguer ;
- ce processus d'auto-épuration paraît plus net dans la partie aval de la Lanterne : par exemple, pour les nitrites, les concentrations maximales diminuent de 52% et les flux maximum de 68%. Néanmoins, les teneurs restent non négligeables en fermeture de bassin avec 0.16 et 0.09 mg.L⁻¹ pour les nitrites et l'ammonium respectivement.

En conclusion, la qualité de l'eau est très fortement altérée par de multiples contaminations, principalement d'origines domestiques avec notamment les stations d'épuration de Pouilley-les-Vignes et de Pelousey, intervenant dans la partie amont du bassin. Le processus d'auto-épuration, bien que réel dans la partie aval du bassin, ne permet pas d'effacer totalement cette pollution en fermeture de bassin.



Carte 12. Concentrations maximales en nitrites (de $<0.02 \text{ mg.L}^{-1}$ pour Lanterne_1 à 0.77 mg.L^{-1} pour Champvans_1 et un pic à $2,40 \text{ mg.L}^{-1}$ pour Lanterne_5).



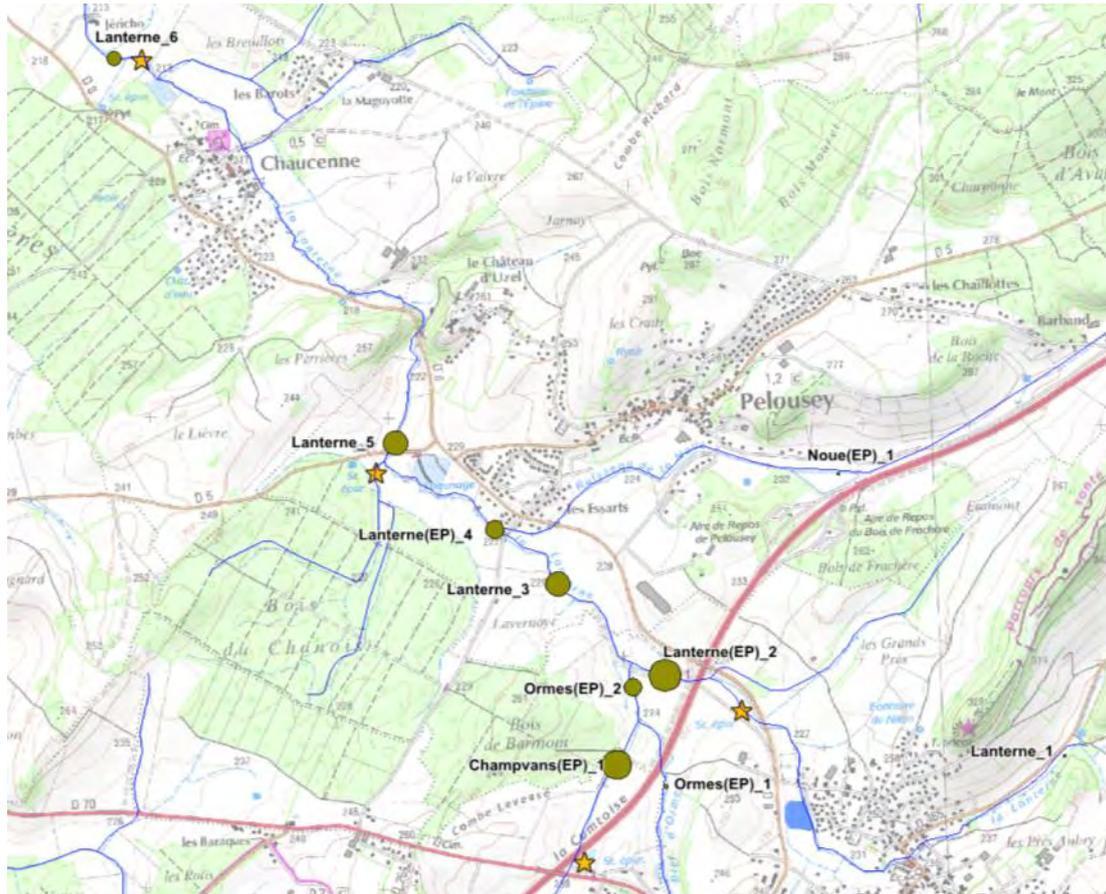
Carte 13. Flux maximum en nitrites dans la tête de bassin : de $<0.001 \text{ g.s-1}$ à Lanterne_1 à 2.40 g.s-1 à Lanterne_5. (Lanterne_7 non représenté sur la carte : 0.013 g.s-1).

3. Matières phosphorées

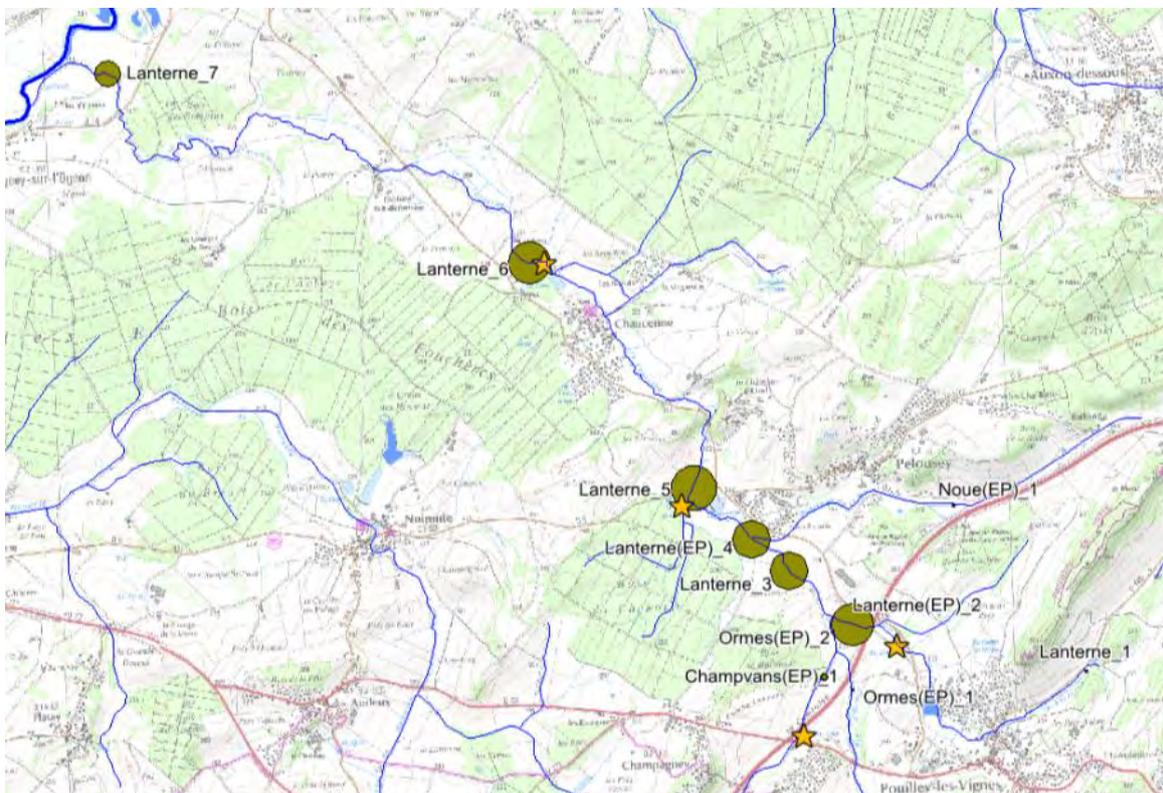
L'évolution spatiale et temporelle des éléments orthophosphates et phosphore total sont similaires. Leurs concentrations suivent les évolutions spatiales suivantes, les plus fortes teneurs ayant été mesurées le 16 septembre 2013, i.e ; lors de la campagne n°1/2 (carte 14) :

- teneurs relativement faibles au niveau de la source de la Lanterne, et des ruisseaux de la Noue et la partie apicale de l'Ormes, mais concentrations tout de même synonymes de pollution dès la tête de bassin avec des teneurs déclassantes en « bon état » ;
- une forte contamination du ruisseau de Champvans, vraisemblablement *via* la station d'épuration de Champvans-les-Moulins (2.0 mg.L⁻¹ d'orthophosphates et 0.83 mg.L⁻¹ de phosphore total), ce ruisseau contribuant à l'augmentation de leurs concentrations dans l'Ormes (de 0.30 à 1.10 mg.L⁻¹ pour les orthophosphates et 0.19 à 0.41 mg.L⁻¹ pour le phosphore total entre respectivement l'amont et l'aval de la confluence) ;
- une très forte contamination intervenant entre les stations Lanterne_1 et Lanterne_2, vraisemblablement liée à la présence de la station d'épuration de Pouilley-les-Vignes : de 0.12 mg.L⁻¹ à 2.20 mg.L⁻¹ pour les orthophosphates par exemple, ce qui est synonyme de mauvais état selon le référentiel DCE. Cet apport est très structurant en termes de flux en matières phosphorées dans la Lanterne (carte 15) ;
- processus d'auto-épuration de la Lanterne faible mais visible jusqu'à Pelousey : par exemple, les concentrations en orthophosphates passent de 2.20 à 1.7 puis 1.30 mg.L⁻¹ respectivement au niveau des stations Lanterne_2, 3 puis 4 ;
- nouvelle contamination du milieu par la station d'épuration de Pelousey : les concentrations en orthophosphates augmentent de 1.30 à 1.70 mg.L⁻¹ entre l'amont et l'aval du rejet, celles en phosphore total restent à des concentrations également très élevées (0.62 et 0.65 mg.L⁻¹ à l'amont et l'aval du rejet) ;
- les concentrations mesurées à l'aval du filtre planté de Chaucenne sont nettement moins élevées que plus en amont, mais elles restent élevées (0.98 mg.L⁻¹ pour les orthophosphates par exemples) et les flux importants : la part entre processus d'auto-épuration et nouvelle contamination par cette aire de traitement est donc délicat à distinguer ;
- ce processus d'auto-épuration des matières phosphorées semble réel dans la partie aval de la Lanterne, mais dans des proportions relativement modestes : par exemple, pour les orthophosphates, si les flux maximum diminuent de 38% entre Lanterne_6 et Lanterne_7 et leurs concentrations moyennes d'environ 24%, en revanche, leurs concentrations maximales restent similaires et élevées (0.98 et 0.92 mg.L⁻¹ au niveau de ces deux stations, respectivement).

En conclusion, la qualité de l'eau vis-à-vis des matières phosphorées est similaire à celle observée pour les nitrites et l'ammonium : elle est très fortement altérée *via* de multiples contaminations, principalement originaires des stations d'épuration présentes dans la partie apicale du bassin.

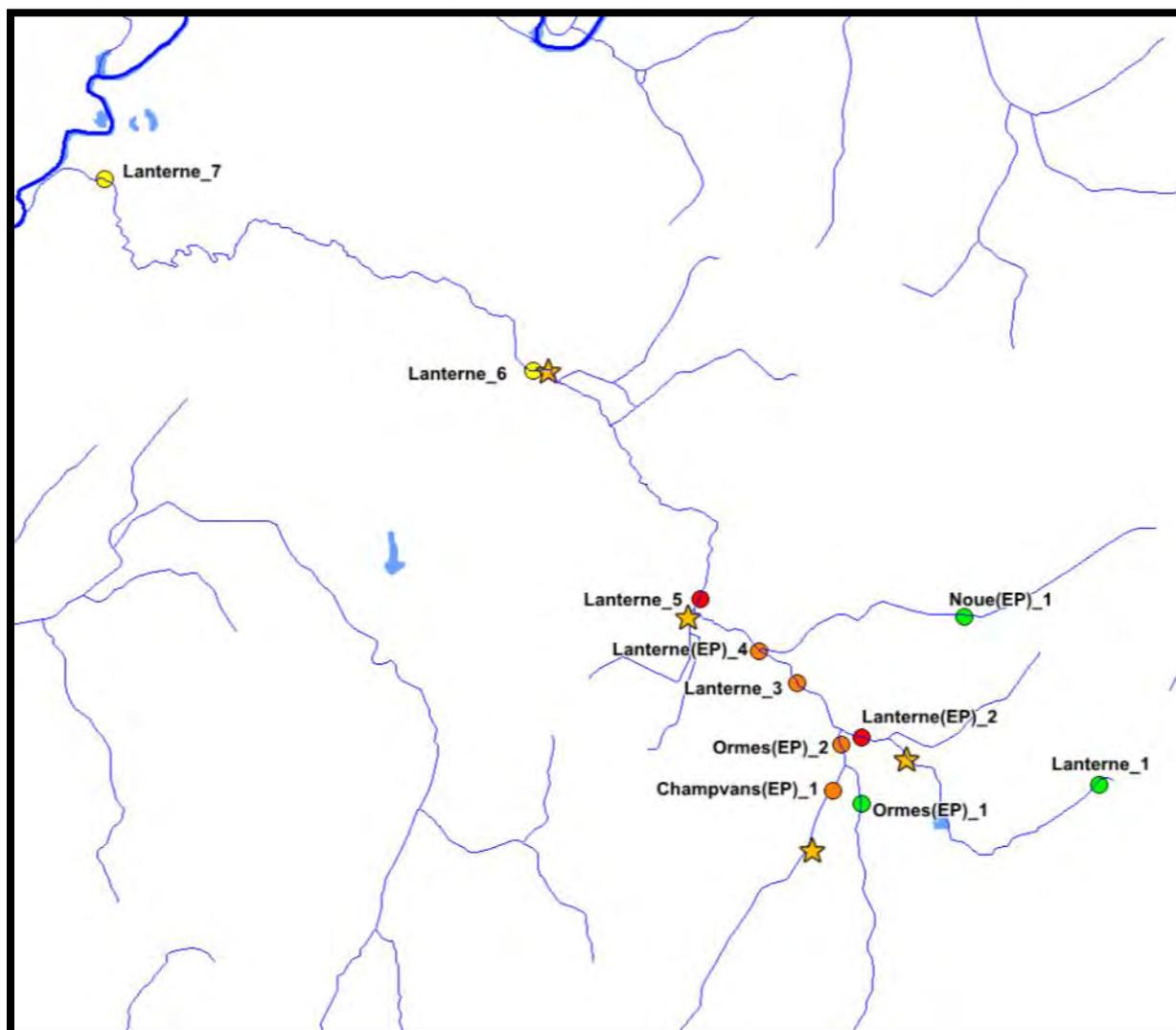


Carte 14. Concentrations maximales en orthophosphates : de 0.11 mg.L^{-1} pour Noue_1 à 2.20 mg.L^{-1} pour Champvans_1. La concentration est de 0.92 mg.L^{-1} au niveau de Lanterne_7 (non représenté sur cette carte).



Carte 15. Flux maximum en orthophosphates : de $<0.002 \text{ g.s}^{-1}$ à Lanterne_1 et Noue_1 à 0.125 g.s^{-1} à Lanterne_2.

4. Bilan de la contamination actuelle du bassin de la Lanterne par les matières nutritives



Carte 16. Classes de qualité vis-à-vis de l'ensemble de paramètres « nutriments » selon le référentiel DCE (AR 25/01/2010)

Les têtes de bassin sont les moins contaminées par les matières nutritives malgré déjà des concentrations non négligeables en matières phosphorées.

Remarque : la station Noue_1 apparaît en « bon état » vis-à-vis de l'élément « Nutriments » selon le référentiel DCE (carte 16) : il est à noter que seule 2 campagnes y ont été réalisées et que lors de l'une d'entre elles un pic en nitrites (0.44 mg.L^{-1}) fut déclassant en un « état moyen ». La rectification en « bon état » à l'échelle du groupe de paramètres ici appliquée en raison des règles d'assouplissement n'a pas lieu d'être, seules 2 campagnes d'échantillonnage ayant été réalisées. Par conséquent, cette station doit bien apparaître en « état moyen » pour ce paramètre. En outre, toujours dans cette station, une concentration élevée en nitrates (40.7 mg.L^{-1}) y a été mesurée, déclassant la station en « état médiocre » selon le référentiel SEQ-Eau.

L'ensemble des stations localisées dans la moitié apicale du bassin (en amont de Chauenne) et implantées à l'aval des stations d'épuration de Pouilley-les-Vignes, Champvans-les-Moulins ou Pelousey sont dans un état médiocre ou mauvais état en raison de leurs contaminations par les nitrites, ammonium, orthophosphates et phosphore total. Ces fortes concentrations sont récurrentes mêmes si un pic particulièrement élevé fut souvent constaté lors de la 2^{nde} campagne, i.e. lors de l'échantillonnage en période de pluie en fin d'été estival.

Une contamination supplémentaire de la Lanterne par la station d'épuration de Chauenne est probable mais délicate à démontrer en raison d'une qualité de l'eau déjà très altérée en amont et de l'absence d'une station en amont proche pour comparer les résultats.

En l'absence de nouvelle contamination domestique massive à l'aval de la station d'épuration de Chauenne, un processus d'auto-épuration est observé dans la partie distale du bassin, en particulier vis-à-vis des matières azotées et dans une moindre mesure vis-à-vis des matières phosphorées. La qualité de l'eau vis-à-vis des nutriments présente ainsi un « état moyen » en fermeture de bassin selon le référentiel DCE.

Une amélioration de la qualité de l'eau de la Lanterne devra donc nécessairement passer prioritairement par une amélioration de l'efficacité des processus d'épuration rejetant dans les cours d'eau du bassin.

5. Évolution au niveau de la qualité de l'eau en fermeture de bassin (Lanterne_7)

Paramètre	2000 (4 campagnes)	2003 (4 campagnes)	2013 (4 campagnes)
Température eau (°C)	17	22.2	18.7
pH	8.1	8.3	7.65
Oxygène dissous (mg/l)	6.9	5	7.70
Saturation en oxygène (%)	68	58	74.4
MES (mg/l)	17	27	29
DBO5 (mg/l)	3.1	2.7	2.4
Ammonium (mg/l)	0.2	0.48	0.09
NTK (mg/l)	2.5	/	<1
Nitrites (mg/l)	0.30	/	0.16
Nitrates (mg/l)	16.3	36.8	19.6
Orthophosphates (mg/l)	1.9	1.5	0.92
Phosphore total (mg/l)	0.68	/	0.43

Tableau 35. Comparaison des analyses physico-chimiques au niveau de la station Lanterne_7 entre 2000, 2003 et 2013. Les valeurs affichées sont les plus pénalisantes pour le milieu parmi chaque série de campagnes. Les codes couleurs appliqués sont ceux correspondant aux classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau.

Les teneurs en MES, notamment liées à la nature altérée de la morphologie du lit dans ce secteur, et les concentrations en nitrates, liées à l'activité agricole dans le bassin versant, restent relativement élevées et montrent une faible évolution temporelle. Tout eu plus une légère augmentation des concentrations fut constatée lors des basses eaux.

En revanche, une tendance à la diminution des teneurs en ammonium, nitrites, orthophosphates et phosphore total semble être observée entre 2013 et les mesures effectuées 10 à 13 années auparavant. Une amélioration des processus d'auto-épuration, ou beaucoup plus vraisemblablement

une diminution des rejets domestiques dans le milieu, sont donc probablement à l'origine de l'amélioration de la qualité nutritive globale de cette station.

Ceci vient accentuer la pertinence des efforts nécessaires pour la diminution des rejets domestiques dans la partie apicale du bassin comme précédemment soulignés

C. Contamination par les pesticides

Trois stations ont fait l'objet de recherche de pesticides dans l'eau :

- la station Lanterne_3 : partie supérieure du bassin
- la station Lanterne_6 : en milieu de bassin
- la station Lanterne_7 : en fermeture de bassin

Au total, ce sont 19 substances différentes qui ont été détectées sur le bassin (tableau 36) :

- **14 sont des matières actives de nature herbicide**, dont l'**acétochlore**, classé comme perturbateur endocrinien de catégorie 1 (effets sur la reproduction avérés) ;
- 2 sont des substances issues de la dégradation de molécule-mère herbicide : AMPA issu du glyphosate et atrazine-2-hydroxy issu de l'atrazine ;
- 1 substance à propriété molluscicide, le **méthaldéhyde** ;
- 1 substance à propriété insecticide, le **thiaméthoxam** ;
- 1 fongicide/biocide, le **biphényle**.

Le méthaldéhyde, utilisé pour lutter essentiellement contre les limaces, est un composé très toxique pour les animaux domestiques (chats, chiens) et sauvages (notamment le hérisson qui en avalant les limaces empoisonnées s'empoisonne à son tour) ainsi que pour l'homme. Sa toxicité pour les organismes aquatiques est assez mal connue, on peut toutefois noter une $LC50_{4j}$ (concentration tuant 50% des individus après 4 jours d'exposition) à $7\,300\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la truite arc-en-ciel selon une étude de l'EPA (*Environmental Protection Agency*, Agence américaine de protection de l'environnement).

Dans le dossier d'autorisation de CRUISER OSR commercialisé par la société SYNGENTA AGRO SAS⁹, l'ANSES a fixé la PNEC (*Predicted No Effect Concentration*) du thiaméthoxam sur la base de la NOEC (*No Observed Effect Concentration*) issue d'une étude de l'EPA, cette-dernière ayant déterminé qu'aucune mortalité de chironome n'était observée après 2 jours d'exposition à $13\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ à cette substance. Un simple facteur de sécurité de 10 est alors appliqué, l'étude écotoxicologique ayant été étrangement jugée comme portant sur des effets chroniques, afin de déterminer la PNEC du thiaméthoxam à $1\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. À noter toutefois que cette même substance est très toxique pour les insectes terrestres, en particulier les abeilles chez qui la non-observation de mortalité chez l'abeille est conditionnée par une exposition de 10 jours inférieure de 1.8 nanogrammes par individu.

Le biphényle est utilisé comme conservateur sur les peaux des agrumes pour empêcher la croissance des moisissures. Il est également employé comme biocide et pour la fabrication de médicaments et de PCB. La Valeur Guide Environnementale de sa concentration moyenne est fixée en 2013 par l'INERIS à $1,126\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Par ailleurs, cette substance est susceptible de s'accumuler le long de la chaîne alimentaire.

⁹ Anses – dossier n° 2007-3336 – CRUISER OSR. 15 octobre 2010.

Parmi les 19 substances détectées, 6 sont des perturbateurs endocriniens plus ou moins avérés¹⁰ (classification de l'Union Européenne) :

- Catégorie 1 (effets sur la reproduction avérés) : acétochlore ;
- Catégorie 2 (effets prouvés chez l'animal) : 2,4D ; Diuron ;
- Catégorie 3a (effets suspectés mais manque de données pour être scientifiquement prouvé) : biphényle, glyphosate, pendimethaline.

Par ailleurs, le pendimethaline est classé par l'EPA dans le groupe C, cancérigène possible pour l'Homme.

Les trois stations échantillonnées se sont avérées être similairement contaminées par les pesticides : jusqu'à 9 à 13 substances détectées simultanément pour une concentration totale en pesticides atteignant entre environ 2 et 3 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

5 substances parmi les 19 n'ont pas de valeur référence actuellement (ni NQE de la DCE, ni seuils du SEQ-Eau, ni VGE de l'INERIS). Parmi chacune des 14 autres substances prises individuellement, seule les concentrations moyennes annuelles minimum et maximum de l'acétochlore encadrent sa VGE (0.006 $\mu\text{g.L}^{-1}$ selon l'INERIS). En revanche, la somme des pesticides est déclassante en un « état moyen » dans chacune de ces 3 stations.

Par conséquent, l'effet toxique de ces pesticides tiendra :

- d'une part de la résultante d'une exposition chronique à un cocktail de substances, ce mélange étant susceptible de potentialiser l'effet de chaque substance prise individuellement (effets synergiques). Ceci a par exemple été démontré dans des cours d'eau franc-comtois contaminés par des mélanges de fongicides et d'insecticides¹¹ ;
- d'autre part de l'exposition à des substances multiples à effets perturbateurs endocriniens de natures oestrogéniques et androgéniques, de très faibles doses étant souvent suffisantes à induire des réactions hormonales.

¹⁰ R. McKinlay, J.A. Plant, J.N.B. Bell, N. Voulvoulis, Endocrine disrupting pesticides: Implications for risk assessment, *Environment International* 34 (2008) 168–183

¹¹ Adam O., et al., 2009. *Mixture toxicity assessment of wood preservative pesticides in the freshwater amphipod Gammarus pulex* (L.). *Ecotox. Environ. Saf.*, 72 (2), 441-449.

Station	Campagne	Débit (m3/s)	2,4-D (dont sels et esters) (µg/l)		2,4-MCPA (µg/l)		Acétochlore (µg/l)	AMPA (µg/l)	Atrazine 2-hydroxy (µg/l)	Biphényle (µg/l)	Clomazone (µg/l)	Diuron (µg/l)	Dimethenamide (µg/l)	Glyphosate (µg/l)	Métaldéhyde (µg/l)	Métazachlor (µg/l)	Métolachlor (µg/l)	Nicosulfuron (µg/l)	Oxadiazon (µg/l)	Pendimethaline (µg/l)	Quinmerac (µg/l)	Sulcotrione (µg/l)	Thiamethoxam (µg/l)	Total pesticides (µg/l)	Nb pesticides détectés
			Référentiel utilisé	DCE	DCE	INERIS																			
13 Lanterne_3 06438540 Pelousey	17-juin-13	16h35	0,018	<0,020	<0,020	0,012	1,070	0,023	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	0,117	0,280	<0,005	0,062	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	0,042	1,606	7	
	16-sept.-13	15:05	0,065	0,021	0,034	<0,005	2,320	0,027	0,015	<0,005	0,021	<0,005	0,491	0,096	0,006	<0,005	<0,020	0,007	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	3,038	10	
	18-nov.-13	15h10	0,038	<0,020	<0,020	<0,005	<0,020	0,026	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,026	1	
	20-févr.-14	15h55	0,131	<0,020	<0,020	<0,005	0,139	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,139	1	
	Moyenne annuelle min.			0,0053	0,0085	0,0030	0,8823	0,0190	0,0038	0,0000	0,0053	0,0000	0,1520	0,0940	0,0015	0,0155	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0105		
Moyenne annuelle max.			0,0203	0,0235	0,0068	0,8873	0,0240	0,0075	0,0050	0,0203	0,0050	0,1620	0,1040	0,0053	0,0193	0,0200	0,0055	0,0050	0,0200	0,0200	0,0500	0,0255			
Fréquence détection			25%	25%	25%	75%	75%	25%	0%	25%	0%	50%	50%	25%	25%	0%	25%	0%	0%	0%	25%				
15 Lanterne_6 06438400 Chaucenne	17-juin-13	15h15	0,020	<0,020	<0,020	0,010	1,310	0,022	<0,005	<0,005	<0,020	0,011	0,141	0,220	<0,005	0,170	<0,020	0,007	<0,005	<0,020	<0,050	0,028	1,919	9	
	16-sept.-13	17:20	0,124	<0,020	<0,020	<0,005	1,890	0,029	<0,005	<0,005	0,035	<0,005	0,223	0,190	<0,005	<0,005	<0,020	0,007	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	2,374	6	
	18-nov.-13	15h45	0,071	<0,020	<0,020	<0,005	<0,020	0,025	<0,005	0,020	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,045	2	
	20-févr.-14	17h50	0,206	<0,020	<0,020	<0,005	0,128	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,128	1	
	Moyenne annuelle min.			0,0000	0,0000	0,0025	0,8320	0,0190	0,0000	0,0050	0,0088	0,0028	0,0910	0,1025	0,0000	0,0425	0,0000	0,0035	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070		
Moyenne annuelle max.			0,0200	0,0200	0,0063	0,8370	0,0240	0,0050	0,0088	0,0238	0,0065	0,1010	0,1125	0,0050	0,0463	0,0200	0,0060	0,0050	0,0200	0,0200	0,0500	0,0220			
Fréquence détection			0%	0%	25%	75%	75%	0%	25%	25%	25%	50%	50%	0%	25%	0%	50%	0%	0%	0%	25%				
16 Lanterne_7 06438450 Chevigny sur l'Ognon	17-juin-13	14h35	0,055	<0,020	<0,020	0,020	1,070	0,026	<0,005	0,010	<0,020	0,130	0,117	0,220	<0,005	0,170	0,033	0,007	0,007	<0,020	0,098	0,048	1,956	13	
	16-sept.-13	18:05	0,082	<0,020	<0,020	<0,005	1,490	0,029	<0,005	<0,005	0,034	0,006	0,213	0,220	0,013	<0,005	0,021	<0,005	<0,005	0,042	<0,050	<0,020	2,068	9	
	18-nov.-13	16h10	0,097	<0,020	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,000	0	
	20-févr.-14	18h10	0,230	<0,020	<0,020	<0,005	0,093	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,020	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,005	<0,005	<0,020	<0,050	<0,020	0,093	1	
	Moyenne annuelle min.			0,0000	0,0000	0,0050	0,6633	0,0138	0,0000	0,0025	0,0085	0,0340	0,0825	0,1100	0,0033	0,0425	0,0135	0,0018	0,0018	0,0105	0,0245	0,0120			
Moyenne annuelle max.			0,0200	0,0200	0,0088	0,6683	0,0238	0,0050	0,0063	0,0235	0,0365	0,0925	0,1200	0,0070	0,0463	0,0235	0,0055	0,0055	0,0255	0,0620	0,0270				
Fréquence détection			0%	0%	25%	75%	50%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	25%	25%	50%	25%	25%	25%	25%	25%				
Probabilité de détection à l'échelle du bassin			8%	8%	25%	75%	67%	8%	17%	25%	25%	50%	50%	17%	25%	17%	33%	8%	8%	8%	25%			19	

Tableau 36. Concentration en pesticides dissous dans l'eau brute au sein des stations Lanterne_3, 6 et 7. En rouge, les substances perturbatrices endocriniennes. Application des seuils des référentiels suivants (selon leur disponibilité par molécule) : NQE de la DCE, à défaut seuils du SEQ-Eau, à défaut VGE de l'INERIS. En bleu : non détecté et inférieur aux seuils ; en vert : molécule détectée mais ne dépassant pas les NQE/VGE/seuil de bon état du SEQ-Eau ; en jaune : seuils du SEQ-eau correspondant à un état moyen ; en gris : molécule dont la moyenne annuelle encadre la valeur seuil. Fréquence de détection : rapport du nombre de fois où la molécule est détectée sur le nombre total de fois où celle-ci a été recherchée.

D. Contamination par les métaux lourds

D'après le tableau 37, l'arsenic et le nickel apparaissent comme étant les éléments les plus contaminants des sédiments échantillonnés. Dans une moindre mesure le chrome, le cadmium et le plomb sont également présents en excès. En revanche le mercure et le cuivre seraient présents à des concentrations beaucoup moins altérantes.

Cependant, même en considérant les fonds géochimiques naturels de ces substances, il apparaît que l'ensemble des stations échantillonnées sont multi-contaminées par quasiment toutes les métaux lourds recherchés, exception faite de l'étain qui n'a pas été détecté.

		Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Etain total (mg/kg MS)	Mercure total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
Bief d'Ormes	Ormes(EP)_1	38,7	1,0	54,1	<10,3	<5,16	0,041	44,9	35,1	85,1
Bief d'Ormes	Ormes(EP)_2	53,4	1,6	62,8	<10,4	<5,19	0,041	51,9	46,2	108,4
Ru de Champvans-les-Moulins	Champvans(EP)_1	14,4	<0,5	49,0	17,5	<5,16	0,057	34,6	25,3	146,0
Lanterne	Lanterne_1	40,6	1,1	58,5	12,1	<5,27	0,037	58,5	32,1	80,6
Lanterne	Lanterne(EP)_2	19,5	0,5	36,9	15,9	<5,12	0,123	25,6	25,1	100,9
Lanterne	Lanterne_3	65,0	1,6	47,8	<10,4	<5,20	0,036	43,7	51,0	108,7
Lanterne	Lanterne(EP)_4	51,9	1,0	77,0	<10,3	<5,13	0,031	37,0	32,3	102,7
Lanterne	Lanterne_6	27,7	1,0	42,3	<10,4	<5,22	0,084	31,3	32,4	106,5
Lanterne	Lanterne_7	21,1	0,5	32,0	<10,3	<5,16	0,031	24,8	23,2	61,9

Tableau 37. Concentrations en métaux lourds dans les sédiments échantillonnés. Les codes couleurs sont ceux correspondant aux seuils de qualité tels que définis par le SEQ-Eau (V2).

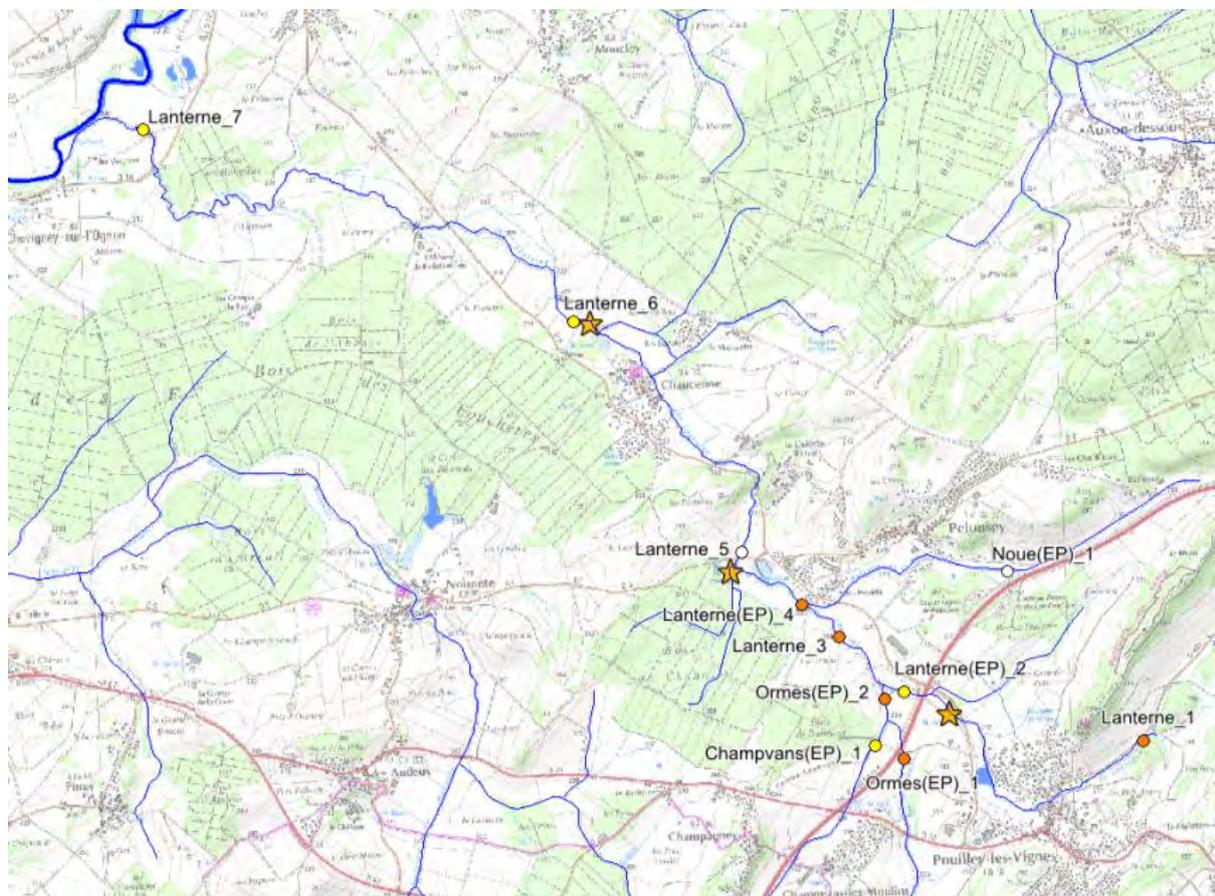
D'un point de vue géographique (carte 17), il n'a pas été possible de mettre en évidence un lien entre niveau de contamination par les métaux lourds, ni avec l'occupation du territoire en général, ni avec la présence de l'autoroute en particulier. En effet, les stations les plus apicales, Lanterne_1 notamment, sont déjà très fortement multi-polluées, que ce soit qualitativement ou quantitativement. On observe toutefois que le ruisseau de Champvans et les deux stations les plus en aval de la Lanterne sont plutôt moins contaminées que les autres par les métaux lourds.

Néanmoins, cette classification des niveaux de contaminations du sédiment en classes de qualité tels que définis par le SEQ-Eau appelle à deux remarques :

- il n'existe pas de classe « mauvais état », les stations sont au maximum déclassés au un « état médiocre », couleur orange ;
- le lien entre norme de qualité et degré d'effet potentiel sur l'écosystème n'est pas systématique et surtout peu homogène entre substances d'après les données écotoxicologiques de ces dernières années.

La démarche d'évaluation du risque, en se basant sur des concentrations prédites sans effet sur l'environnement (PNEC = *Predicted No Effect Concentration*), permet pour sa part de réellement

identifier les niveaux d'altération potentiels du fonctionnement écologique de ces milieux (tableau 38).



Carte 17. Classes de qualité en métaux lourds sur sédiment tels que définis par le SEQ-Eau (V2).

			Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Etain total (mg/kg MS)	Mercurure total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
PNEC _{SED} ou PNEC _{SOL} selon INERIS ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de MS)			1,8	2,3	2,8	0,8	?	1,1	4,0	6,8	37
6	Lanterne	Lanterne(EP)_2	10,8	0,2	13,2	19,9	?	0,1	6,4	3,7	2,7
7	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_1	21,5	0,4	19,3	?	?	0,0	11,2	5,2	2,3
9	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_2	29,7	0,7	22,4	?	?	0,0	13,0	6,8	2,9
10	Ru de Champvans-les-Moulins	Champvans(EP)_1	8,0	<0,2	17,5	21,9	?	0,1	8,7	3,7	3,9
11	Lanterne	Lanterne(EP)_4	28,8	0,4	27,5	?	?	0,0	9,3	4,8	2,8
12	Lanterne	Lanterne_1	22,6	0,5	20,9	15,1	?	0,0	14,6	7,7	2,2
13	Lanterne	Lanterne_3	36,1	0,7	17,1	?	?	0,0	10,9	7,5	2,9
15	Lanterne	Lanterne_6	15,4	0,4	15,1	?	?	0,1	7,8	4,8	2,9
16	Lanterne	Lanterne_7	11,7	0,2	11,4	?	?	0,0	6,2	3,4	1,7

Tableau 38. Évaluation du risque pour l'environnement : ratio entre concentrations mesurées et PNEC (dans le sédiment ou à défaut dans le sol) déniées par l'INERIS. En rouge les niveaux de risque élevés (en gras pour les plus élevés), en vert les niveaux de risques faibles.

Avec cette démarche d'évaluation du risque environnemental, il apparait assez nettement que le degré d'altération écologique est très variable entre ces substances, certains éléments étant

présents à des concentrations fortement susceptibles d'altérer le bon fonctionnement écologique du milieu aquatique. La classification suivante peut ainsi être proposée :

- risque très élevé : arsenic, chrome (cuivre ?)
- risque élevé : nickel, (cuivre ?)
- risque modéré : plomb, zinc
- risque faible : cadmium
- risque négligeable : mercure.

E. Contamination par les micropolluants

code station étude	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Captane	AMPA sur eau interstitielle (ng/l)	Glyphosate sur eau interstitielle (ng/l)	2,2',4,4',5- penta bromo diphenyl éther (BDE99)	Bis (2-éthyl hexyl) phthalate (DHEP)	EDTA
Lanterne(EP)_2	492	360	146	302	222	357	32	435	103	491	169	355	405	3464	ND	1380	135	330	509	53
Noue(EP)_1	Absence de sédiment au niveau de la station																			
Ormes(EP)_1	43	48	18	31	16	ND	ND	35	ND	39	33	27	31	290	ND	85	ND	ND	31	ND
Ormes(EP)_2	20	ND	ND	14	10	ND	ND	13	ND	19	ND	11	14	87	64	1590	314	390	61	ND
Champvans(EP)_1	76	83	30	56	56	ND	ND	61	ND	80	41	40	56	523	ND	3930	974	ND	181	ND
Lanterne(EP)_4	969	482	208	422	274	478	73	603	ND	907	403	477	422	5296	ND	1930	76	ND	1031	ND
Lanterne_1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	54	ND	ND	ND	ND
Lanterne_3	319	167	69	135	85	142	45	246	46	292	165	208	181	1919	ND	3310	362	ND	181	ND
Lanterne_7	31	35	10	21	13	ND	ND	26	ND	30	14	19	21	199	ND	488	ND	ND	ND	ND

Tableau 39. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans le BV de la Lanterne en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2). Le sédiment de la Lanterne_3 a été analysé bien que non initialement prévu dans le programme analytique.

Cinq catégories de micropolluants ont été détectées dans le sédiment du bassin de la Lanterne :

- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : une douzaine de HAP ont été détectés. Ces composés, très majoritairement d'origine pyrolytique, sont générés par la combustion de matières fossiles. En France, les émissions anthropiques de HAP sont dominées par le secteur domestique, notamment *via* le chauffage au bois, puis par le secteur des transports routiers, notamment *via* les véhicules diesel, puis par celui de l'industrie manufacturière ;
- Pesticide (1 substance sur sédiment, 2 en eau interstitielle) : captane (fongicide), glyphosate (herbicide) et AMPA (métabolite du glyphosate) ;

- PBDE (pentabromodiphényléthers) : famille de substances largement utilisés en tant que retardateurs de flamme et incorporés dans certains produits de consommation. Sa formulation commerciale est constituée d'un mélange de congénères dont le BDE99 en est un des principaux. Cette substance est rémanente dans le sédiment, bio-disponible pour les organismes vivants et bio-accumulable le long de la chaîne trophique ;
- Le phtalate DHEP est une substance ubiquitaire que l'on retrouve dans plus d'un tiers des rejets mesurés en France et dans tous les secteurs. Ainsi, les stations d'épuration mixtes et urbaines sont à l'origine d'émissions de DEHP le plus souvent plus élevées que les émissions industrielles¹². Le DEHP devrait être interdit pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission européenne) car considérée comme dangereuse.
- L'EDTA est une substance qui complexe les métaux lourds et qui, complexée, peut se fixer dans un organisme. Il est difficilement biodégradable et n'est pas éliminée par les stations d'épuration. En outre l'EDTA n'est pas retenue par les filtres à charbon actif, et à ce titre est susceptible de contaminer l'eau potable. Il a de multiples origines. Par exemple, en agronomie, l'EDTA est un chélateur capable de faire rentrer certains éléments nutritifs dans la plante, et un ajout d'EDTA dans un sol permet de lutter contre les carences en oligo-éléments.

Trois niveaux de contamination sédimentaire par les micropolluants peuvent être proposés :

- Sédiment relativement préservé : Lanterne_1 ;
- Sédiment faiblement contaminé : Ormes_1 et 2, Lanterne_7 ;
- Sédiment modérément contaminé : Champvans_1 ;
- Sédiment à contamination élevée : Lanterne_2, 3 et 4.

Attention toutefois à ne pas sur-interpréter des variations de concentrations entre échantillons de sédiments. En effet, même en réalisant des prélèvements composites afin de lisser la variation micro-spatiales, celles-ci n'est jamais totalement gommer¹³. La grille de lecture de ces données doit donc se faire plutôt en termes de gammes de concentrations plutôt que de valeurs absolues.

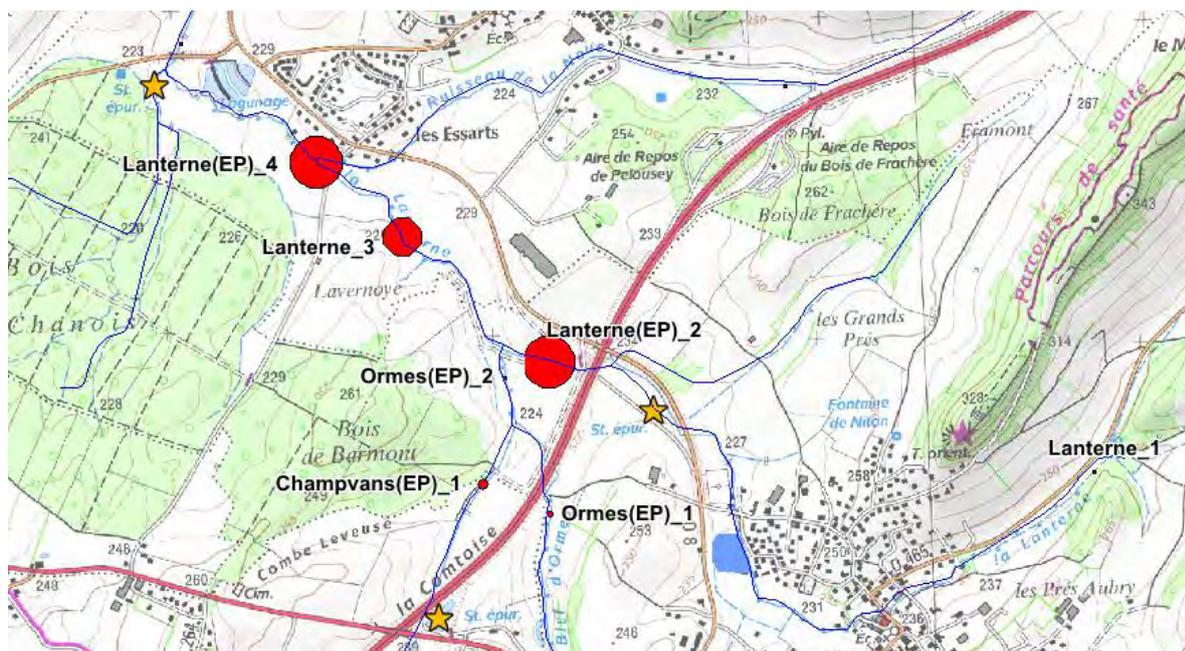
Au regard de la répartition géographique des niveaux de concentrations en HAP (carte 18), on constate qu'une portion du linéaire de la Lanterne est fortement contaminée, puis qu'en fermeture de bassin, cette contamination se fait moindre. Deux hypothèses non exclusives l'une de l'autre peuvent être émises quant à l'origine de cette pollution :

¹² Convention ONEMA-INERIS 2009 - Action 15 - Di(2-Ethylhexyl)Phtalate (DEHP) : Stratégie de réduction de la concentration dans les cours d'eau.

¹³ Adam, O., 2011. Bioindication de la qualité de l'eau par les gammares – Concepts et applications aux produits de traitement du bois. Ed. Presses Universitaires de Franche-Comté, ISBN 978-2-84867-397-4, 200 pages.

- Un apport en HAP *via* l'autoroute : les plus fortes concentrations dans la Lanterne sont localisées à l'aval de l'autoroute.
- Un apport *via* les stations d'épuration (recevant les eaux de ruissellement de sols contaminés) Pouilley-les-Vignes et secondairement de Champvans-les-Moulins. La corrélation entre teneurs en HAP et teneurs en phtalates plaident en faveur d'une origine domestique de la pollution *via* essentiellement la step de Pouilley-les-Vignes.

Cette seconde hypothèse, paraît donc être la plus vraisemblable.



Carte 18. Niveau de contamination du sédiment par les HAP (somme des 14 HAP). De 0 mg.kg⁻¹ de MS à Lanterne_1 à 5296 mg.kg⁻¹ à Lanterne_4.

Par ailleurs, que ce soit les HAP, le captane, les PBDE ou les phtalates, tous ces micropolluants que l'on retrouve dans le bassin versant de la Lanterne sont des perturbateurs endocriniens¹⁴. Leur action vient donc s'ajouter à celles précédemment décrites concernant les pesticides détectés dans la masse d'eau.

La relative préservation du sédiment en fermeture de bassin, ou plutôt sa moindre contamination, doit donc être au maximum préservée dans la perspective de futurs travaux de restauration dans ce secteur. En outre, toute action de dragage de sédiment dans la partie supérieure du bassin, i.e. la plus contaminée, devra se faire avec toutes les précautions nécessaires afin d'éviter des phénomènes de relargages massifs qui viendraient polluer la partie distale du cours d'eau.

¹⁴ Expertise collective AFSSET INSERM, 2008: Cancer et environnement.

			Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)														Pesticides			PBDE	Phtalate	Chélateur
			Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Captane	AMPA sur eau interstitielle (ng/l)	Glyphosate sur eau interstitielle (ng/l)	2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther (BDE99)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)	EDTA
7	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_1	43	48	18	31	16	ND	ND	35	ND	39	33	27	31	290	ND	85	ND	ND	31	ND
9	Bief d'Ormes	Ormes(EP)_2	20	ND	ND	14	10	ND	ND	13	ND	19	ND	11	14	87	64	1590	314	390	61	ND
10	Ru de Champvans-les-Moulins	Champvans(EP)_1	76	83	30	56	56	ND	ND	61	ND	80	41	40	56	523	ND	3930	974	ND	181	ND
12	Lanterne	Lanterne_1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	ND	54	ND	ND	ND	ND
6	Lanterne	Lanterne(EP)_2	492	360	146	302	222	357	32	435	103	491	169	355	405	3464	ND	1380	135	330	509	53
13	Lanterne	Lanterne_3	319	167	69	135	85	142	45	246	46	292	165	208	181	1919	ND	3310	362	ND	181	ND
11	Lanterne	Lanterne(EP)_4	969	482	208	422	274	478	73	603	ND	907	403	477	422	5296	ND	1930	76	ND	1031	ND
16	Lanterne	Lanterne_7	31	35	10	21	13	ND	ND	26	ND	30	14	19	21	199	ND	488	ND	ND	ND	ND

Tableau 40. Concentrations (mg.kg^{-1}) des micropolluants détectés dans les échantillons de sédiment prélevés. Les codes couleurs sont ceux correspondant aux seuils de classes de qualité tels que définis par le SEQ-Eau (V2). ND = Non détecté. En rouge, les substances perturbatrices endocriniennes.

F. Analyse hydrobiologique

La station Lanterne_7 en fermeture de bassin a fait l'objet d'investigations hydrobiologiques en 2013. Les qualités macrobenthiques et diatomiques y sont globalement faibles avec respectivement un « état médiocre » et un « état moyen ».

D'un point de vue micro-habitationnelle, la station souffre d'un colmatage organique des fonds et d'une forte tendance lenticule plus en amont et en aval de la station. Ces paramètres hydro-morphologiques sont donc *a priori* peu favorables au développement d'une communauté macrobenthique optimale. Toutefois, une relative diversité de substrats de différentes natures a été observée. La variété taxonomique reflète cette qualité moyenne en termes de micro-habitats avec 18 familles identifiées dans les phases A et B, 25 familles en considérant également la phase C.

Si une érosion effective de la diversité taxonomique fut observée entre 2003 et 2011 (tableau 41), en revanche ceci n'est pas aussi ostentatoire entre 2011 et 2013. En effet, en 2013, un fort gain de diversité est constaté si l'on considère également les prélèvements correspondant à la phase C de l'échantillonnage, i.e. ceux correspondant aux substrats majoritaires comme pour la phase B. Le nombre de familles ainsi finalement identifiées est le même entre 2011 et 2013.

Le potentiel micro-habitationnelle est donc plutôt altéré, davantage dégradé qu'il y a une dizaine d'années, mais plutôt stable ces dernières années.

La qualité de l'eau semble également altérer la qualité macrobenthique du milieu. Le groupe indicateur retenue en 2013 n'est que de rang 2 (Gammaridae, Elmidae), synonyme de mauvais état, mais devient de rang 7 (trichoptères Goeridae) si l'on considère également les individus issus de la phase C. À 1 individu près, la note équivalent-IBGN pourrait ainsi atteindre la valeur de 10/20. Cette phase C contient également des Sericostomatidae (GI=6) et Polycentropodidae (GI=4). Ceci signifie que le potentiel est présent au niveau de la station pour la mise en place d'une communauté macrobenthique de qualité moyenne, mais qu'elle ne trouve pas les conditions mésologiques nécessaires pour se développer et n'est à ce jour que de qualité médiocre.

Le premier facteur altérant cette qualité mésologique de l'eau est relative aux excès récurrents en matières nutritives azotées et phosphorées. L'état moyen du peuplement diatomiques (tableau 41) corrobore cette hypothèse, l'IBD et plus encore l'IPS étant réputés discriminant quant à ce type de perturbation. Les préférendums pour les classes de qualité 4 et 5 sur 7 possibles (figure 7) illustre cette adaptation de la communauté diatomique à des qualité de l'eau de moyenne à médiocre vis-à-vis des paramètres physico-chimiques.

Par ailleurs, le fort écart entre la note équivalent-IBGN obtenue, i.e. 7/20, et celle correspondant à sa robustesse positive, i.e., 14/20, illustre le processus de fragilisation de la communauté macrobenthique qui se perpétue au sein de cette station. Outre les pressions exercées par les concentrations excessives et récurrentes en matières azotées et phosphorées, l'exposition chronique à des métaux lourds, micropolluants et pesticides crée également les conditions pour ce type de fragilisation. Ceci est notamment illustré par le faible taux d'individus dits sensibles aux pesticides (moins de 15%) selon l'approche SPEAR (figure 8).

	23/09/2013	2011	25/06/2003	17/09/2003
N° étude station	16			
Code étude station	Lanterne_7			
HER 1	Côte calcaire est			
HER 2	Collines de Haute-Saône			
Type CEMAGREF	TP10			
Equivalent-IBGN (/20)	7	12*	15*	15*
Classe variété type IBGN	6	8	11	10
Groupe indicateur	2 - <i>Gammaridae</i>	5 - <i>Hydroptilidae</i>	5 - <i>Hydroptilidae</i>	6 - <i>Sericostomatidae</i>
Robustesse négative (/20)	7	10	14	13
Classe variété type IBGN	6	7		
Groupe indicateur	2 - <i>Elmidae</i>	4 - <i>Psychomyidae</i>		
Robustesse positive (/20)	14			
Classe variété type IBGN	8			
Groupe indicateur	7 - <i>Goeridae</i>			
Variété type IBGN (2 phases)	18 « familles »	25 « familles »	38 « familles »	33 « familles »
IBD (/20)	12,3	/	/	/
IPS (/20)	12,3	/	/	/
Taxon dominant	<i>Navicula cari</i>	/	/	/

Tableau 41. Données hydrobiologiques issues de la station Lanterne_7 (fermeture de bassin) sur la période 2003-2013. Les couleurs correspondent aux classes d'état selon le référentiel DCE.

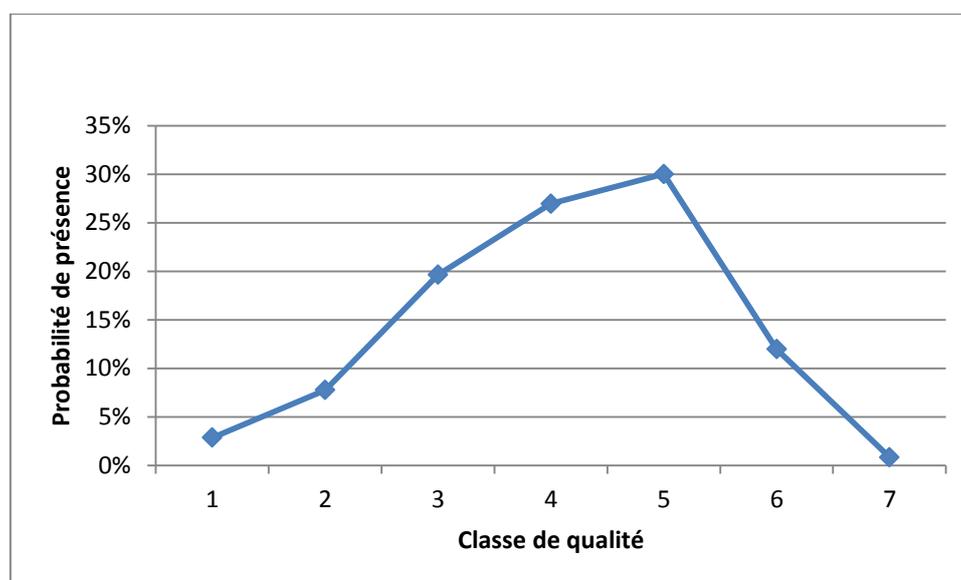


Figure 7. Analyse qualitative de la composition taxonomique de peuplement de diatomées au sein de la station Lanterne_7 : profil de probabilité de présence moyen pour chaque classe de qualité (7 étant la qualité la plus élevée).

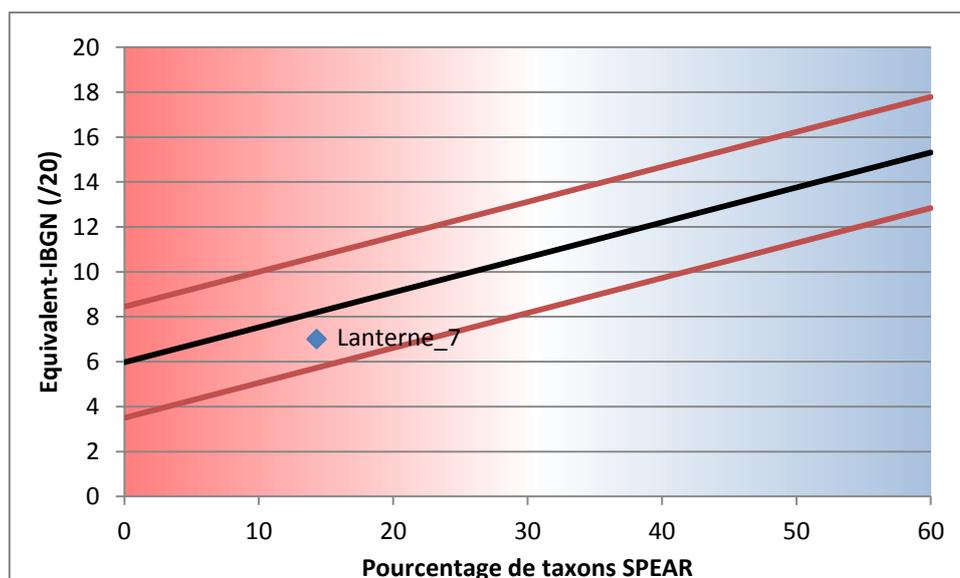


Figure 8. Projection des la station hydrobiologiques en fonction de l'équivalent-IBGN mesuré et du taux de taxons sensibles aux pesticides (SPEAR). La régression (trait noir) a été obtenue suite à l'utilisation d'un réseau de 69 points de mesures récentes (2012-2013) par Hydrobio-Conseils. Les traits rouges indiquent les écart-types par rapport à la droite de régression.

G. Référentiels DCE et SEQ-Eau

La synthèse des classes de qualité pour les différents paramètres mesurés (tableau 42) permet de visualiser les principales sources d'altération de la qualité de l'eau du bassin versant :

- la qualité vis-à-vis des nutriments : absence de très bon état, plus de 63% des stations en état médiocre ou mauvais ;
- une pollution du milieu par les pesticides ;
- une multi-contamination du sédiment par les métaux lourds et les micropolluants.

		7	8	9	10	12	6	13	11	14	15	16	
		Noue (EP)_1	Ormes (EP)_1	Ormes (EP)_2	Champvan s(EP)_1	Lanterne_ 1	Lanterne (EP)_2	Lanterne_ 3	Lanterne (EP)_4	Lanterne_ 5	Lanterne_ 6	Lanterne_ 7	
Objectif d'état (année échéance bon état écologique)		2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	
AR 2010	Éléments biologiques	Équivalent-IBGN										EMé	
		IBD										EMo	
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	BE	BE	EMé	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
		Nutriments	BE	BE	EMé	EMé	BE	ME	EMé	EMé	ME	EMo	EMo
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques											
		Polluants spécifiques synthétiques							BE			BE	BE
	ETAT ECOLOGIQUE												EMé
	Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (NTK)	EMo	BE	EMé	EMé	TBE	EMo	EMé	EMo	ME	EMo	BE
Nitrates		EMé	EMo	EMo	EMo	EMo	BE	EMo	EMo	EMo	EMo	EMo	
Effet des Proliférations Végétales						TBE		BE		TBE	TBE	TBE	
Métaux sur bryophytes													
Métaux sur sédiments		X	EMé	EMé	EMo	EMé	EMo	EMé	EMé		EMo	EMo	
Micropolluants sur sédiments		EMo	EMo	EMo	EMo	TBE	EMo	EMo	EMo				
Pesticides sur eau brute								EMo			EMo	EMo	
Minéralisation												TBE	
MES		BE	EMé	BE	BE	BE	BE	BE	EMo	BE	BE	BE	EMo

Tableau 42. Classes de qualité selon les référentiels DCE (AR 25/01/2010) dans la partie supérieure du tableau, selon le référentiel SEQ-Eau dans la partie inférieure.

H. Conclusions

Outre par sa qualité physique altérée, le bassin de la Lanterne est également impacté par une qualité de l'eau souvent de qualité médiocre à mauvaise, particulièrement dans sa moitié supérieure (en amont de Chauenne). Cette contamination est multiple et récurrente : excès en matières azotées et phosphorées, présence impactante de pesticides, pollution du sédiment par de nombreuses substances dont l'arsenic, le chrome, le cuivre, le nickel, des HAP, PBDE, phtalates... Nombreuses de ces substances s'avèrent être de potentiels perturbateurs endocriniens.

Deux principaux types de sources de pollution ont été identifiés :

- tout d'abord et essentiellement les rejets domestiques issus des stations d'épuration implantée dans la partie apicale du bassin, notamment celles de Pouilley-les-Vignes ;
- et dans une moindre mesure l'activité agricole avec les pollutions diffuses par les pesticides et les nitrates.

Quelques aspects positifs peuvent néanmoins être observés :

- aucun impact de l'autoroute n'a pu être mis en évidence (effet insidieux masqué par une qualité déjà dégradée ?) ;
- une relative récupération du milieu en s'éloignant vers la partie distale du bassin ;
- ainsi qu'une tendance à la diminution des concentrations en matières nutritives au cours de ces dernières années.

Malgré cela, la qualité biologique demeure fortement altérée en fermeture de bassin, et le processus de fragilisation qui s'y opère semble perdurer au fil des années.

I. Recommandations et perspectives

Afin d'être pertinents, les futurs investissements en termes d'amélioration physique de la Lanterne devront être accompagnés d'efforts quant à l'amélioration de qualité de l'eau.

L'axe de travail prioritaire est l'amélioration des systèmes d'assainissement des communes de Champvans-les-Moulins, Chauenne, Pelousey et plus particulièrement Pouilley-les-Vignes. Cette amélioration devra être poursuivie et intensifiée.

En revanche, la qualité du sédiment sera très délicate à être fortement améliorée en raison de son pouvoir de stockage de substances souvent déjà naturellement rémanentes. En cas de travaux dans les secteurs les plus pollués (en amont de Chauenne), une attention toute particulière devra être portée sur la non-remise en suspension de ce sédiment qui risquerait de contaminer encore davantage la partie distale du bassin. À ce titre, la seconde édition ré-actualisée « Travaux et sédiments aquatiques contaminés : Recommandations (V2) » a été éditée en septembre 2013 par les services de l'État.

Enfin, dans une perspective de reconquête durable de la qualité biologique, voire écologique, de la partie basse de la Lanterne, l'activité perturbatrice endocrinienne du milieu devra au minimum être appréhendée car potentiellement élevée d'après les présentes observations. Un outil développé par l'ex-CEMAGREF utilisant des gammars exposés dans des cages permet entre autres d'évaluer la repro-toxicité du milieu...

III. Bassin du Rupt

A. Contexte et objectif

Une nouvelle station d'épuration a été achevée en 2013, avec une mise en service en 2014, entre les communes de Semondans et Saint-Julien-lès-Montbéliard. Elle collectera les eaux usées des communes de la haute-vallée (Echenans, Semondans, Desandans...) et doit servir notamment à désengorger la station d'épuration en service à l'aval de la commune de Dung.

Par ailleurs, des bras de contournement des Étangs des Princes ont été réalisés en 2010 puis leur impact post-travaux évalué 2 ans plus tard (Eaux Continentales, 2012¹⁵). Dans ce cadre, une station d'étude a été localisée quelques mètres en aval du futur site d'implantation de la nouvelle station d'épuration. Les auteurs de cette étude indiquent que cette station est perturbée par de fortes charges polluantes, d'origines essentiellement domestiques et potentiellement agricoles, avec des concentrations excessives en ammonium (0,64 mg/l), en phosphates (0,26 mg/l) et en phosphore total (0,12 mg/l). Ces altérations s'accompagnent d'un appauvrissement sévère du milieu en oxygène (4,8 mg O₂/L) et confèrent à la station un état physico-chimique médiocre selon le référentiel DCE. Cette pollution se répercute sur la structure du peuplement macroinvertébré où les taxons résistants aux charges organiques prolifèrent contrairement aux taxons polluosensibles qui demeurent absents. L'IBGN, de 10/20 y est donc passable. En outre, le lit mineur altéré du cours d'eau réduit fortement son potentiel auto-épurateur du Rupt dans ce secteur.

Des données physico-chimiques sur le Rupt en 2006 (6 campagnes) sont également disponibles au niveau des communes de Dung et de Bart, i.e. au niveau de l'amont et de l'aval de la station d'épuration de Dung.

Les objectifs du programme de suivi 2013 sont multiples :

- état initial préalable au SAGE Allan (programme de restauration physique) ;
- état initial avant mise en service de la nouvelle station d'épuration ;
- évaluation à 10 ans de la politique en terme d'assainissement sur le secteur (mise en séparatif principalement) ;
- évaluation 1^{ère} tranche de travaux correspondant au contournement des Étangs des Princes réalisé en 2010 ;
- recherche d'une éventuelle station de référence sur le bassin.

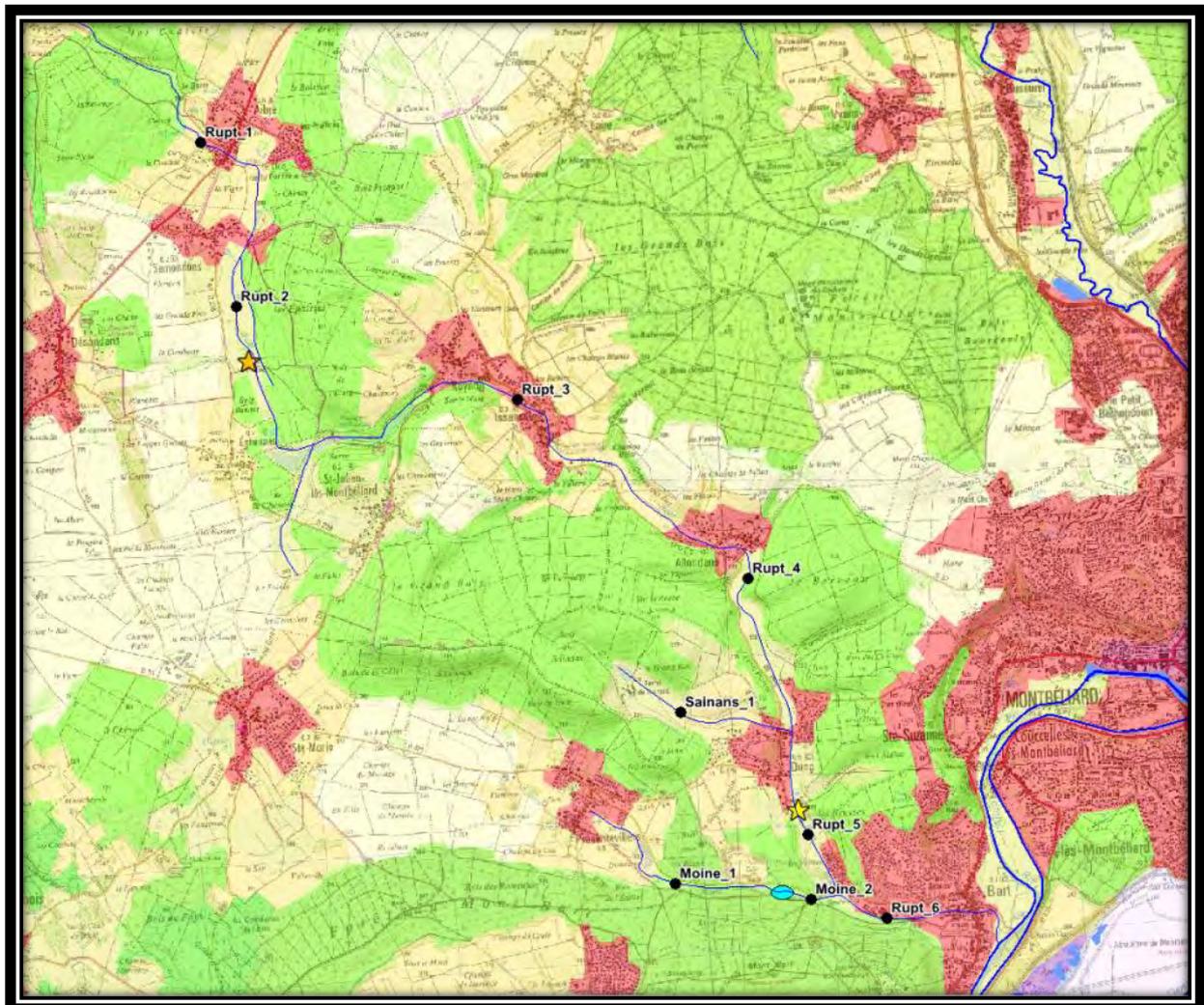
1. Échantillonnage

Le plan d'échantillonnage en 2013 prévoit 6 stations localisées sur le linéaire du Rupt, 2 sur son affluent le ruisseau du Moine, et 1 localisée sur le ru de Sainans (carte 19) :

- Rupt_1 : station la plus apicale, localisée au niveau de la commune d'Aibre. Secteur physiquement très contraint, fortement chenalisé, avec une vitesse de courant très faible et une grande homogénéité de substrat.

¹⁵ Contournement des Étangs des Princes – Évaluation de la qualité du Rupt après aménagement. Eaux Continentales, 2012. 48 pages.

- Rupt 2 : station localisée au niveau de pâtures en aval des communes d'Aibre et Semondans et en amont de la future station d'épuration.
- Rupt_3 : station localisée dans la commune d'Issans, en aval de la future station d'épuration. Station suivie en 2006 dans le cadre post-travaux + 2 ans.
- Rupt_4 : station localisée à l'aval d'Allondans, en amont de la station d'épuration actuellement en service.
- Rupt_5 : station localisée à l'aval de Dung, quelques dizaines de mètres en aval du rejet de la station d'épuration actuellement en service.
- Rupt_6 : station localisée à Bart en fermeture de bassin. Présence de plusieurs seuils successifs.
- Ru de Sainans : très petit cours d'eau (environ 20cm de largeur), échantillonné peu avant sa perte dans le réseau karstique à environ 300m du Rupt. Une ferme est implantée au niveau de sa source quelques centaines de mètres plus en amont. Traverse un pâturage.
- Moine_1 : station localisée à l'aval de la commune de Présentevillers, dans un sous-bois en amont de l'étang/lagunage. Lit rectifié rectiligne.
- Moine_2 : station localisée quelques centaines de mètres en aval de l'étang/lagunage.



Carte 19. Localisation des stations échantillonnées. Légende : principales surfaces urbanisées en rouge, recouvrements forestiers en vert, surfaces agricoles en jaune (prairies en jaune foncé, cultures en jaune clair), nouvelle station d'épuration représentée par l'étoile orange (au nord), ancienne station d'épuration représentée par l'étoile jaune (au sud), étang/lagunage représenté par l'ellipse bleue claire.

	Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune	1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CHEMIQUES (Cond., IO2, %O2, pH, T°c)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHEMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHEMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute – MINERALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute – EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées	
Rupt	17	Rupt	Rupt_1	06462100	Aibre	4	4	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	1
	18	Rupt	Rupt_2	06438560	Semondans	4	4	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	Rupt	Rupt_3	06462250	Raynans	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	Rupt	Rupt_4	06462300	Allondans	4	4	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	1
	21	Rupt	Rupt_5	06438570	Dung	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	Rupt	Rupt_6	06462450	Bart	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	1	1
	23	Ru de la ferme du Sainans	Sainans_1	06438580	Dung	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	Moine	Moine_1	06438590	Présentvillers	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	Moine	Moine_2	06438610	Bart	4	4	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	1

Tableau 43. Programme des analyses prévues sur le BV du Rupt en 2013 (les chiffres indiquent le nombre de campagnes prévues par groupe de paramètres).

4 campagnes d'analyses physico-chimiques ont été réalisées sur chacune de ces stations. Les pesticides sur eau ainsi que les métaux lourds et micropolluants sur sédiments ont également été recherchés au niveau de la station Rupt_6.

En outre des analyses hydrobiologiques (équivalent-IBGN et IBD) ont été effectuées au niveau des stations Rupt_1, Rupt_4, Rupt_6 et Moine_2. Parallèlement à ces investigations, la fédération de pêche du Doubs a procédé à des pêches électriques au niveau des stations Rupt_2, Rupt_4 et Rupt_6.

2. Situations hydrologiques

La 1^{ère} campagne a été effectuée en fin de hautes eaux printanières, la 2^{nde} en fin d'étiage estival, la 3^{ème} après de multiples lessivages et en période de moyennes eaux automnales, la 4^{ème} après plusieurs hautes eaux hivernales et en période de fortes pluies (figure 9). Des situations hydrologiquement très contrastées ont donc pu être observées au cours de ces 4 campagnes d'échantillonnage.

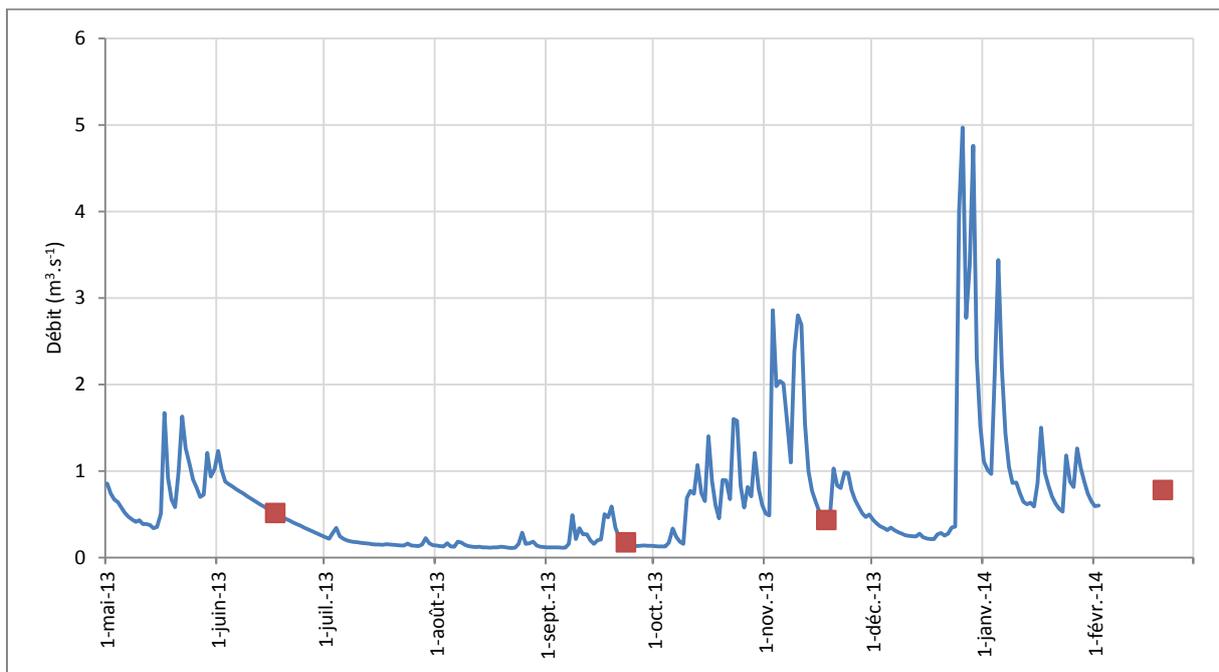


Figure 9. Variations des débits mesurés sur le Rupt à Dung. Les points rouges indiquent les dates d'échantillonnage.

B. Résultats

Code station étude	Rupt_1	Rupt_2	Rupt_3	Rupt_4	Rupt_5	Rupt_6	Sainans_1	Moine_1	Moine_2
Code Agence de l'Eau	06462100	06438560	06462250	06462300	06438570	06462450	06438580	06438590	06438610
Temp. Eau (°C)	12,2	15,2	18,5	13,8	13,3	13,5	19,6	12,3	14,0
pH	6,92	7,48	7,69	7,67	7,47	7,63	7,49	7,60	7,79
O2 (mg/l)	7,31	6,40	7,59	9,23	7,13	7,21	6,69	6,88	8,93
Saturation O2 (%)	67,7%	61,1%	74,2%	87,0%	66,1%	68,3%	72,4%	62,0%	83,7%
Conductivité	884	937	891	812	848	837	811	865	960
MES (mg/l)	3,4	10,0	10	13	6,2	17	646	13	21,0
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,12	0,28	0,10	2,20	0,22	0,06	1,40	0,10
Nitrites (mg/l)	<0,02	0,17	0,19	0,10	0,16	0,22	0,07	1,30	0,14
Nitrates (mg/l)	9,1	8,6	12,4	16,7	16,1	16,5	3,7	27,6	30,9
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1	1,9	<1	1,2	1,2	<1
Phosphore total (mg/l)	0,03	0,05	0,08	0,04	0,21	0,18	0,15	0,33	0,32
Orthophosphates (mg/l)	0,09	0,09	0,09	0,08	0,42	0,45	0,43	0,78	0,81
COT (mg/l)	2,1	2,9	6,4	2,9	3,4	2,7	140,0	3,0	3,0
COD (mg/l)	2,1	2,7	3,5	2,3	3,4	2,4	4,8	2,7	2,6
DBO5 (mg/l)	0,7	0,7	2,4	1,2	4,0	1,2	2,9	4,0	1,4
DCO (mg/l)	<20	<20	23	<20	<20	<20	69	<20	21
Chlorophylle a (µg/l)	<1	<1	2	2	1	1	15	5	2
Phéopigments (µg/l)	<1	1	2	1	1	1	29	3	4

Tableau 44. Valeurs les plus déclassantes pour chacun des paramètres physico-chimiques mesurés au sein des stations du BV du Rupt en 2013-2014. Codes couleurs correspondant aux classes de qualité tels que définies par l'AR du 25/01/2010 (paramètre en gris foncé) ou par défaut par le SEQ-Eau V2 (paramètres en gris clair).

1. Éléments azotés

On peut distinguer trois groupes de matières azotées selon leur dynamique de contamination du bassin :

- L'azote Kjeldahl : seules les stations Sainans et Moine_1 ont eu une concentration dépassant le seuil de très bon état (à une reprise).
- Les nitrates : avec une dynamique relativement régulière dans le temps et l'espace.
- Les nitrites et l'ammonium : avec de fortes variations spatiales et temporelles.

Concernant les nitrates, on observe un léger mais régulier accroissement de sa concentration le long du linéaire du Rupt, avec un maximum à 9.1 mg.L^{-1} au niveau de la commune d'Aibre pour atteindre un maximum de 16.5 mg.L^{-1} au niveau de la station localisée à Bart. Si le Ru de Sainans semble peu concerné par ce type de contaminant, en revanche, le ruisseau du Moine s'avère être la masse d'eau la plus contaminée sur ce bassin versant avec des concentrations pouvant dépasser les 30 mg.L^{-1} (carte 20). Néanmoins, en termes de flux, la contamination du Rupt est de très loin quantitativement la plus importante et celle du Moine négligeable en termes d'apports pour le milieu récepteur.

En outre, quelle que soit la station concernée, ces concentrations en nitrates sont relativement régulières à travers l'année et sont donc peu influencées par les conditions hydrologiques en vigueur, excepté au niveau du Moine qui a tendance à concentrer cet élément en période d'étiage estival.

Ces informations tendent à démontrer l'existence d'une contamination diffuse et chronique du bassin par les nitrates, vraisemblablement issues des parcelles agricoles que drainent le Rupt et le Moine le long de leurs linéaires respectifs (carte 20).

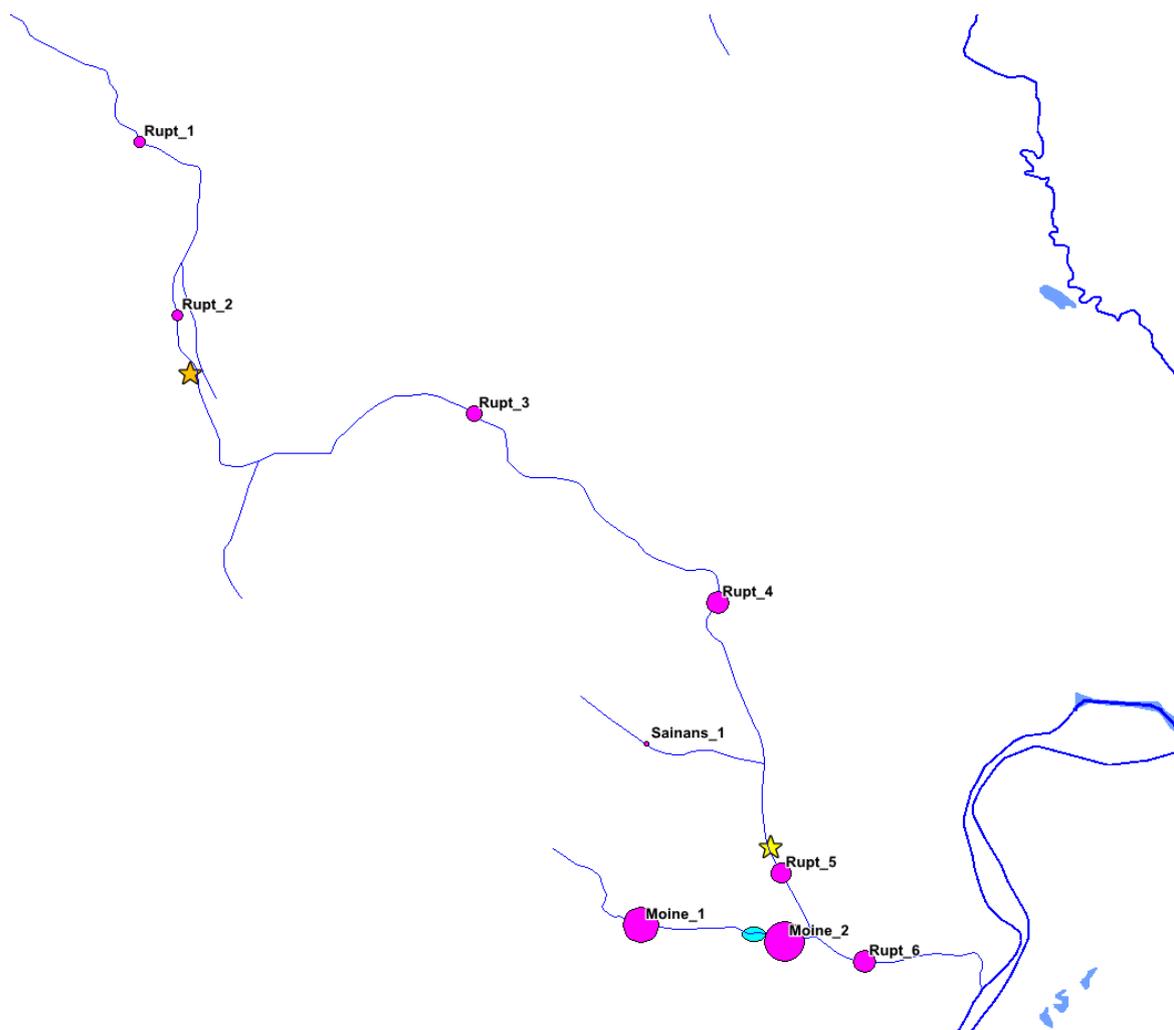
Concernant les nitrites et l'ammonium :

- leurs concentrations respectives s'accroissent progressivement entre les stations Rupt_1, où elles ne dépassent pas leurs limites de détection, et la station Rupt_3,
- puis elles diminuent et de nouveau augmentent fortement à l'aval immédiat de la station d'épuration de Dung,
- pour de de nouveau légèrement diminuer un peu plus en aval.

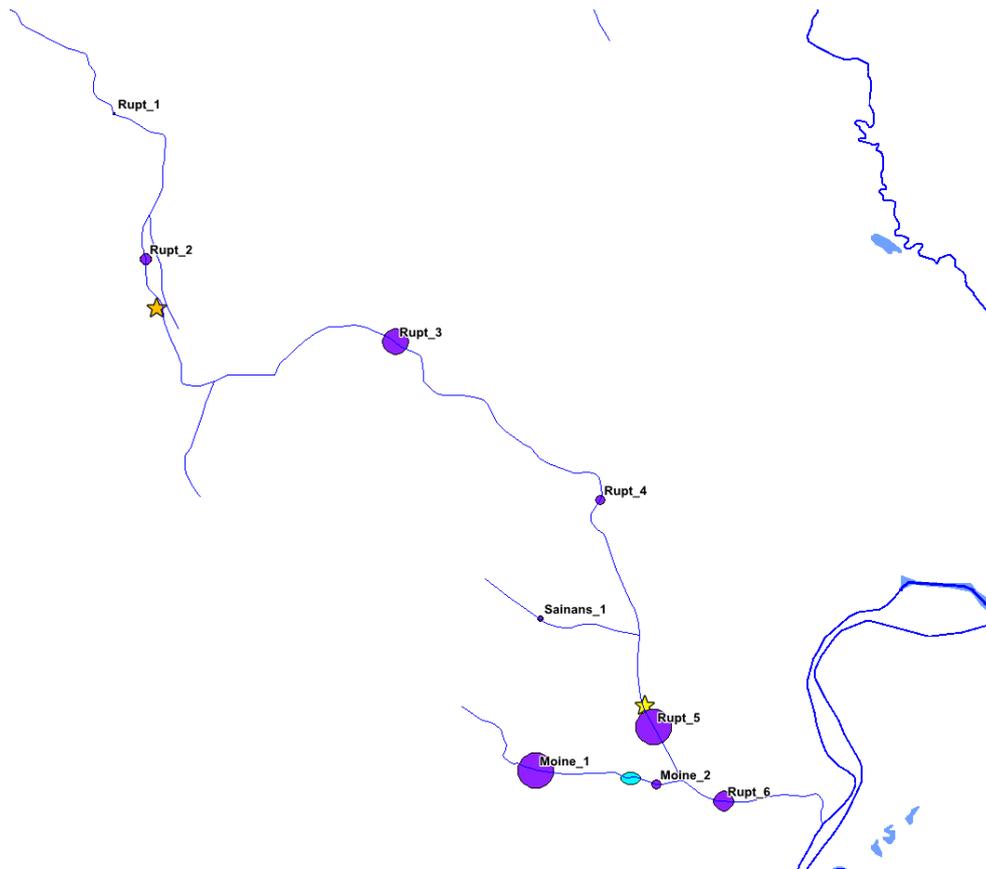
Si le Ru de Sainans s'avère peu contaminé par ces substances azotées, en revanche le ruisseau du Moine y est très fortement. La concentration en nitrites atteint ainsi la valeur très élevée de $1,30 \text{ mg.L}^{-1}$ lors de la 2^{nde} campagne de prélèvement de la station Moine_1 (déclassant en mauvais état selon le référentiel DCE). Néanmoins, un fort abattement en ammonium et nitrites est observé à l'aval du lagunage/étang (carte 21). Les teneurs en nitrites n'y dépassent plus les 0.14 mg.L^{-1} par exemple.

En raisonnant cette-fois non plus en termes de concentrations mais plutôt de flux, il transparait très nettement que la principale source d'émission de nitrites et ammonium dans l'hydrosystème provient très vraisemblablement de la station d'épuration de Dung (carte 22). Si la récupération du milieu en s'éloignant vers l'aval est toujours perceptible, elle apparait en revanche beaucoup moins ostentatoire si on compare avec les flux mesurés plus en amont.

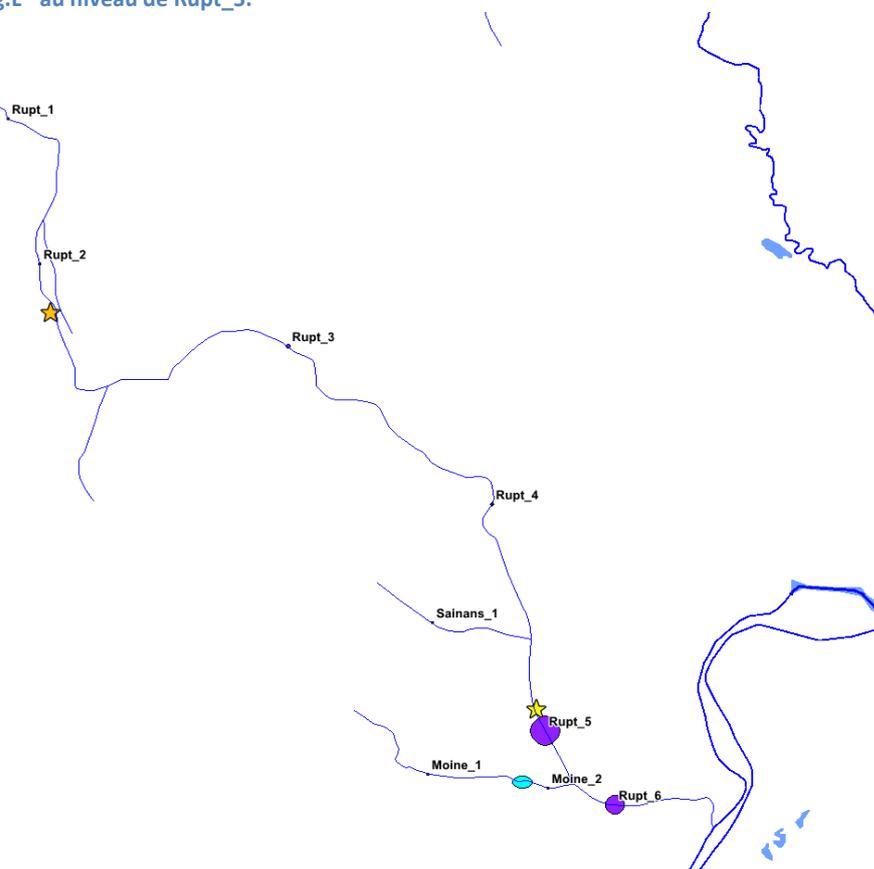
Par ailleurs, si pour la plupart des stations ces teneurs ne fluctuent que modérément dans le temps (facteur 1 à 2 pour l'ammonium), en revanche, à l'aval proche de cette station d'épuration de Dung, les concentrations s'avèrent beaucoup plus élevées en période de basses eaux (facteur 1 à 17 pour l'ammonium). Ceci vient corroborer une contamination par les nitrites et l'ammonium diffuse et modérée à l'échelle du bassin, et beaucoup plus aigüe et localisée au niveau de la station d'épuration de Dung.



Carte 20. Concentrations maximales en nitrates mesurées lors des 4 campagnes de 2013-2014 : de 3,7 mg.L⁻¹ pour Sainans_1 à 30.9 mg.L⁻¹ au niveau de Moine_2.



Carte 21. Concentrations maximales en ammonium mesurées lors des 4 campagnes de 2013-2014 : de moins de 0.05mg.L^{-1} pour Rupt_1 à 2.20 mg.L^{-1} au niveau de Rupt_5.



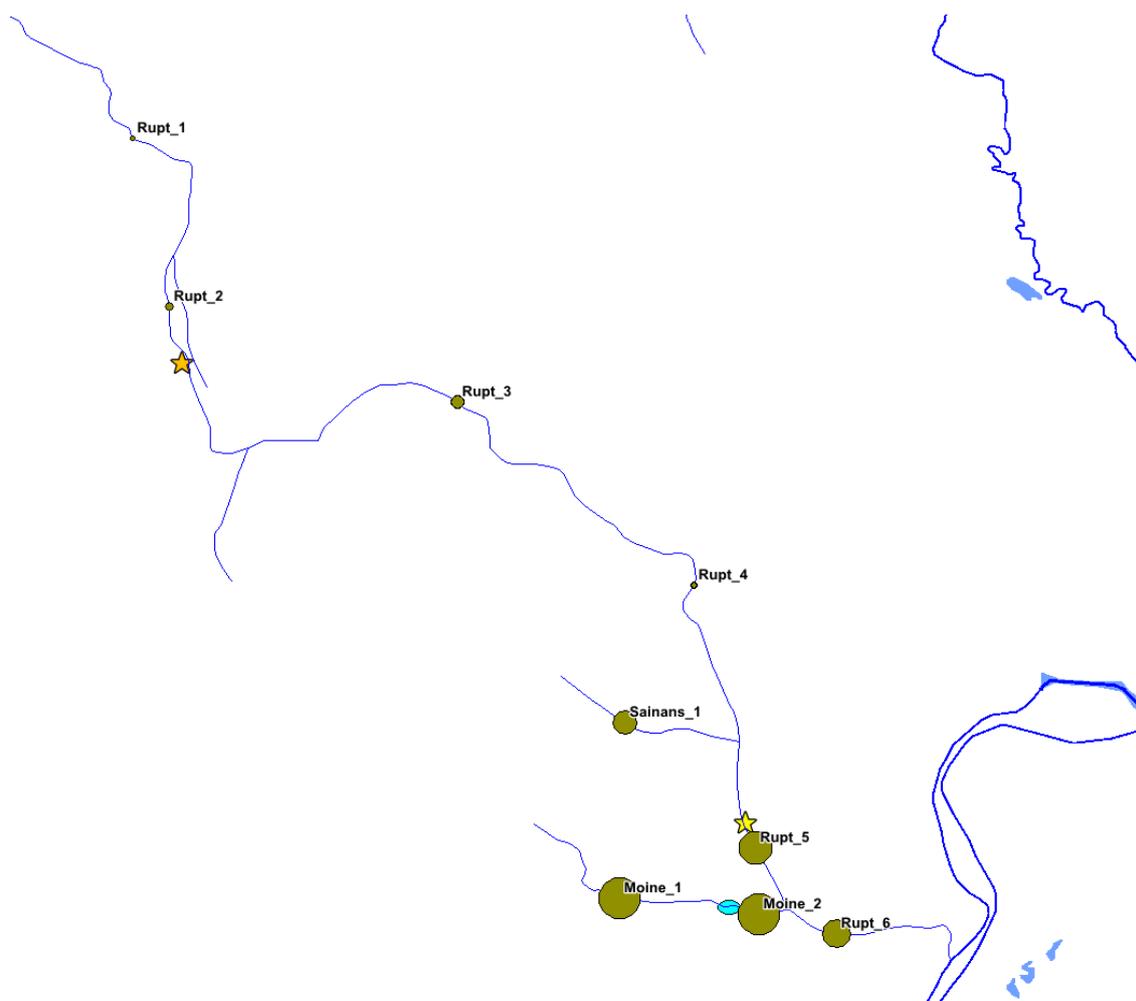
Carte 22. Flux maximum en ammonium mesurés lors des 4 campagnes de 2013-2014 : de moins de 0.003 g.s^{-1} pour Rupt_1 à 0.22 g.s^{-1} au niveau de Rupt_5.

2. Éléments phosphorés

L'évolution spatiale et temporelle des teneurs en orthophosphates et phosphore total sont similaires. Leurs concentrations sont plutôt faibles jusqu'à la station Rupt_5, i.e. à l'aval de la station d'épuration de Dung, où elles atteignent leur maximum le long du linéaire du Rupt. Le phosphore total y atteint 0.21 mg.L^{-1} (« état moyen » vis-à-vis de ce paramètre) et les orthophosphates 0.42 mg.L^{-1} (« bon état » vis-à-vis de ce paramètre). Le processus d'auto-épuration de ces matières phosphorées est très faible plus en aval (carte 23).

La dynamique de contamination par les matières phosphorées semble donc similaire à celle précédemment décrite pour les nitrites et l'ammonium, à savoir une origine essentiellement liée au rejet de la station d'épuration de Dung, avec des teneurs plus concentrées en période de basses eaux.

Le ru de Sainans, et plus encore le ruisseau du Moine, sont également contaminés par ces matières phosphorées. Contrairement aux matières azotées ammonium et nitrites, on n'observe pas d'abattement des teneurs en matières phosphorées entre l'amont et l'aval de l'étang/lagune. Bien qu'à des concentrations élevées, e.g. 0.32 mg.L^{-1} au niveau de Moine_2, ces affluents contribuent peu aux flux mesurés dans le Rupt.



Carte 23. Concentrations maximales en phosphore total mesurées lors des 4 campagnes de 2013-2014 : de moins de 0.03 mg.L^{-1} pour Rupt_1 à 0.32 mg.L^{-1} au niveau de Moine_2.

C. Contamination par les pesticides

	2,4-MCPA (µg/l)	AMPA (µg/l)	Diflufenican (Diflufenicanil) (µg/l)	Diméthachlore (µg/l)	Diméthénamide* (µg/l)	Glyphosate* (µg/l)	Métaldéhyde (µg/l)	Métazachlor* (µg/l)	Métolachlor (µg/l)	Oxadiazon (µg/l)	Total pesticides (µg/l)
Campagne 1		0,129				0,046			0,012		0,187
Campagne 2	0,029	0,458	0,005	0,012	0,023	0,045	0,100	0,017		0,013	0,702
Campagne 3											0
Campagne 4		0,023									0,023

Tableau 45. Pesticides détectés dans l'eau lors des 4 campagnes d'échantillonnages 2013-2014 au niveau de la station Rupt_6. En gris foncé les polluants spécifiques synthétiques de l'AR du 25/01/2010, en gris clair les pesticides présents dans le listing du SEQ-Eau (V2). * : pesticides ayant une Valeur Guide Environnementale définie et validée par l'INERIS en 2013. Surligné en bleu : concentrations synonyme de « très bon état » selon les référentiels respectifs. Surligné en vert : concentrations synonyme de « bon état » selon les référentiels respectifs.

Les pesticides ont été recherchés dans l'eau en fermeture de bassin au niveau de la station Rupt_6 (tableau 45). 10 molécules y ont été détectées : 9 à action herbicide, et 1 à action molluscicide (métaldéhyde), i.e. pour tuer limaces et autres gastéropodes.

2 des 4 polluants spécifiques synthétiques de l'AR du 25/01/2010 ont été détectés sans toutefois dépasser leurs NQE respectives. On note également la présence récurrente de glyphosate et de son produit de dégradation l'AMPA. Les concentrations en glyphosate déclassent la qualité en « bon état » pour ce paramètre selon le SEQ-Eau, sans toutefois dépasser sa VGE (Valeur Guide Environnementale définie et validée par l'INERIS en 2013). D'ailleurs, aucune des 3 substances évaluées par l'INERIS ne dépasse leurs VGE respectives.

Les plus fortes concentrations ont été mesurées lors de l'étiage estival où la somme déclasse la qualité en « bon état » selon le SEQ-Eau. Deux hypothèses non exclusives l'une de l'autre peuvent être émises :

- une plus forte utilisation de ces substances avant cette campagne ;
- une moindre dilution dans l'eau (basses eaux) et donc davantage de seuils de détection de franchis...

D. Contamination par les métaux lourds

Les **métaux lourds** ont été recherchés dans le sédiment échantillonné en fermeture de bassin au niveau de la station Rupt_6 (tableau 46).

D'un point de vue réglementaire et normatif, les concentrations mesurées sont synonyme de « bon état » selon le SEQ-Eau (V2), excepté pour l'arsenic déclassant la qualité en un « état moyen ».

D'un point de vue écologique, le principe de l'évaluation du risque environnemental a été appliqué, à savoir le calcul du ratio entre une concentration mesurée et une concentration prédite comme n'engendrant pas d'effet néfaste pour l'environnement, i.e. *Predicted No Effect Concentration*. Ces

dernières ont été retenue à partir de celles définies par l'INERIS (établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère chargé de l'écologie), prioritairement dans du sédiment, à défaut dans du sol. Cette approche permet ainsi d'indiquer que le risque de perturbation environnemental est d'abord engendré par l'arsenic et le chrome, et dans une moindre mesure par le nickel.

	Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Etain total (mg/kg MS)	Mercurie total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
PNEC_{SED} ou PNEC_{SOL} selon INERIS ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de MS)	1,8	2,3	2,8	0,8		1,1	4,3	53,4	37
Concentration mesurées à Rupt_6 en 2013	11,6	<0,5	24,2	<10,1	<0,10	0,035	12,1	15,6	54,4
Évaluation du risque environnemental	6,4	<0,2	8,6	?	?	0,0	2,8	0,3	1,5

Tableau 46. Concentrations en métaux lourds dans le sédiment échantillonné au niveau de la station Rupt-6 (fermeture de bassin). Les couleurs des cases correspondent aux classes de qualité définies par le SEQ-Eau (vert : bon état ; jaune : état moyen). PNEC_{sed} et PNEC_{sol} : *Predicted No Effect Concentration* dans le sédiment et le sol respectivement. Évaluation du risque : en rouge les niveaux de risques élevés, en vert les niveaux de risques les moins élevés.

E. Contamination par les micropolluants

Les micropolluants ont été recherchés dans le sédiment échantillonné en fermeture de bassin au niveau de la station Rupt_6 (tableau 47).

Les principaux polluants détectés sont des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques). Ces composés, très majoritairement d'origine pyrolytique, sont générés par la combustion de matières fossiles. En France, les émissions anthropiques de HAP sont dominées par le secteur domestique, du fait de la consommation énergétique (notamment le chauffage au bois, émetteur largement majoritaire de HAP dans l'atmosphère). Ensuite viennent le secteur des transports routiers, notamment des véhicules diesel, puis celui de l'industrie manufacturière.

Bien que souvent déclassantes en un « état moyen » selon le référentiel SEQ-Eau (V2), les concentrations ici mesurées sont dans des gammes très couramment observées (ce qui n'enlève rien à leur caractère potentiellement impactant sur l'écosystème aquatique). Par ailleurs ces polluants sont classés comme étant des perturbateurs endocriniens.

À noter également la détection du phtalate DHEP, substance ubiquitaire que l'on retrouve dans plus d'un tiers des rejets mesurés et dans tous les secteurs. Ainsi, les stations d'épuration mixtes et urbaines sont à l'origine d'émissions de DEHP le plus souvent plus élevées que les émissions industrielles¹⁶. À ce titre, la station d'épuration de Dung constitue une source possible et probable de ce polluant. Bien que la concentration mesurée soit compatible avec la classe de « très bon état » définie par le référentiel SEQ-Eau (V2), les phtalates sont considérés comme étant de nature perturbatrice endocrinienne y compris à de faibles concentrations.

¹⁶ Convention ONEMA-INERIS 2009 - Action 15 - Di(2-Ethylhexyl)Phtalate (DEHP) : Stratégie de réduction de la concentration dans les cours d'eau.

Enfin, l'analyse de l'eau interstitielle confirme l'imprégnation du milieu aquatique par les pesticides, dont le glyphosate et son produit de dégradation l'AMPA déjà mesurés dans l'eau libre.

	Substance	Concentration (µg/kg MS)
HAP	<i>Fluoranthène</i>	110
	<i>Benzo (b) fluoranthène</i>	101
	<i>Benzo (k) fluoranthène</i>	38
	<i>Benzo (a) pyrène</i>	86
	<i>Benzo (ghi) pérylène</i>	69
	<i>Indéno (1,2,3 cd) pyrène</i>	118
	<i>Chrysène</i>	95
	<i>Dibenzo (a,h) anthracène</i>	28
	<i>Pyrène</i>	101
	<i>Phénanthrène</i>	33
	<i>Benzo (a) anthracène</i>	66
	<i>HAP Somme (2)</i>	114
	<i>HAP Somme (14)</i>	845
	Phtalate	<i>Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)</i>
Autres	AMPA sur eau interstitielle (ng/l)	719
	Glyphosate sur eau interstitielle (ng/l)	42

Tableau 47. Micropolluants détectés dans le sédiment de la station Rupt_6 (fermeture de bassin). Les couleurs appliquées sont celles correspondant aux classes de qualité définies par le référentiel SEQ-Eau (V2).

En conclusion, la station Rupt_6 présente une multi-contamination par des pesticides, des métaux lourds et des micropolluants. Néanmoins, la plupart des concentrations mesurées sont des gammes peut susceptibles d'engendrer directement des effets toxiques aigües mais interviennent plutôt dans une altération chronique de l'écosystème par un mélange de substances. Les substances toxiques les plus marquantes y sont l'arsenic, le chrome, le glyphosate et les HAP. Par ailleurs, plusieurs de ces substances présentent des risques de perturbation endocrinienne.

F. Impact hydrobiologique

L'approche SPEAR (*SPEcies At Risk*) est utilisée pour évaluer *a posteriori* le profil de sensibilité d'une communauté macrobenthique à un environnement contaminé par des pesticides en se basant sur l'abondance relative des taxons vulnérables^{17,18}. Il permet ainsi d'approfondir l'interprétation de listes faunistiques autrement que sous un profil de sensibilité à l'oxygénation du milieu et aux micropolluants classiques (matières azotées et phosphorées).

¹⁷ Wogram, J. & Liess, M, 2001. Rank ordering of macroinvertebrate species sensitivity to toxic compounds, by comparison with that of *Daphnia magna*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 67, 360-367.

¹⁸ Liess M, von der Ohe PC 2005. Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. Environmental Toxicology and Chemistry. 24, (4): 954-965.

N° étude station	17	20	22	25
Code étude station	Rupt_1	Rupt_4	Rupt_6	Moine_2
HER 1	Côte calcaire est	Côte calcaire est	Côte calcaire est	Côte calcaire est
HER 2	Collines de Haute-Saône	Collines de Haute-Saône	Collines de Haute-Saône	Collines de Haute-Saône
Type CEMAGREF	TP10	TP10	TP10	TP10
Equivalent-IBGN (/20)	3	15	10	9
Classe variété type IBGN	2	9	7	6
Groupe indicateur	2 - <i>Gammaridae</i>	7 - <i>Goeridae</i>	4 - <i>Polycentropodidae</i>	4 - <i>Psychomyidae</i>
Robustesse négative (/20)	1	13	9	6
Classe variété type IBGN	1	8	7	5
Groupe indicateur	1 - Oligochètes	6 - <i>Sericostomatidae</i>	3 - <i>Limnephilidae</i>	2 - <i>Gammaridae</i>
Robustesse positive (/20)	3	15	11	9
Classe variété type IBGN	2	9	8	6
Groupe indicateur	2 - <i>Gammaridae</i>	7 - <i>Goeridae</i>	4 - <i>Polycentropodidae</i>	4 - <i>Psychomyidae</i>
Variété générique (3 phases)	5	36	32	22
IBD (/20)	11,7	15,5	9,1	8,8
IPS (/20)	12,8	13,4	8,6	9,2
Taxon dominant	<i>Navicula viridula</i> <i>var. rostellata</i>	<i>Navicula cari</i>	<i>Navicula margalithii</i>	<i>Navicula margalithii</i>

Tableau 48. Synthèse des données hydrobiologiques recueillies au niveau des stations Audeux_1 et Audeux_2.

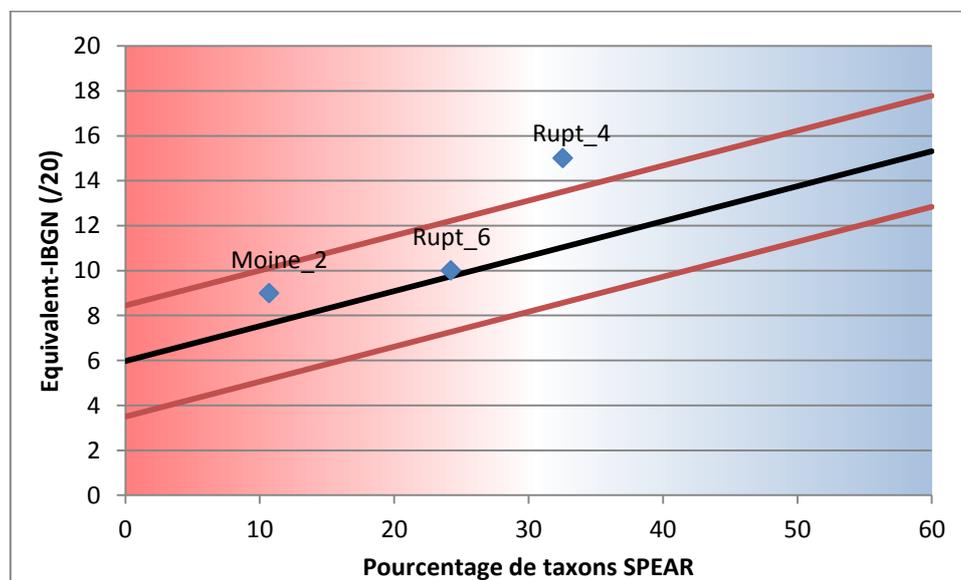


Figure 10. Projection des stations hydrobiologiques du BV du Rupt en fonction de l'équivalent-IBGN mesuré et du taux de taxons sensibles aux pesticides (SPEAR). La régression (trait noir) a été obtenue suite à l'utilisation d'un réseau de 69 points de mesures récentes (2012-2013) par Hydrobio-Conseils. Les traits rouges indiquent les écart-types par rapport à la droite de régression.

La figure 10 présente la projection des taxons selon la valeur de l'équivalent-IBGN obtenue et la proportion de taxons dits sensibles aux pesticides. Deux informations principales peuvent en être dégagées :

- plus les points projetés sont décalés vers la gauche, plus l'impact de pesticides sur la communauté est vraisemblable ;
- plus les points sont projetés au-dessus des droites de régression, plus l'effet insidieux d'une contamination par des pesticides est probable : la communauté est impactée mais l'équivalent-IBGN ne reflète pas fidèlement cette altération (outil non spécifiquement dédié à ce type de dysfonctionnement).

1. Station Rupt_1

La station Rupt_1 présente des caractéristiques hydrobiologiques particulières avec :

- un peuplement macrobenthique qualitativement et quantitativement très pauvre (oligochète, chironome, aselle, gammare et limnephilidae) ;
- un peuplement diatomique peu diversifié mais avec un indice robuste grâce à une prévalence des espèces ayant chacune des préférendums proche pour des classes de qualité plutôt dégradés, i.e. compris entre 4 et 5 sur 7 classes, la 7^{ème} classe étant synonyme d'excellente qualité (figure 11).

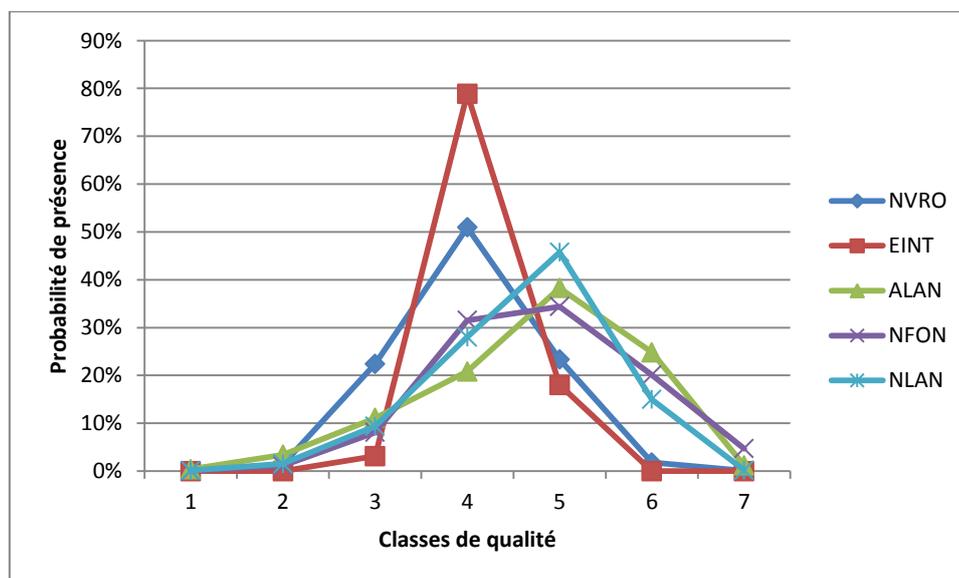


Figure 11. Probabilité de présence des 5 espèces de diatomées les plus abondantes au niveau de la station Rupt_1 en fonction des classes de qualité de l'eau : *Navicula viridula* var. *rostellata* (NVRO), *Epithemia intermedia* (EINT), *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata* (ALAN), *Nitzschia fonticola* (NFON), *Navicula lanceolata* (NLAN).

Les chapitres précédents ont montré qu'il est très peu probable que la source de ces forts dysfonctionnements biologiques soit issue de contaminations de l'eau par des matières azotées ou phosphorées. Plusieurs autres explications peuvent être avancées :

- une hydro-morphologie et une qualité habitationnelle très peu favorables : lit rectifié, surdimensionné, avec des seuils (embâcles) ralentissant fortement le courant, homogénéité

des fonds (sable, marne et litière), faible oxygénation de l'eau lors de l'échantillonnage biologique...

- possibles assècs épisodiques de cette tête de bassin : reste les taxons les plus tolérants à ce type de phénomène (fouisseurs) et les plus ubiquistes (recolonisation) ;
- la faible diversité diatomique s'explique vraisemblablement par la présence de berges très ombrageantes ;
- les préférendums des différentes espèces de diatomées pour des classes de qualité plutôt dégradées peuvent trouver une explication dans la mauvaise oxygénation de l'eau particulièrement au niveau des fonds où ces organismes benthiques reposent. La similarité des profils indique une stabilité des conditions mésologiques structurantes.

Cette mauvaise qualité hydrobiologique de la station Rupt_1 tient donc davantage à des caractéristiques physiques et hydromorphologiques défavorables qu'à une qualité de l'eau très altérée. Par ailleurs, du fait de ces spécificités, l'approche SPEAR n'y a pas été mise en œuvre car non pertinente pour ce type de situation (structuration des populations par des contraintes essentiellement autres que la qualité de l'eau).

2. Station Rupt_4

La station Rupt_4 présente un lit rectifié avec une uniformisation des vitesses de courant mais on ne note pas de présence de colmatage et les substrats sont plutôt favorables à de la diversité macrobenthique (dominance de galets et bryophytes).

Les peuplements de macro-invertébrés y sont ainsi plutôt diversifiés (36 taxons). La valeur indicienne de 15/20 permet la classification de la qualité macrobenthique en très bon état dans cette station selon le référentiel DCE. Néanmoins, le calcul de sa robustesse indique une légère tendance à surévaluer cette qualité macrobenthique.

En outre, la présence de Goeridae et Sericostomatidae, groupes indicateurs de rang 7 et 6 respectivement, sont synonymes d'une qualité de l'eau non optimale pour ce niveau typologique, et donc d'une relative altération de cette-dernière. Ceci peut être mis en relation avec les analyses physico-chimiques qui y ont révélé la présence chronique de nitrates entre 11 et 17 mg.L⁻¹.

L'analyse des peuplements diatomiques vient étayer ce diagnostic d'une qualité de l'eau modérément altérée avec un IBD déclassé en un simple « bon état ». Le calcul de l'IPS, réputé meilleur discriminant que l'IBD, confirme et accentue cette conclusion.

L'application de l'approche SPEAR (figure 10) sur cette station indique que la communauté macrobenthique y est davantage impactée par la présence de pesticides que ne le laisse envisager la valeur de l'équivalent-IBGN. En effet, environ 1/3 de la communauté est dite sensible aux pesticides, ce qui est moyen (ni bon ni mauvais), et laisse entrevoir une contamination modérément impactante et insidieuse de pesticides sur ces macro-invertébrés au niveau de cette station.

3. Station Rupt_6

La **station Rupt_6** présente également un lit rectifié ainsi que la proximité de plusieurs seuils, engendrant une relative homogénéisation des profondeurs et classes de vitesses. On y observe également un léger dépôt de matières organiques sur les fonds mais aussi une diversité et une qualité de substrats favorables au développement de la vie macrobenthique.

La valeur indicielle de l'équivalent-IBGN, robuste dans le sens positif et négatif, met en évidence une nette altération du potentiel biogène de la station (état moyen selon le référentiel DCE). La qualité habitationnelle de la station n'est que très partiellement explicative de ce dysfonctionnement (32 taxons identifiés), cette-dernière trouvant plutôt sa source dans une atteinte de la qualité de l'eau. Ceci est étayé par la présence de groupes indicateurs de rangs 4 et 3 (Polycentropodidae et Limnephilidae respectivement), synonyme d'une dégradation nette de la qualité de l'eau.

Ceci est corroboré par la présence concomitante d'un peuplement diatomique synonyme de qualité de l'eau médiocre, avec une prédominance de l'espèce *Navicula margalithii* dont le préférendum se situe dans une classe de qualité de 3 sur les 9 possibles (la 9^{ème} classe étant synonyme d'excellente qualité). Pour rappel, les analyses physico-chimiques ont mis en évidence une contamination de cette station par les matières azotées (ammonium, nitrites, nitrates) et phosphorées (orthophosphates et phosphore total).

L'application de l'approche SPEAR (figure 10) sur cette station indique que la communauté macrobenthique y est impactée par des pesticides : seulement environ ¼ de celle-ci est dite sensible aux pesticides. Ce niveau d'altération est néanmoins fidèlement retranscrit par la valeur de l'équivalent-IBGN obtenue, i.e. 10/20.

4. Station Moine_2

La **station Moine_2** présente un faciès hydromorphologique très altéré avec une très nette tendance lentique, un colmatage organique des fonds, une homogénéité de ces-derniers composés quasi-exclusivement d'éléments minéraux de différents granulométrie (absence de végétation aquatique par exemple). La qualité micro-habitationnelle y est donc peu favorable.

Ceci se retrouve au niveau de la diversité taxonomique moyenne pour ce type de milieu (22 taxons identifiés). Néanmoins, la faiblesse de la note indicielle (encore plus prononcée en considérant sa robustesse négative) tient essentiellement à la faible valeur qualitative des groupes indicateurs, i.e. 4 pour les Psychomyidae et 2 pour les Gammaridae.

Cette altération de la qualité de l'eau est confirmée par la composition du peuplement diatomique de qualité médiocre et, comme pour la station Rupt_6, qui est dominée par *Navicula margalithii* dont le préférendum se situe dans une classe de qualité de 3 sur les 9 possibles. Pour rappel, des teneurs élevées en nitrates (jusqu'à 30.9 mg.L⁻¹) et en matières phosphorées ((jusqu'à 0.32 mg.L⁻¹ de phosphore total par exemple) ont été mesurées dans cette station.

L'application de l'approche SPEAR (figure 10) sur cette station indique que la communauté macrobenthique y est nettement impactée par des pesticides : seulement environ 10% des taxons sont dits répondre sensiblement à la présence de pesticides. Ce niveau d'altération est néanmoins approximativement retranscrit par la valeur de l'équivalent-IBGN obtenue, i.e. 9/20.

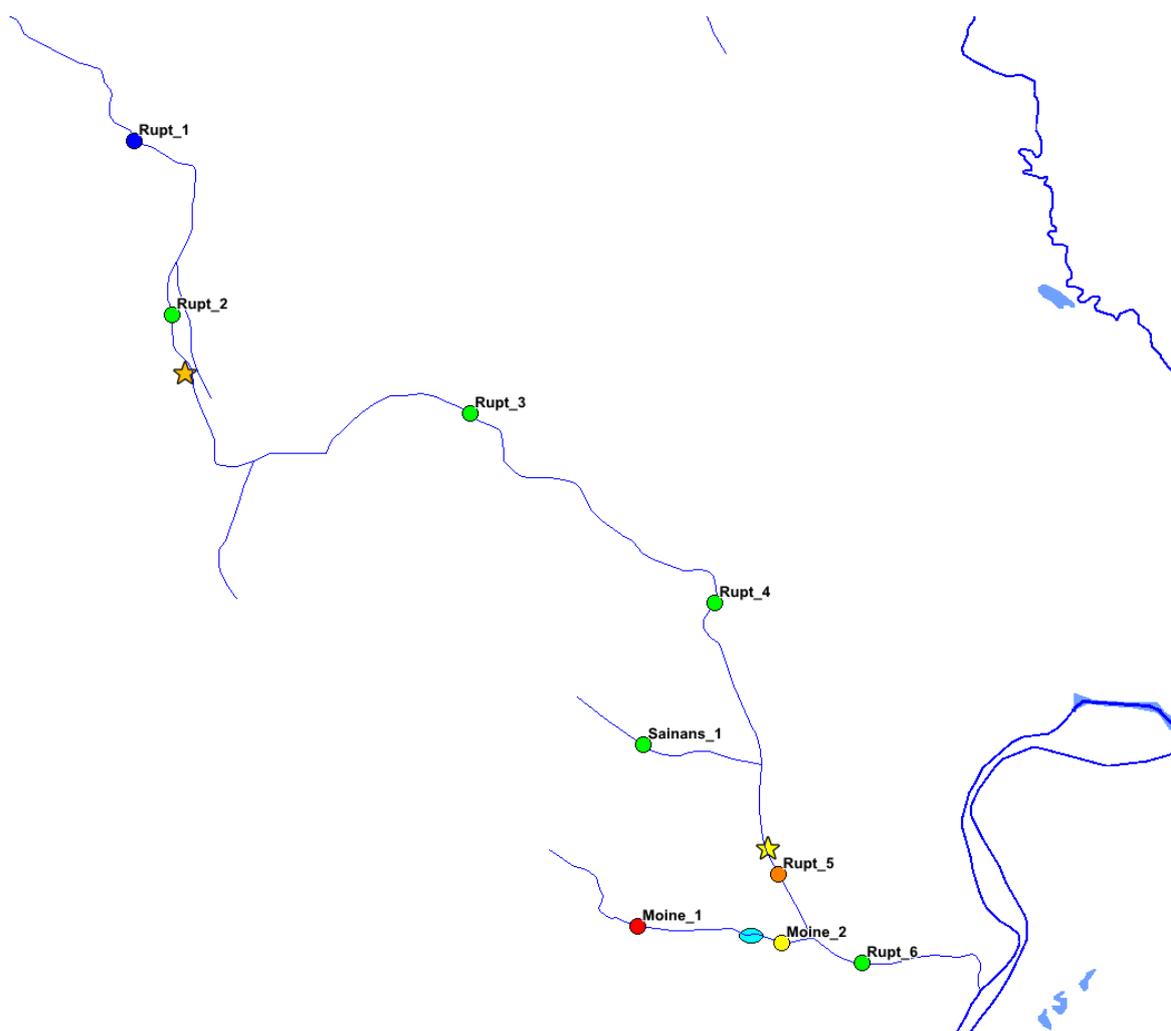
G. Référentiels DCE et SEQ-Eau

L'état écologique selon les critères de l'AR du 25/01/2010 a pu être évalué pour 4 stations : 1 présente un bon état conforme aux objectif d'état, 2 un état médiocre et 1 un mauvais état. Pour ces 4 cas, le facteur limitant est lié aux éléments biologiques. Ainsi le mauvais état de la station Rupt_1 est un cas particulier car essentiellement lié à la conformation physique et hydro-morphologique du milieu plutôt qu'à la qualité de l'eau *sensu stricto*. En revanche, la contamination du milieu est un facteur structurant dans la médiocrité des états écologiques des stations Rup_6 et Moine_2.

La projection cartographique des classe de qualité pour les nutriments illustre que la partie aval du bassin est nettement la plus contaminée, surtout à l'aval proche de la station d'épuration de Dung ainsi qu'au niveau de ruisseau du Moine.

		17	18	19	20	21	22	23	24	25	
		Rupt_1	Rupt_2	Rupt_3	Rupt_4	Rupt_5	Rupt_6	Sainans_1	Moine_1	Moine_2	
Objectif d'état (année échéance bon état écologique)		2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	
AR 2010	Éléments biologiques	Équivalent-IBGN	ME			TBE		EMo			EMo
		IBD	EMo			BE		EMé			EMé
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
		Nutriments	TBE	BE	BE	BE	EMé	BE	BE	ME	EMo
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques									
		Polluants spécifiques synthétiques						BE			
ETAT ECOLOGIQUE		ME			BE		EMé			EMé	
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (NTK...)	TBE	BE	BE	BE	EMé	BE	BE	ME	BE	
	Nitrates	BE	BE	EMo	EMo	EMo	EMo	BE	EMé	EMé	
	Effet des Proliférations Végétales	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	TBE	TBE	
	Métaux sur bryophytes										
	Métaux sur sédiments						EMo				
	Micropolluants sur sédiments										
	Minéralisation	BE	BE		TBE		TBE			TBE	
MES	BE	BE	BE	BE	BE	BE	ME	BE	BE		

Tableau 49. Interprétation des données brutes selon le référentiel DCE (arrêté du 25 janvier 2010) et le SEQ-Eau (V2)



Carte 24. Classes d'état « Nutriments » selon le référentiel DCE

H. Impact des stations d'épuration

1. État initial avant mise en service de la station d'épuration de Semondans

Une nouvelle station d'épuration a été construite en 2013 et sera mise en service en 2014 au niveau du Rupt entre les communes de Semondans et Echenans. Un pseudo-état initial peut donc être réalisé en exploitant les données issues de la station Rupt_2 de la présente étude (localisée quelques centaines de mètres en amont) et la station « Amont Etangs » (aval proche) issue de l'étude Eaux Continentales en 2010 (tableau 50). Néanmoins, il convient de préciser que cette comparaison de données physico-chimique amont/aval à 3 années d'écart est sujet à caution.

Paramètres	2013	2010
	Rupt_2 à Semondans (amont step)	Station Amont Etangs à Echenans (aval step)
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0.12	0.64
Carbone organique dissous (mg(C)/L)	2.7	3.2
Chlorophylle a + phéopigments	<2	<1
Matières en suspension	10.0	6.5
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	8.6	6.0
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0.17	0.16
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	6.4	4.8
Oxygène dissous (saturation) (%)	61	49
pH (unité pH)	7.5	7.8
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0.09	0.26
Phosphore total (mg(P)/L)	0.05	0.12
Température (°C)	15.2	14.6
IBGN		10/20
Robustesse négative		8/20
GI		3 - Hydropsychidae
Classe de variété		8

Tableau 50. Comparaison des classes de qualité des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques selon l'AR du 25/01/2010 ou à défaut selon le SEQ-Eau (V2). Valeurs les plus pénalisantes parmi les 4 campagnes de 2013 et campagne estivale unique en 2010.

Les variations observées entre les deux stations peuvent être imputées à différentes causes non exclusives les unes des autres :

- évolution de la qualité globale de l'eau entre 2010 et 2013 dans ce secteur, i.e. amélioration de la qualité de l'eau à l'amont mais aussi à l'aval entre ces deux années ;
- régimes hydrologiques différents et davantage pénalisant en 2010 (étiage plus fort ?) ;

On peut toutefois déduire de cette comparaison les informations structurantes suivantes :

- une faible saturation en oxygène en période estivale de ce secteur du Rupt ;
- des teneurs en ammonium excessives pouvant atteindre des pics à 0.64 mg.L⁻¹ ;
- des teneurs en nitrites déclassantes en « bon état » mais n'atteignant pas 0.2 mg.L⁻¹ ;
- des concentrations en nitrates inférieures à 9 mg.L⁻¹ ;
- des teneurs en matières phosphorées parfois déclassantes en un « bon état ».

2. Impact de la station d'épuration de Dung

L'évolution de l'impact de la station d'épuration de Dung peut être évaluée en comparant les données 2006 disponibles sur le SIE de l'Agence de RMC¹⁹ (entre une station amont proche et aval éloigné) et les données 2013 de la présente étude (entre une station amont éloigné et aval proche).

¹⁹ <http://sierm.eaurmc.fr/eaux-superficielles/index.php>

Paramètres	2006		2013	
	Dung (amont step)	Bart (aval step)	Rupt_4 à Allondans (amont step)	Rupt_5 à Dung (aval step)
Ammonium (mg(NH ₄)/L)	0.13	10.1	0.10	2.20
Azote Kjeldahl (mg(N)/L)	2.8	8.1	<1	1.9
Carbone organique (mg(C)/L)	4.1	4.8	2.9	3.4
DBO (mg(O ₂)/L)	4.1	7.0	1.2	4.0
Nitrates (mg(NO ₃)/L)	18	17.9	16.7	16.1
Nitrites (mg(NO ₂)/L)	0.17	0.44	0.10	0.16
Oxygène dissous (mg(O ₂)/L)	7.1	7.0	9.2	7.1
Oxygène dissous (saturation) (%)	73	75	87	66
pH (unité pH)	7.9	8.1	7.7	7.5
Phosphates (mg(PO ₄)/L)	0.18	4.6	0.08	0.42
Phosphore total (mg(P)/L)	0.52	1.7	0.04	0.21
Température (°C)	17.4	18.6	13.8	13.3

Tableau 51. Comparaison des classes de qualité des paramètres physico-chimiques selon l'AR du 25/01/2010. Valeurs les plus pénalisantes parmi les 4 campagnes de 2013 et les 6 campagne de 2010.

Que ce soit en 2006 ou en 2013, l'impact de la station d'épuration de Dung est très fort en termes de qualité physico-chimique de l'eau (tableau 51). En effet, les concentrations de toutes les matières nutritives considérées (NH₄⁺, NTK, NO₂, PO₄, Ptotal) augmentent entre l'amont et l'aval, exception faite des nitrates (dont on peut donc présumer que la principale source est une contamination diffuse d'origine agricole). Les paramètres liés au bilan de l'oxygène sont complexes à interpréter, mais les valeurs de la DBO et teneurs en COD semblent également indiquer un impact lié à ce bilan de l'oxygène.

Parallèlement à cet impact récurrent de la station d'épuration de Dung, on observe une nette tendance à une amélioration de la qualité de l'eau du Rupt dans ce secteur : l'amont passe d'un état médiocre (phosphore total) à un état moyen (nitrates), tandis que l'aval passe d'un état mauvais (ammonium, matières phosphorées) à un état médiocre (ammonium).

L'amélioration globale de la qualité de l'eau en amont couplée à la construction de la nouvelle station d'épuration à Semondans (qui allégera pour partie la charge polluante arrivant à la station d'épuration de Dung), devraient contribuer à la continuation de cette amélioration de la qualité physico-chimique du Rupt aval.

I. Conclusions

La morphologie du Rupt est largement anthropisée tout au long de son linéaire. Ceci constitue même le facteur le plus structurant quant à sa qualité biologique dans sa partie apicale par ailleurs relativement préservée des diverses contaminations dans ce secteur. Par conséquent, cette station ne peut être à ce jour retenue comme une station de référence pour ce bassin.

Une contamination chronique et diffuse d'origine agricole par les nitrates a été constatée sur l'ensemble du bassin versant. En outre, une contamination d'origine domestique par les nitrites,

ammonium, orthophosphates et phosphore total a été identifiée. Cette-dernière trouve essentiellement son origine dans le rejet de la station d'épuration de Dung pour le Rupt et est localisée dès l'amont au niveau du ruisseau du Moine. Néanmoins, un abattement en ammonium et nitrites a été observé au niveau de l'étang/lagunage sur ce ruisseau et les volumes concernés font qu'ils ne contribuent que pour une part marginale à la pollution du Rupt aval en termes de flux.

À ces macro-polluants s'ajoute une contamination multiples par diverses substance toxiques (pesticides, métaux lourds, HAP...). Ceci contribue à engendrer un environnement peu favorable à la vie aquatique. Ainsi un impact par les pesticides sur les communautés macrobenthiques a été identifié : insidieux mais réel dans la partie médiane du Rupt, il se fait davantage prégnant dans sa partie distale et plus encore au niveau du ruisseau du Moine où les qualités biologiques sont médiocres.

Toutefois, la comparaison avec les données antérieures (et datant de moins de 10 ans) démontrent une nette amélioration de la qualité physico-chimique globale de l'eau du Rupt. Les efforts liés à l'amélioration de l'assainissement sur ce bassin en sont certainement une cause majeure. La construction de la nouvelle station d'épuration à Semondans devrait permettre de poursuivre l'amélioration de la qualité du Rupt aval.

J. Recommandations

Suite à ces analyses, les préconisations suivantes sont formulées :

- Améliorer la qualité physique du Rupt, prioritairement dans sa partie apicale où la qualité physico-chimique est la moins dégradée. On peut notamment mentionner le secteur localisé vers la station Rupt_2 où la pression foncière est moins élevée qu'ailleurs (pâtures) et où le tracé de l'ancien méandrement naturel est observable sur le cadastre Napoléonien (1820-1875).
- Un suivi et une attention particulière devra être portée à l'impact du futur rejet de la nouvelle station d'épuration à Semondans. Il serait également opportun de mesurer concomitamment l'amélioration de la qualité de l'eau à l'aval de la station d'épuration de Dung.
- Des efforts importants doivent être engagés en termes d'assainissement sur la partie apicale du Moine (commune de Présentevillers), particulièrement en termes de matières phosphorées qui ne sont pas auto-épurées par la présence de l'étang-lagunage sur son linéaire. En outre, son hydro-morphologie très dégradé constitue également un facteur très limitant à l'amélioration de l'état écologique de ce ruisseau, à ce jour le plus altéré du bassin.
- La diminution des apports diffus et chroniques en nitrates ne pourra être effective que par une approche globale et durable à l'échelle du bassin associant les acteurs de la vie agricole du secteur.

IV. Bassin de l'Audeux

A. Contexte et objectif

Un diagnostic écologique de l'Audeux a été réalisé en 2011 (Eaux Continentales, 2012²⁰). La qualité physique de ce cours d'eau est globalement bonne dans la zone prospectée en 2013-2014 (entre sa source et Amans), exception faite de quelques secteurs où le lit traverse des zones d'habitations (il est alors contraint et bordé de murets). Les 3 campagnes d'analyses physico-chimiques de l'eau sur 3 stations indiquent toutefois une altération modérée mais diffuse des paramètres liés aux éléments azotés et phosphorés. Ainsi, la qualité des peuplements macrobenthiques indique un fort potentiel écologique qui n'est pas complètement atteint, vraisemblablement en raison de cette altération physico-chimique de l'eau.

L'objectif des investigations menées en 2013-2014 est, d'une part d'évaluer l'impact de la station d'épuration localisée à Bremondans (celle-ci recevant notamment les effluents d'une laiterie), et, d'autre part, d'évaluer les modalités spatiales des contaminations par les matières azotées et phosphorées *via* les différents affluents de la partie apicale de l'Audeux.

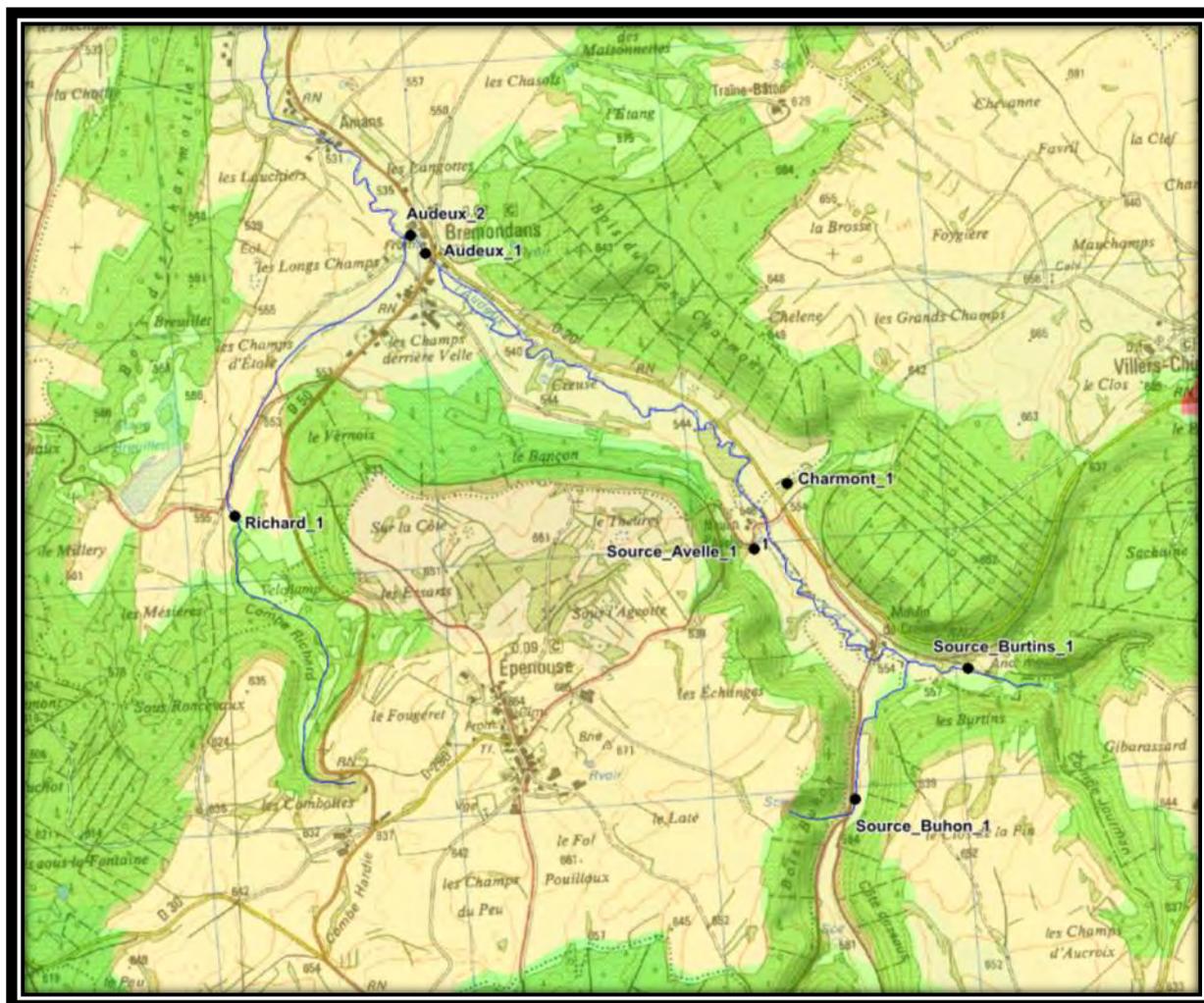
1. Échantillonnage

Deux stations ont été implantées de part et d'autre du rejet de la station d'épuration à Bremondans : un point amont quelques dizaine de mètres en amont (en aval du pont de la route de Vercel), un point le plus en aval possible (quelques dizaines de mètres) avant la confluence avec le Combe Richard. Un IBGN et deux campagnes d'échantillonnage de l'eau y ont été réalisées.

Les cinq affluents de ce secteur apical de l'Audeux ont pour leur part été échantillonnés à 6 reprises (de l'amont vers l'aval) :

- La Source Burtins : en amont du moulin de la Creuse, principale source de l'Audeux ;
- La Source Buhons : autre source de l'Audeux, au caractère plus ou moins pérenne ;
- La Source Avelle : petit ruisseau à flanc de colline (versant d'Epenouse) ;
- La source du Bois-Charmont : ruisseau au fort caractère tufeux (versant de Villers-Chief) ;
- Combe Richard : en amont de l'influence de la ferme plus en aval (versant d'Epenouse).

²⁰ Diagnostic écologique de l'Audeux. Eaux Continentales, 2012. 91 pages.



Carte 25. Localisation des stations échantillonnées

2. Situations hydrologiques

Il n'y a pas de station hydrométrique automatique fonctionnelle sur le bassin de l'Audeux. Néanmoins, ce bassin appartenant à la même zone hydrographique que le Cusancin, il peut être présenté à titre indicatif la tendance du profil hydrologique au moment des différents échantillonnages.

Pour le détail du contexte hydrologique, le lecteur pourra se référer au chapitre relatif au Cusancin.

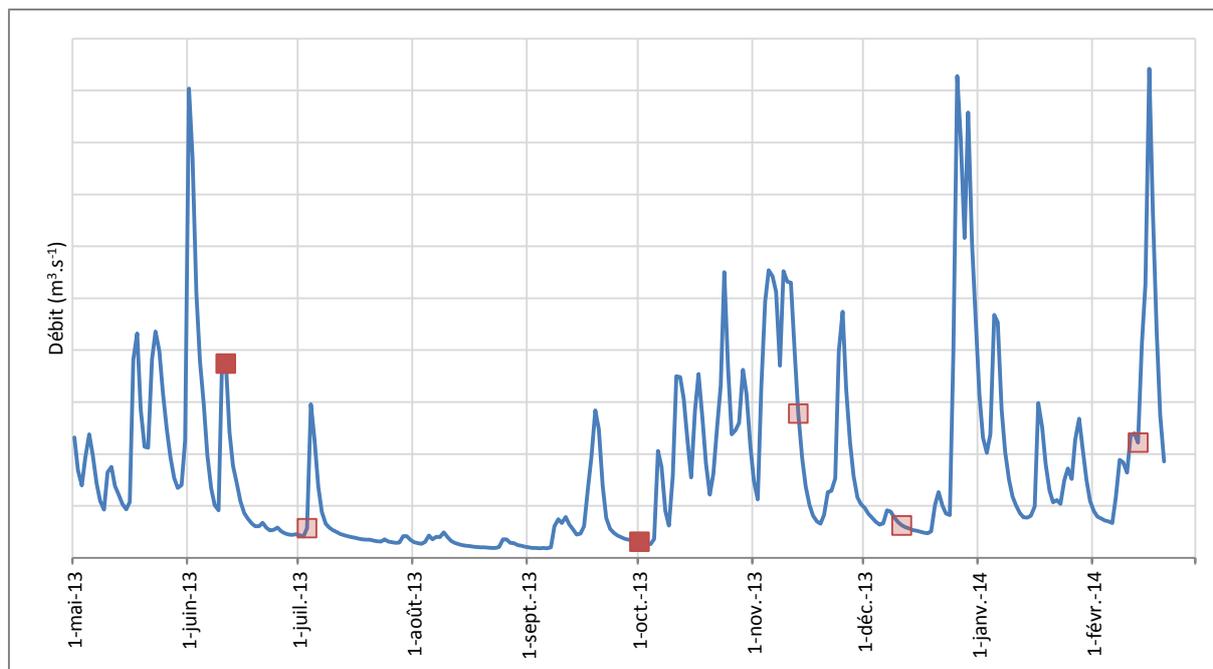


Figure 12. Variations des débits mesurés sur le Cusancin (même unité hydrographique que l'Audeux). Les points rouges indiquent les dates d'échantillonnage, en rouge clair ne sont concernées que les affluents de l'Audeux.

B. Résultats

Code station étude	Audeux_1	Audeux_2	Source_Burtins_1	Source_Buhon_1	Richard_1	Charmont_1	Source_Avelle_1
Code Agence de l'Eau	06438620	06462920	06438630	06438640	06438650	Incodifiable	05038X0094
Temp. Eau (°C)	12,4	12,4	10,2	9,5	13,8	13,2	14,1
pH	7,84	7,82	6,78	6,46	7,81	7,98	7,89
O2 (mg/l)	8,56	8,15	9,55	9,08	7,49	7,54	6,64
Saturation O2 (%)	80,2%	76,4%	83,7%	76,7%	72,1%	70,9%	62,6%
Conductivité	689	693	686	664	720	673	607
MES (mg/l)	15,0	15,0	11,0	11,0	103,0	78	20
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,19	0,18	0,08	0,18	0,30	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	9,8	9,7	13,3	7,3	10,6	11,1	10,9
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,05	0,21	0,10	0,06	0,089	0,047	0,037
Orthophosphates (mg/l)	0,09	0,70	0,09	0,12	0,09	0,02	0,05
COT (mg/l)	1,7	1,7	2,1	1,7	7,4	5,1	1,5
COD (mg/l)	1,6	1,6	1,5	1,5	3,8	2,3	1,5
DBO5 (mg/l)	1,3	0,9	0,8	1,0	4,0	1,0	1,1
DCO (mg/l)	<20	<20	<20	22	52	<20	<20

Tableau 52. Valeurs les plus déclassantes pour chacun des paramètres physico-chimiques mesurés au sein des stations du BV de l'Audeux en 2013-2014. Codes couleurs correspondant aux classes de qualité tels que définies par l'AR du 25/01/2010 (paramètre en gris foncé) ou par défaut par le SEQ-Eau V2 (paramètres en gris clair).

1. Référentiels DCE et SEQ-Eau

L'ensemble des stations investiguées en 2013 dans le bassin de l'Audeux ont présenté un bon état physico-chimique selon le référentiel DCE, à l'exception notoire de la station localisée à l'aval immédiat de la station d'épuration de Bremondans où les teneurs relativement élevées en orthophosphates et phosphore total ont été mesurées en fin d'étiage estival, 0.70 et 0.21 mg.L⁻¹ respectivement.

En outre, le bilan de l'oxygène est souvent déclassé en « bon état » en raison d'une moindre saturation en oxygène lors de la période d'étiage estivale.

Selon le référentiel SEQ-Eau, hormis la source Buhons, le paramètre « nitrates » des affluents présentent un état moyen. Ceci est discuté dans les chapitres suivants. Par ailleurs, concernant les matières en suspension, deux pics de concentration ont été mesurés sur le Combe Richard, ruisseau à tendance organique avec remise en suspension lors des fortes hausses de débits. Un pic a également été mesuré sur le ruisseau du Bois-Charmont, suite à un lessivage en cours très important lors de la dernière campagne d'échantillonnage.

		26	27	28	29	30	31	32	
		Audeux_1	Audeux_2	Source_ Burtins_1	Source_ Buhon_1	Richard_1	Charmont_1	Source_ Avelle_1	
Objectif d'état (année échéance bon état écologique)		2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	
AR 2010	Eléments biologiques	IBGN	TBE	TBE					
		IBD	TBE	BE					
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
		Nutriments	TBE	EMo	BE	BE	BE	BE	BE
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques							
		Polluants spécifiques synthétiques							
ETAT ECOLOGIQUE		BE	EMo						
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (dont NTK)	TBE	BE	BE	TBE	BE	BE	TBE	
	Nitrates	BE	BE	EMo	BE	EMo	EMo	EMo	
	Effet des Proliférations Végétales								
	Métaux sur bryophytes								
	Métaux sur sédiments								
	Micropolluants sur sédiments								
	Minéralisation	TBE	TBE						
	MES	BE	BE	BE	BE	ME	ME	BE	

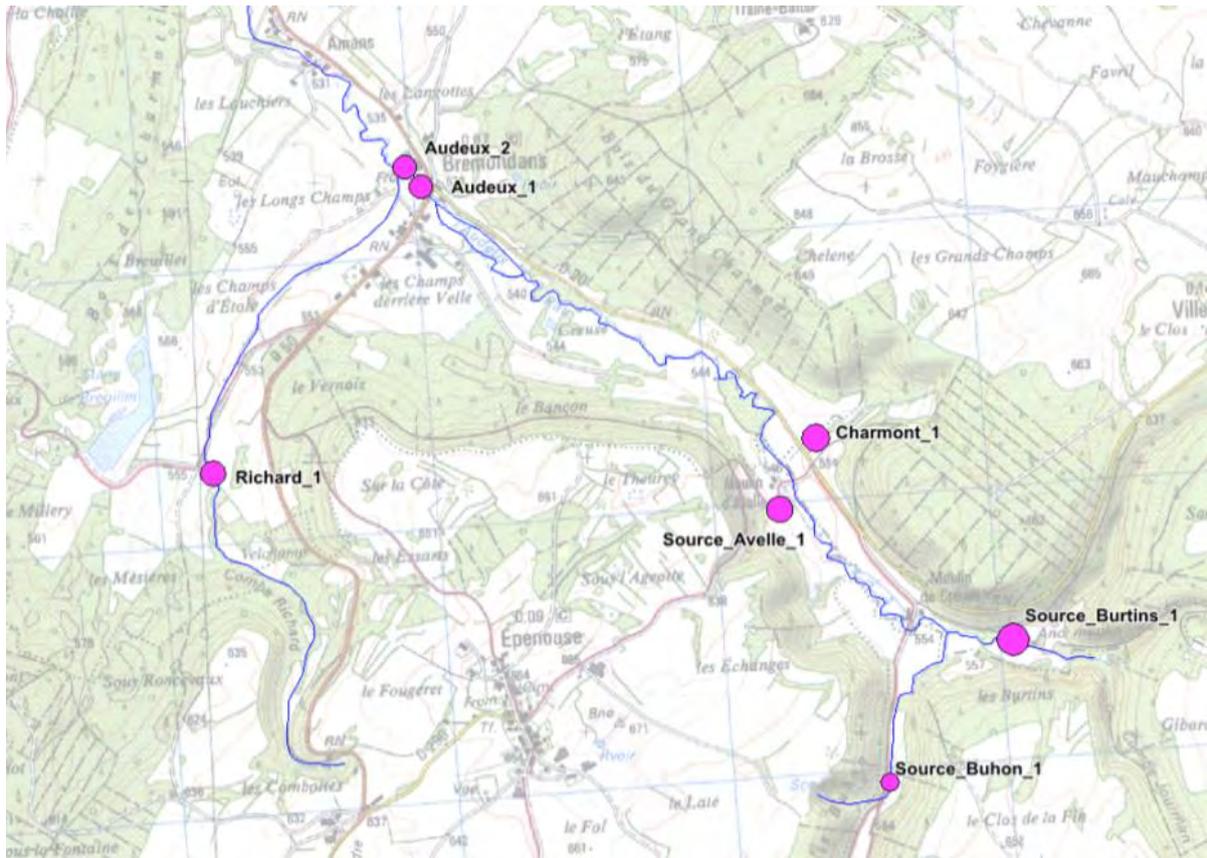
Tableau 53. Interprétation des données brutes selon le référentiel DCE (arrêté du 25 janvier 2010) et le SEQ-Eau (V2)

2. Éléments azotés

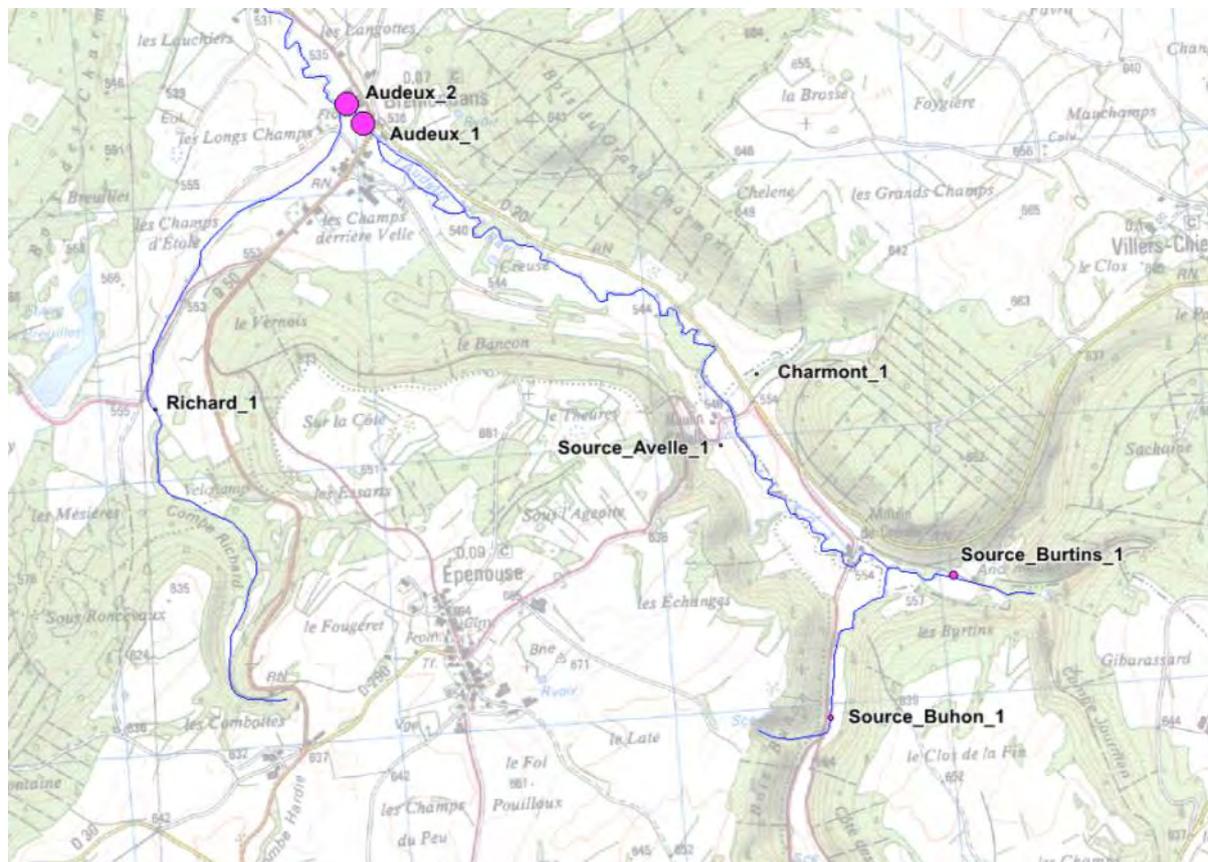
Les concentrations en nitrites sont restées en-deçà du seuil de détection (0.02 mg.L^{-1}) lors des mesures effectuées sur ce bassin en 2013-2014.

Concernant l'ammonium, des concentrations plus élevées ont été mesurées lors des lessivages, en particulier lors de la dernière campagne. Elles n'ont néanmoins pas excédées 0.20 mg.L^{-1} hormis un pic à 0.30 mg.L^{-1} au niveau du Bois Charmont. Pour rappel, les seuils du bon état pour cet élément sont compris entre 0.10 et 0.50 mg.L^{-1} selon le référentiel DCE.

Comme indiqué précédemment, hormis la source Buhons, le paramètre « nitrates » des affluents présentent un état moyen selon le référentiel SEQ-Eau (concentration néanmoins toujours inférieures à $13,3 \text{ mg.L}^{-1}$ tous affluents confondus). Ceci n'est pas le cas des deux stations localisées sur l'Audeux. Néanmoins, cette distinction ne semble pas significative au regard de la similarité des concentrations mesurées entre ces stations : concentrations maximales entre environ 10 et 13 mg.L^{-1} (carte 26). Ainsi les différences de flux en nitrates entre stations sont surtout représentatives des différences de débits que des dynamiques de contamination (carte 27). Par conséquent, la partie apicale du bassin versant de l'Audeux est contaminée par les nitrates de façon relativement homogène, ceci dans des gammes de concentrations qui restent modérées mais non négligeables.

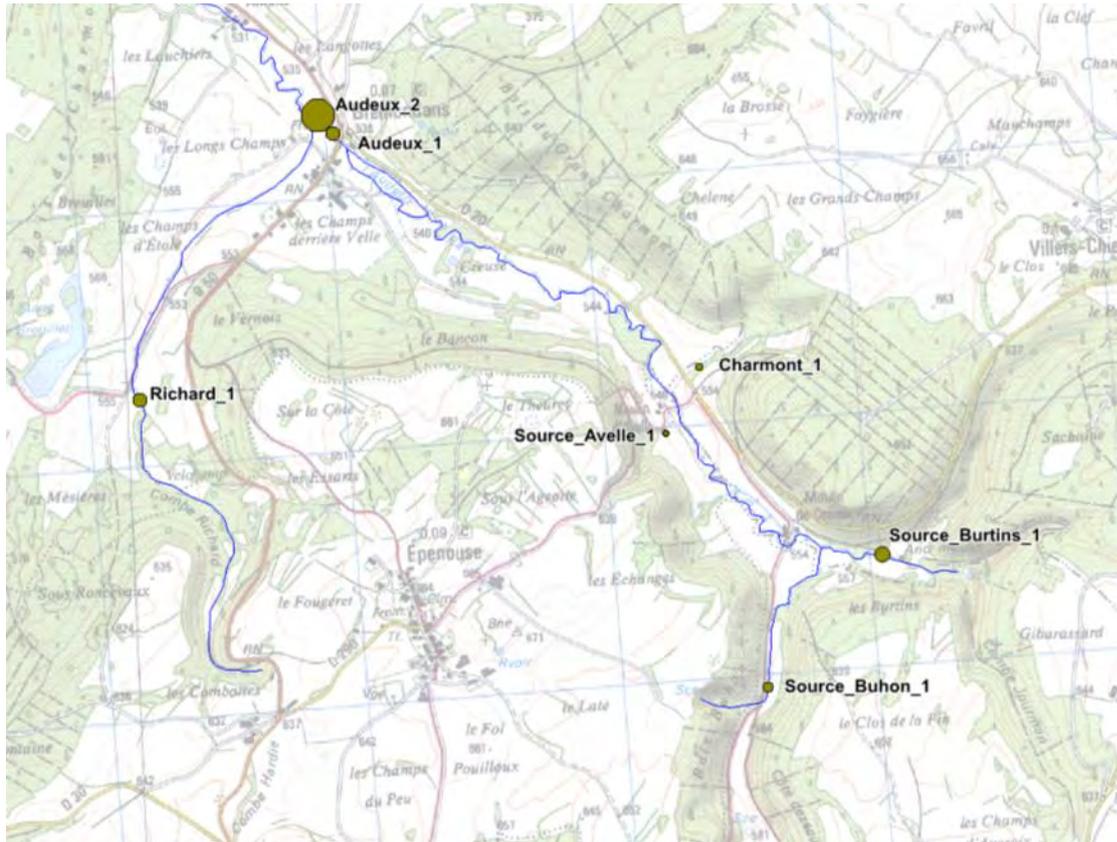


Carte 26. Concentrations maximum en nitrates.

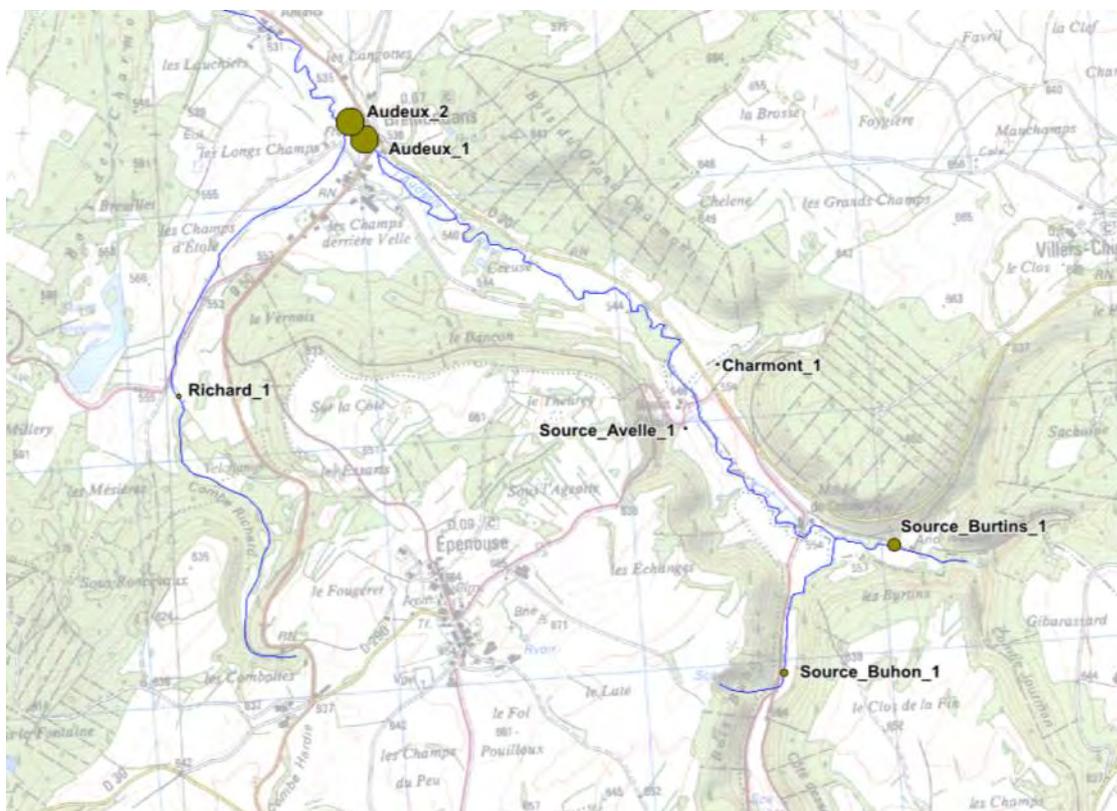


Carte 27. Flux maximum en nitrates.

3. Éléments phosphorés



Carte 28. Concentrations maximum en phosphore total.



Carte 29. Flux maximum en phosphore total.

Les concentrations en phosphore total sont relativement faibles au niveau des différents sources échantillonnées, et n'augmentent que modérément lors des périodes de lessivages. Ainsi, la teneur la plus élevée au niveau de ces affluents a été mesurée au niveau de la source Burtins (source principale de l'Audeux) avec une concentration de 0.10 mg.L⁻¹ lors de la dernière campagne, synonyme de « bon état » selon le référentiel DCE (compris entre 0.05 et 0.20 mg.L⁻¹). Parmi ces sources échantillonnées, seule la source Buhons a présenté des concentrations dépassant légèrement les 0.10 mg.L⁻¹.

Si les concentrations en matières phosphorées au niveau de la station Audeux_1 se sont avérées relativement proches de celles mesurées au niveau des sources, en revanche, une forte augmentation des concentrations en phosphore total et orthophosphates ont été constatées quelques dizaines de mètres plus loin au niveau de la station Audeux_2 lors de la campagne en étiage estival (carte 28). On peut donc fortement présumé d'un rejet en matières phosphorées de la station d'épuration qui serait moins fortement dilué en période de basses eaux.

Du fait des fortes variations de débits, ces fortes concentrations en étiage ne transparaissent pas une fois transposées en termes de flux. En effet, les plus fortes valeurs sont enregistrées en période de hautes eaux où les flux mesurés au niveau de l'Audeux à Bremondans correspondent approximativement à la somme des flux issus des différents affluents (carte 29).

4. Impact hydrobiologique de la station d'épuration de Bremondans

N° étude station	26	27
Code étude station	Audeux_1	Audeux_2
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord	Jura nord
Type CEMAGREF	TP5	TP5
Equivalent-IBGN (/20)	17	16
Classe variété type IBGN	10	9
Groupe indicateur	8 - <i>Odontoceridae</i>	8 - <i>Odontoceridae</i>
Robustesse négative (/20)	16	15
Classe variété type IBGN	10	9
Groupe indicateur	7 - <i>Leuctridae</i>	7 - <i>Goeridae</i>
IBD (/20)	18,1	17,4
IPS (/20)	15,9	16,1
Taxon dominant	<i>Diatoma mesodon</i>	<i>Navicula cari</i>

Tableau 54. Synthèse des données hydrobiologiques recueillies au niveau des stations Audeux_1 et Audeux_2.

L'Audeux présente dans sa partie apicale une hospitalité habitationnelle de bonne qualité, exception faite de certains secteurs localisés au niveau des habitations. C'est le cas au niveau de la station Audeux_1 qui présente *a priori* un potentiel un peu moindre qu'au niveau de la station Audeux_2.

Malgré cela, les données macrobenthiques recueillies montrent une érosion de la diversité taxonomique au niveau de la station aval ainsi qu'une diminution de la note indicielle d'une unité (les deux notes sont relativement robustes). Le GI est élevé, signe d'une qualité de l'eau globalement bonne, mais on note toutefois l'absence de certains groupes taxonomiques parmi les plus exigeants et pourtant potentiellement présents dans ce type de milieu, e.g. plécoptères Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae...

Les peuplements diatomiques sont beaucoup moins sensibles aux variations de qualité des micro-habitats et répondent essentiellement à la qualité de l'eau. On constate une diminution de l'IBD entre l'amont et l'aval de la station d'épuration, avec une classification passant d'un « très bon état » à un « bon état ». Parallèlement on constate que le peuplement diatomique amont est dominé par *Diatoma mesodon* au profil plus exigeant que *Navicula cari* qui est le taxon dominant le peuplement aval (figure 13).

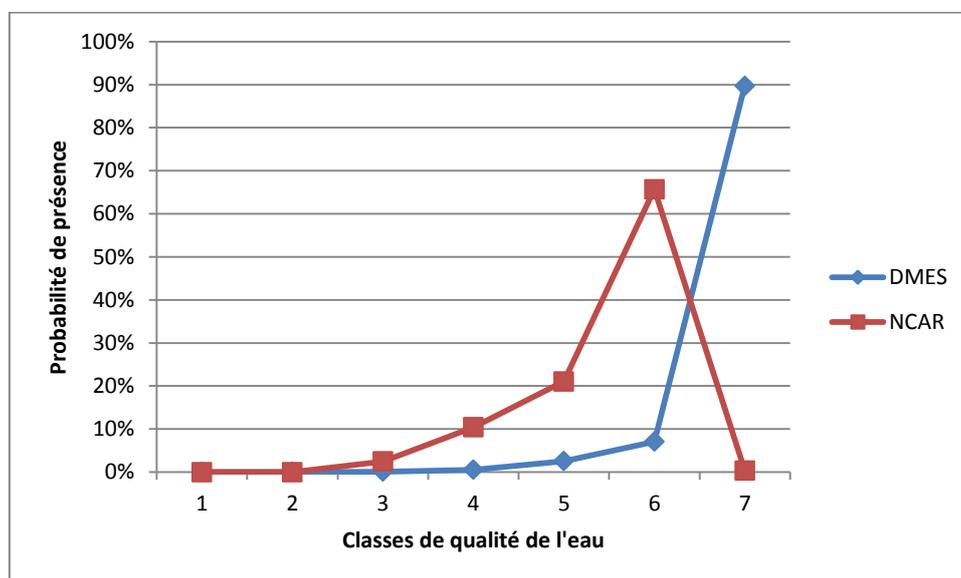


Figure 13. Probabilité de présence de *Diatoma mesodon* (DMES) – taxon dominant au niveau de la station Audeux_1 – et *Navicula cari* (NCAR) – taxon dominant au niveau de la station Audeux_2 – en fonction des classes de qualité de l'eau.

C. Conclusions

- ✓ Les affluents investigués présentent une qualité de l'eau globalement bonne, avec toutefois une contamination légère mais chronique par les nitrates et quelques pics de phosphore total en période de lessivage des sols.
- ✓ Les sous-bassins sont relativement homogènes en termes de profils de contamination, ce qui apparaît logique au regard des profils d'occupations des sols similaires des secteurs drainés par chacune des sources échantillonnées. Toutefois, de par son débit et les concentrations mesurées, il semblerait que la source Burtins (source principale de l'Audeux) soit la principale source de contamination de l'Audeux dans sa partie apicale.

- ✓ La station d'épuration de Bremondans impacte la qualité des peuplements macrobenthiques et diatomiques, notamment *via* un rejet de matières phosphorées prégnant un période d'étéage.

V. Bassin du Cusancin

A. Contexte et objectif

Une étude du fonctionnement des écosystèmes aquatiques et des milieux annexes ainsi qu'un diagnostic biologique ont été réalisés en 2011 dans le cadre programme d'aménagement et de restauration du Cusancin et de ses affluents, (Eaux Continentales, 2011²¹). Elle a abouti à la conclusion d'une expression limitée du potentiel ichtyologique et macrobenthique par la qualité de l'eau libre et probablement aussi par la qualité de l'eau interstitielle. En revanche, la qualité de l'habitat s'est avérée très satisfaisant et peu limitant pour la qualité écologique, ceci malgré quelques altérations locales.

De forts excès en azote organique et nitrates sur tout le linéaire sont ainsi mis en exergue ainsi que des apports de la vallée en nitrites particulièrement significatifs en période d'étiage (rejets directs et assainissement). En revanche les teneurs en matières phosphorées se sont avérées satisfaisantes lors des 4 campagnes d'échantillonnages.

Parmi les micropolluants, seuls les pesticides ont été recherchés dans le cadre de cette étude (écartant la recherche de HAP, PCB, COV, PBDE...). Aucun d'entre eux n'a été détecté lors des 4 campagnes mais les auteurs reviennent néanmoins sur la relative difficulté inhérente à la mesure de pesticides dissous dans l'eau. Par ailleurs, lors de la diagnose écologique de 3 affluents du Cusancin (Taverotte, Cesseran et Glaie Noire) réalisée en 2010²², la présence d'insecticides et d'herbicides a été avérée sur ces affluents.

Comme précédemment indiqué pour le Cusancin, cette dernière étude revient également sur une contamination azotée (une seule campagne) et sur une altération biologique plus ou moins marquée de ses affluents. À noter toutefois que la contamination par les métaux lourds ne semble pas être un facteur limitant sur ces milieux.

L'objectif principal des campagnes engagées par le Conseil Général du Doubs en 2013/2014 sur ce bassin est de mieux cerner les altérations des paramètres physico-chimiques généraux, dont matières azotées et phosphorées, le long du linéaire du Cusancin et au niveau des sources de ses affluents. Étant localisé dans un environnement hydrogéologique de type karstique, ce dispositif vise à tenter de cibler l'origine de contaminations en éléments nutritifs issus de la vallée mais aussi de localiser les éventuelles origines extérieures à celle-ci (plateaux environnants) *via* les différents affluents.

1. Échantillonnage

16 stations ont été échantillonnées : 7 localisées le long du linéaire du Cusancin (échantillonnées à 4 reprises), 9 situées à proximité des sources des affluents (échantillonnées à 6 reprises). Ceci représente donc un total de 82 séries d'analyses sur ce bassin versant.

²¹ Eaux Continentales. Programme d'aménagement et de restauration du Cusancin et de ses affluents. Phase 1C Fonctionnement des écosystèmes aquatiques et des milieux annexes - Diagnostic Biologique. 2011.

²² Jonathan Paris. Diagnose écologique des affluents du Cusancin (25). Master II : Qualité des Eaux, des Sols et Traitements. Université de Franche-Comté, 2010.

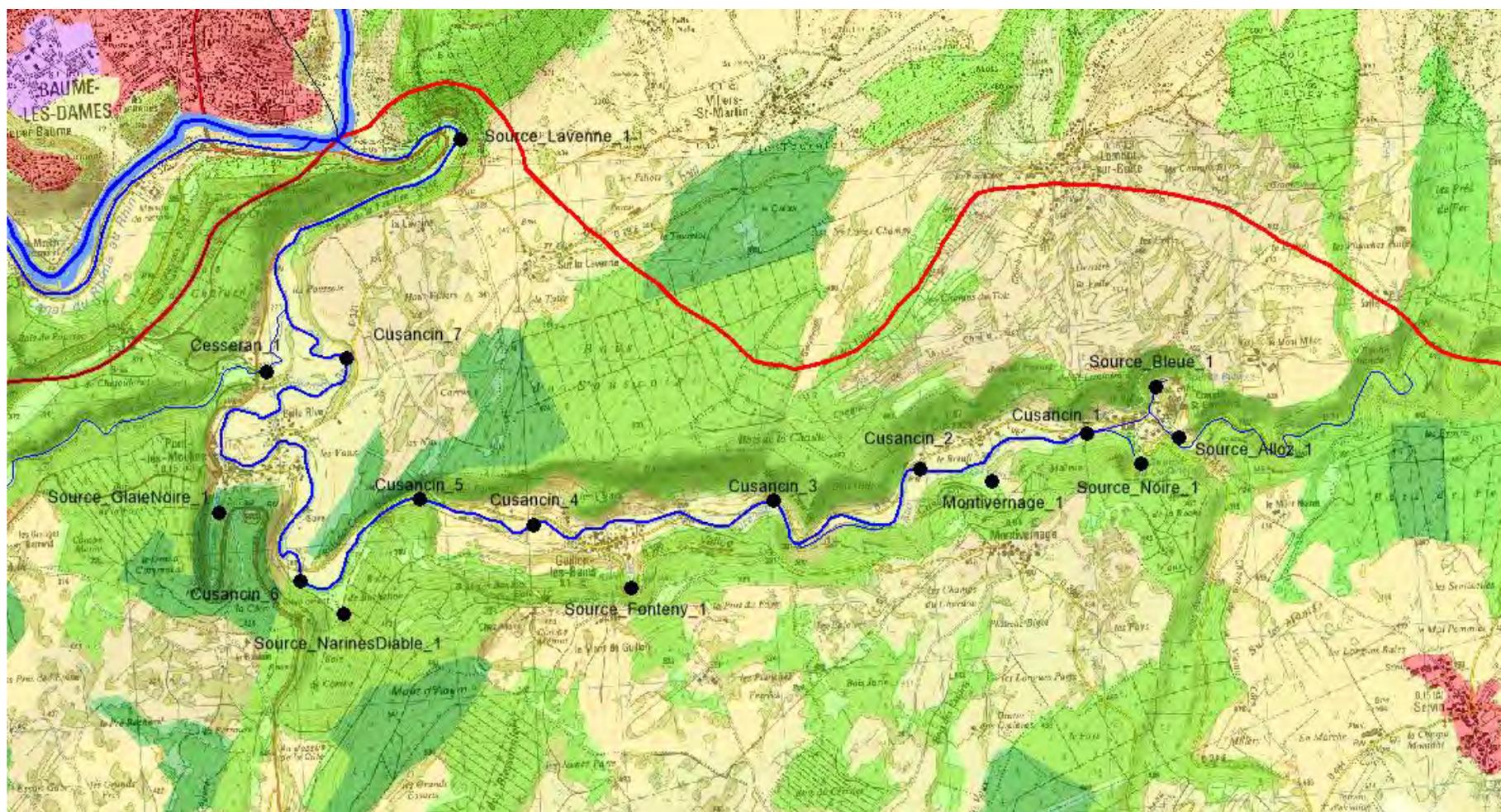
Les affluents prospectés ont été (de l'amont vers l'aval) :

- Torrent des Alloz : cours d'eau se caractérisant par des périodes d'assèchement prolongées ;
- Source Bleue : une des deux sources principales du Cusancin, localisée en direction du nord ;
- Source Noire : source sud du Cusancin ayant un débit plus élevé que la Source Bleue ;
- Source sous Montivernage : filet d'eau à très faible débit mais pérenne (amont de pisciculture) ;
- Source Fonteny : station localisée dans la pisciculture, en amont des premiers bassins ;
- Narines du Diable : source pérenne localisée dans un secteur boisé ;
- Glaie Noire : station localisée dans une propriété privée, dans la partie apicale du cours d'eau ;
- Cesseran : station localisée quelques centaines de mètres en amont de sa confluence avec le Cusancin ;
- Source Lavenne : prélèvements effectués au niveau de la petite source au bout du chemin, une autre source au volume beaucoup plus important est localisée quelques centaines de mètres plus loin.

Les mesures réalisées ont concerné les paramètres physico-chimiques généraux, en particulier ceux relatifs à l'oxygénation du milieu (concentration et saturation en oxygène, COD, COT, DBO5, DCO), ainsi qu'à sa teneur en matières phosphorées (orthophosphates, phosphore total) et azotées (ammonium, nitrites, nitrates, azote Kjeldahl).

	Masse d'eau	code station étude	Code Agence de l'Eau	Commune														
					1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (Cond., [O2], %O2, pH, T°c)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE (COD, DB05, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute – EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées
Cusansin	33	Lavenne	Source_Lavenne_1	05033X0085/SCE	Baume-les-Dames	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	34	Cesseran	Cesseran_1	06438660	Pont-les-Moulins	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	35	La glaise noire	Source_GlaieNoire_1	05033X0080/SCE	Pont-les-Moulins	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36	Les narines du diable	Source_NarinesDiable_1	05033X0083/SCE	Pont-les-Moulins	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	37	Taverotte	Source_Fonteny_1	05034X0065/SCE	Guillon-les-Bains	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	38	La source sous montivernage	Montivernage_1	Incodifiable	Cusance	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	39	La source bleue	Source_Bleue_1	06438670	Cusance	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	La source noire	Source_Noire_1	06462570	Cusance	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	41	Le torrent des alloz	Source_Alloz_1	06462560	Cusance	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	42	Cusancin	Cusancin_1	06401180	Cusance	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	43	Cusancin	Cusancin_2	06462650	Cusance	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	44	Cusancin	Cusancin_3	06462700	Guillon-les-Bains	4	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	45	Cusancin	Cusancin_4	06438680	Guillon-les-Bains	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	46	Ru de Fonteny	Cusancin_5	06462740	Guillon-les-Bains	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	Cusancin	Cusancin_6	06438690	Pont-les-Moulins	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	48	Cusancin	Cusancin_7	06438710	Pont-les-Moulins	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 55. Programme des analyses prévues sur le BV du Cusancin (les chiffres indiquent le nombre de campagnes prévues pour chaque groupe de paramètres).



Carte 30. Vallée du Cusancin et localisation des 16 stations d'échantillonnage. En vert les recouvrement à dominante forestière, en jaune les secteurs à dominante agricole. La ligne rouge indique la limite du bassin versant du Cusancin.

2. Situations hydrologiques

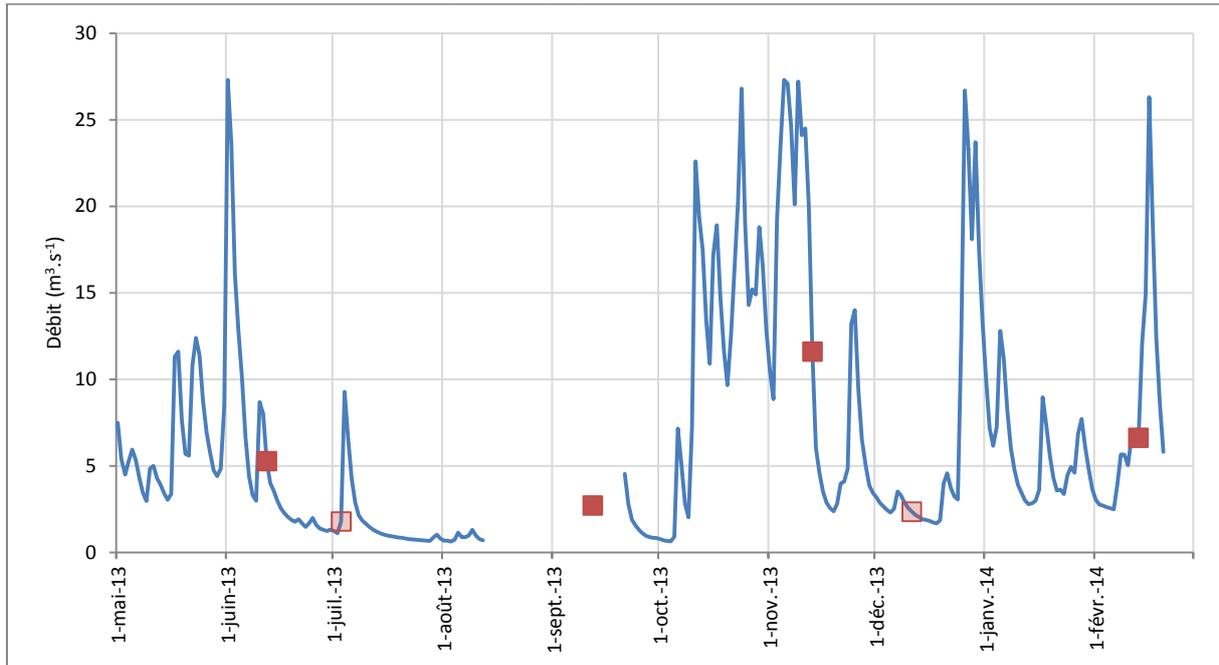


Figure 14. Débits quotidiens journaliers moyens mesurés au niveau de la station hydrométrique localisée sur le le Cusancin à Cusance (partie apicale du cours d'eau). Les points rouges indiquent les dates d'échantillonnage, le rouge clair ne concernant que les stations localisées sur les affluents.

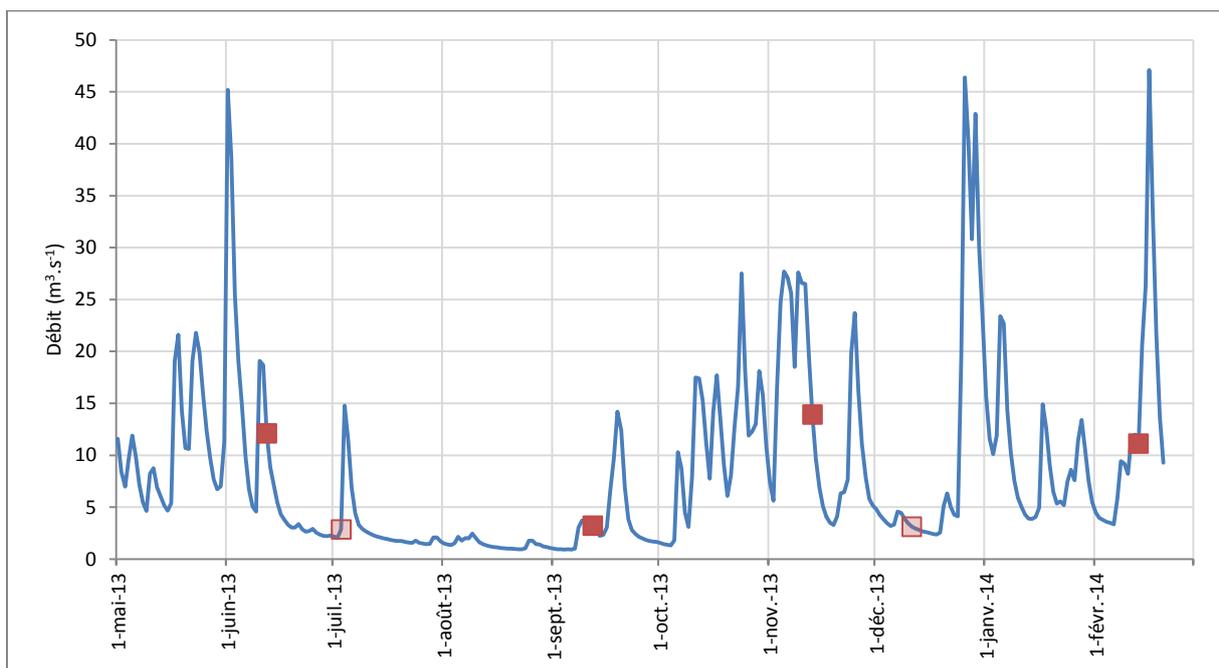


Figure 15. Débits quotidiens journaliers moyens mesurés au niveau de la station hydrométrique localisée sur le le Cusancin à Baume-les-Dames (partie distale du cours d'eau). Les points rouges indiquent les dates d'échantillonnage, le rouge clair ne concernant que les stations localisées sur les affluents.

Les deux profils hydrologiques sont similaires avec toutefois une accentuation des pics de débits correspondant aux hautes eaux automnales dans la partie apicale du Cusancin.

Les deux premières campagnes se sont déroulées en fin de période de hautes eaux printanières, la 1^{ère} étant en situation de moyennes eaux, la 2^{nde} après quelques jours de débit stabilisé. La 3^{ème} campagne d'échantillonnage correspond à une fin d'étiage estivale. Les deux suivantes ont eu lieu lors des hautes eaux automnales, la 4^{ème} étant en période de moyennes eaux, la 5^{ème} en relative basses eaux. La 6^{ème} et dernière campagne s'est déroulée lors de très fortes pluies ayant provoqué une brusque augmentation du débit et favorables à de forts lessivages des sols environnants.

B. Résultats

Code station étude	Source_Lav enne_1	Cesseran_1	Source_Gla ieNoire_1	Source_Nar inesDiable_1	Source_Fo nteny_1	Montiverna ge_1	Source_Ble ue_1	Source_Noi re_1	Source_All oz_1	Cusancin_1	Cusancin_2	Cusancin_3	Cusancin_4	Cusancin_5	Cusancin_6	Cusancin_7
Code Agence de l'Eau	05033X0085/SCE	06438660	05033X0007/S	05033X0083/SCE	05034X0014/S	05038X0094	06438670	06462570	06462560	06401180	06462650	06462700	06438680	06462740	06438690	06438710
Temp. Eau (°C)	12,0	12,0	11,3	10,9	11,1	13,8	11,5	10,5	11,0	10,6	10,6	10,8	10,6	10,8	10,7	11,0
pH	6,45	7,88	6,80	6,88	6,70	8,08	6,55	6,41	6,94	6,77	6,85	6,96	7,65	7,12	7,07	7,12
O2 (mg/l)	6,63	9,92	10,09	10,18	10,00	9,62	9,50	8,91	9,27	10,26	10,41	10,30	10,63	10,92	10,63	10,59
Saturation O2 (%)	60,4%	90,8%	92,5%	91,6%	94,5%	88,7%	84,0%	79,7%	81,0%	90,0%	92,7%	90,1%	95,3%	96,2%	95,8%	96,0%
Conductivité	803	703	701	682	787	627	732	708	725	722	718	719	720	719	717	713
MES (mg/l)	4,8	11,0	16,0	12,0	12,0	484,0	5,6	7,6	4,2	7,6	8,4	5,0	6,4	5,4	6,6	7,6
Ammonium (mg/l)	0,07	0,12	0,11	<0,05	<0,05	0,06	0,07	<0,05	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,23
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,02
Nitrates (mg/l)	18,1	13,9	16,2	9,8	18,9	8,0	15,1	15,3	13,6	15,3	15,0	15,1	15,2	16,2	14,8	15,4
NTK (mg/l)	<1	<1	<1	<1	<1	3,4	<1	9,8	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,0	<1
Phosphore total (mg/l)	0,045	0,05	0,06	0,05	0,04	0,48	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Orthophosphates (mg/l)	0,14	0,13	0,17	0,10	0,10	0,17	0,12	0,12	0,10	0,12	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12
COT (mg/l)	1,3	2,3	2,4	1,8	2,2	6,1	2,2	1,7	2,0	1,9	2,2	1,8	1,9	1,9	1,9	2,1
COD (mg/l)	1,3	2,3	2,2	1,8	2,2	3,3	2,2	1,5	2,0	1,9	2,2	1,8	1,9	1,9	1,9	2,1
DBO5 (mg/l)	0,7	1,6	1,2	1,2	1,0	1,4	1,0	0,9	1,0	1,2	1,2	1,3	2,8	1,2	1,2	0,9
DCO (mg/l)	<20	<20	<20	<20	<20	100	28	22	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

Tableau 56. Valeurs les plus déclassantes pour chacun des paramètres physico-chimiques mesurés au sein des stations du BV du Cusancin en 2013-2014. Codes couleurs correspondant aux classes de qualité tels que définies par l'AR du 25/01/2010 (paramètre en gris foncé) ou par défaut par le SEQ-Eau V2 (paramètres en gris clair).

1. Éléments azotés

Sur les 7 stations du Cusancin, les nitrates furent le seul paramètre déclassant parmi les éléments azotés considérés, à chaque fois lors de la campagne de la période estivale. Une exception cependant, au niveau de la station Cusancin_7 (la plus en aval), où à deux reprises l'ammonium fut également déclassant (2^{ème} et 4^{ème} campagnes).

Concernant les affluents, la situation est globalement similaire, bien que de fortes disparités aient été observées. Les nitrates furent très fréquemment déclassant au niveau de la source Lavenne (station n°33) et de la source Fonteny (station n°37) où la concentration a dépassé 18 mg.L⁻¹ dans chacune de ces deux stations.

Par ailleurs, de fortes concentrations en NTK ont été mesurées au niveau de la source sous Montivernage (station n°38 – pic à 3,4 mg.L⁻¹) et de la Source Noire (station n°40 – pic à 9,8 mg.L⁻¹). En revanche, les concentrations en NTK n'ont jamais dépassé 1mg.L⁻¹ au niveau du Cusancin, contrastant ainsi fortement avec la situation davantage altérée en 2011 (Eaux Continentales 2011). L'azote total Kjeldahl (NTK) est une appellation qui désigne la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. L'azote qui se retrouve sous forme oxydée, tel que les nitrites ou les nitrates par exemple, n'est pas mesuré par cette technique. Les composés azotés mesurés par cette méthode proviennent principalement de la dégradation bactérienne des composés organiques. L'industrie alimentaire, certains procédés de nettoyages industriels et l'épandage d'engrais et de fumier/lisier sont aussi des sources importantes d'azote organique dans l'environnement.

Enfin, parmi les 82 séries d'analyses effectuées en 2013-2014 sur ce bassin versant, aucune n'a mis en évidence une concentration en nitrites dépassant le seuil du « très bon état » selon le référentiel le plus exigeant pour ce paramètre, i.e. 0.03 mg.L⁻¹ pour AZOT du SEQ-Eau (V2). Ceci vient donc relativiser les apports de la vallée visible sur les nitrites comme indiqué lors de l'étiage 2011 (Eaux Continentales 2011).

En outre, aucun dépassement de seuil n'a été observé pour les matières azotées au niveau de la source des Narines du Diable.

2. Éléments phosphorés

Au niveau du Cusancin, les orthophosphates furent systématiquement déclassant en « bon état » lors de la campagne estivale (concentration > 0.1 mg.L⁻¹). Ce ne fut pas le cas du paramètre phosphore total.

Au niveau des affluents, aucun dépassement de seuil en matière phosphorée ne fut constaté au niveau des Narines du Diable (n°36) et de la Source Fonteny (n°37). À l'inverse, une concentration récurrente supérieure au seuil de très bonne qualité en orthophosphates (0.1 mg.L⁻¹) et phosphore total (0.05 mg.L⁻¹) fut observée au niveau de la source Glaie Noire (n°35) (ceci n'avait pas été le cas lors de l'échantillonnage de juillet 2010 par J. Paris). Au niveau de la source sous Montivernage (n°38), les teneurs en phosphore total furent les plus élevées (jusqu'à 0.48 mg.L⁻¹), déclassant ainsi la qualité pour ce paramètre en un niveau « moyen » selon le référentiel DCE.

3. Autres paramètres

Les valeurs mesurées en pH et température de l'eau ne furent pas limitantes.

Pour l'oxygénation de l'eau, les concentrations et saturations furent parfois légèrement moindres au niveau de la source Lavenne (n°33) et de la source Noire (n°40), et dans une moindre mesure du Torrent des Alloz (n°41). Dans les deux premiers cas, la proximité de la source est un facteur explicatif probable (faible oxygénation de l'eau souterraine). Dans le troisième cas, les très faibles débits sont également peu favorables à une bonne oxygénation de l'eau.

Les teneurs en MES furent parfois très élevées au niveau de la Source sous Montivernage (n°38). Ceci s'explique en très grande partie par la configuration du site (filet d'eau s'écoulant sur de la boue) induisant une mise en suspension de ces particules lors de l'échantillonnage. Par conséquent, ces valeurs ne doivent pas être considérées comme représentatives de l'état réel de cette eau de surface.

4. Référentiels DCE et SEQ-Eau

L'interprétation de ces résultats à la lumière des référentiels DCE et SEQ-Eau sont présentés dans les tableaux suivants. Ceci s'avère relativement peu discriminant dans un contexte de bonne qualité globale des eaux vis-à-vis des paramètres mesurés, les règles d'assouplissement venant encore davantage lisser les quelques variations. Ainsi seules les valeurs particulièrement élevées en NTK et MES sont mis en évidence par cette approche. Par conséquent, dans le cas présent, les classes d'état ne permettent pas une compréhension fine de l'état des lieux et de la dynamique des contaminations par les matières azotées et phosphorées.

		42	43	44	45	46	47	48	
		Cusancin_1	Cusancin_2	Cusancin_3	Cusancin_4	Cusancin_5	Cusancin_6	Cusancin_7	
Objectif d'état (année échéance bon état écologique)		2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	
AR 2010	Eléments biologiques	Equivalent-IBGN							
		IBD							
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Nutriments	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques							
Polluants spécifiques synthétiques									
ETAT ECOLOGIQUE									
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (dont NTK)	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	
	Nitrates	EMo	EMo	EMo	EMo	EMo	EMo	EMo	
	Effet des Proliférations Végétales								
	Métaux sur bryophytes								
	Métaux sur sédiments								
	Micropolluants sur sédiments								
	Minéralisation			TBE					
	MES	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	

Tableau 57. Interprétation des données brutes selon le référentiel DCE (Arrêté du 25 janvier 2010) et selon le SEQ-Eau (version 2) pour les 7 stations localisées le long du linéaire du Cusancin.

		33	34	35	36	37	38	39	40	41	
		Source_Lav enne_1	Cesseran_1	Source_Gla ieNoire_1	Source_Nar inesDiable_ 1	Source_Fo nteny_1	Montivern age_1	Source_Ble ue_1	Source_Noi re_1	Source_All oz_1	
Objectif d'état (année échéance bon état écologique)		2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	
AR 2010	Eléments biologiques	Equivalent-IBGN									
		IBD									
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE
		Nutriments	BE	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
		Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques									
Polluants spécifiques synthétiques											
ETAT ECOLOGIQUE											
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (dont NTK)	TBE	BE	BE	TBE	TBE	EMo	TBE	EMé	TBE	
	Nitrates	EMo	EMo	EMo	BE	EMo	BE	EMo	EMo	EMo	
	Effet des Proliférations Végétales										
	Métaux sur bryophytes										
	Métaux sur sédiments										
	Micropolluants sur sédiments										
	Minéralisation										
MES	BE	BE	BE	BE	BE	ME	BE	BE	BE		

Tableau 58. Interprétation des données brutes selon le référentiel DCE (Arrêté du 25 janvier 2010) et selon le SEQ-Eau (version 2) pour les 9 stations localisées sur les affluents du Cusancin.

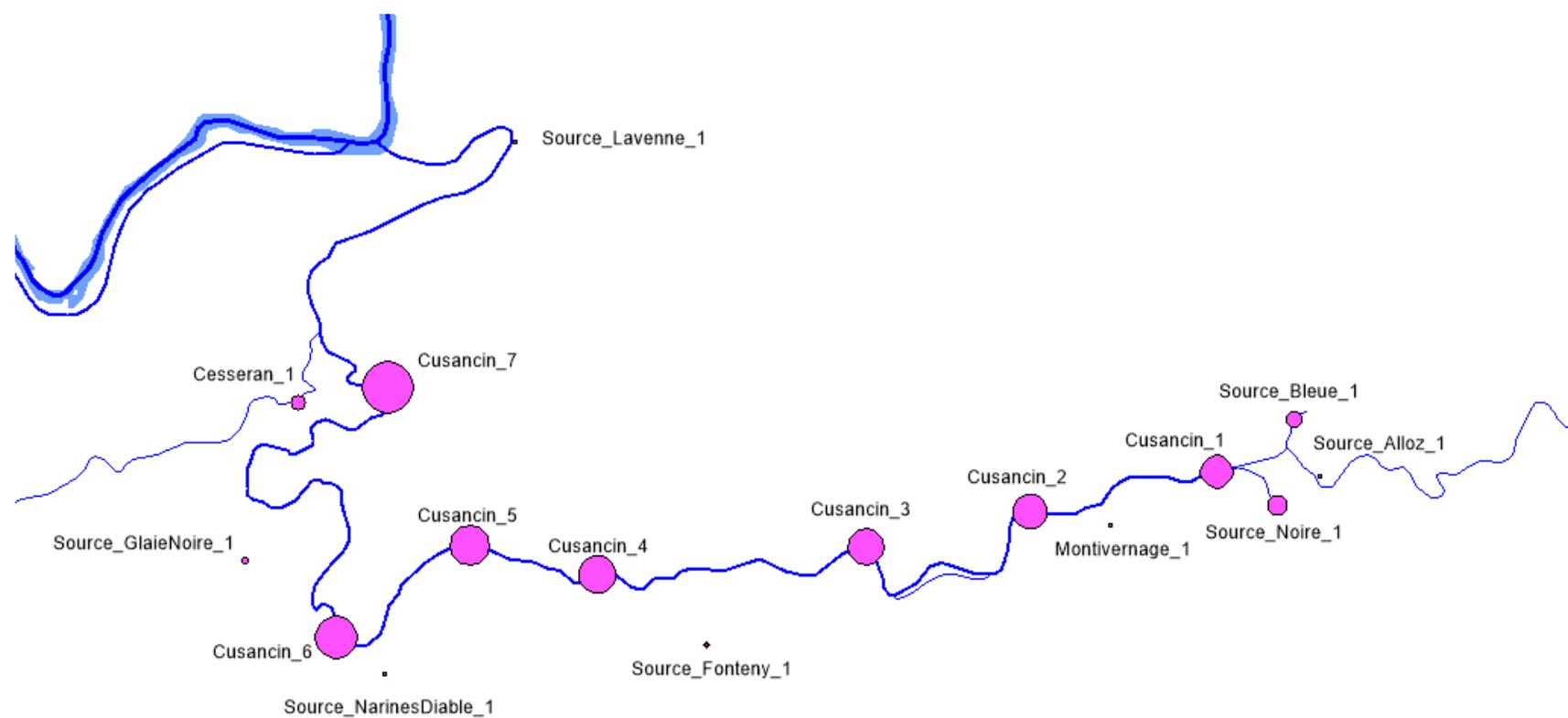
5. Analyse cartographique

Concernant les nitrates (carte 31), les flux mesurés au niveau des deux principales sources du Cusancin (Source Bleue et Source Noire) sont déjà non négligeables avec des concentrations très proches variant entre 7,3 et 15,3 mg.L⁻¹. La somme de ces deux flux correspond approximativement au flux mesuré au niveau de la station Cusancin_1. Le long du linéaire du Cusancin, ce flux en nitrates s'accroît régulièrement mais très progressivement entre les stations Cusancin_1 et Cusancin_6 (+ 28,5%), puis beaucoup plus rapidement entre les stations Cusancin_6 et Cusancin_7 (+ 24,5%). En termes de concentrations, les nitrates sont relativement uniformément répartis dans le bassin du Cusancin, avec une teneur maximum s'approchant généralement des 15 mg.L⁻¹. Les ruisseaux Source du Diable et ru sous Montivernage, aux bassins versants davantage forestiers, sont un peu moins atteints par cette pollution (carte 32).

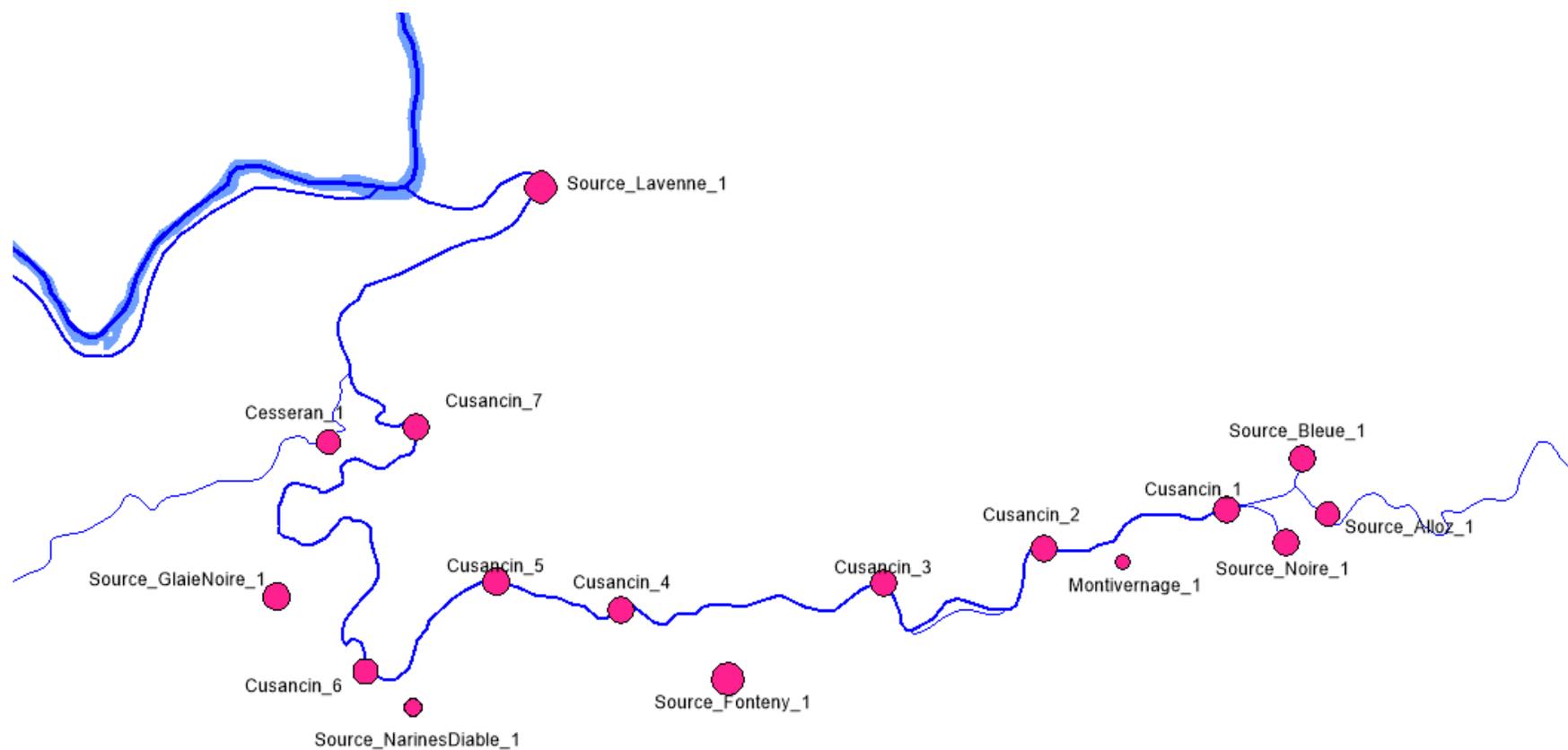
Ces observations suggèrent que la source de contamination en nitrates est diffuse, déjà présente dès les sources du Cusancin, et donc provient pour grande partie des plateaux environnants. Par ailleurs, un apport supplémentaire intervient dans la basse vallée (en aval de Pont les Moulins), où l'activité agricole se fait davantage présente (carte 30). Du fait de leur faibles débits, les petits affluents ne semblent contribuer que très modestement à cet enrichissement en nitrates, même là où les plus fortes concentrations ont été mesurées (Lavenne et Fonteny).

Les concentrations en nitrites n'ont jamais été déclassantes et celles de l'ammonium à de rares occasions déclassant en un « bon état ».

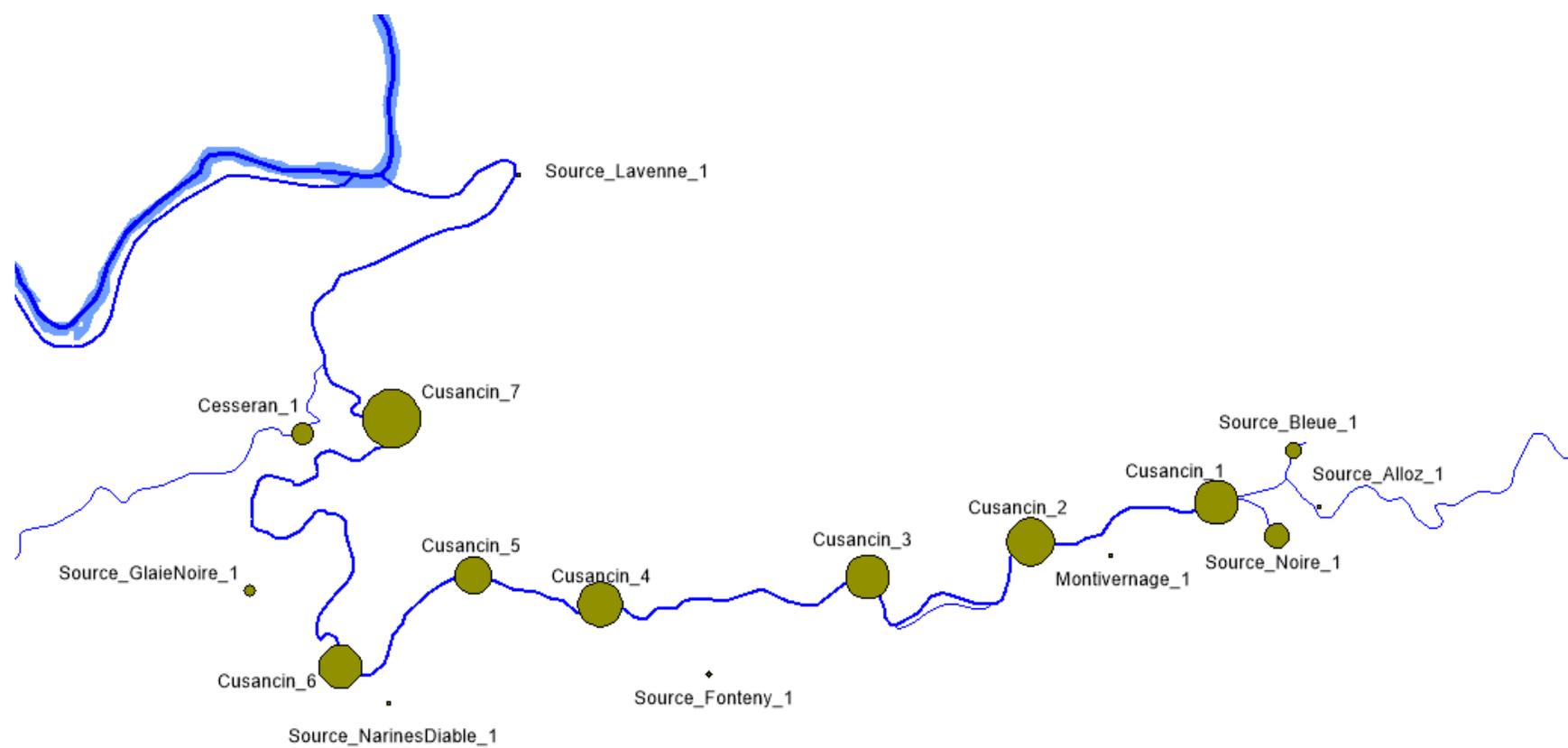
Concernant les orthophosphates (carte 33), la contamination intervient également dès les deux principales sources du Cusancin (Source Bleue et Source Noire). Le flux est ensuite relativement constant le long du linéaire jusqu'à la station Cusancin_6, puis augmente brusquement de 55,5% au niveau de Cusancin_7 (la concentration augmente également entre ces deux stations mais moins fortement). Ceci suggère donc fortement une contamination en orthophosphates au niveau de la commune de Pont-les-Moulins. Toutefois, en raisonnant en termes de concentrations, les teneurs restent globalement peu élevées, avec occasionnellement des augmentations de concentrations atteignant entre 0.10 et 0.17 mg.L⁻¹ synonyme d'un déclassement en « bon état » (ou le frôlant) selon le référentiel DCE (carte 34).



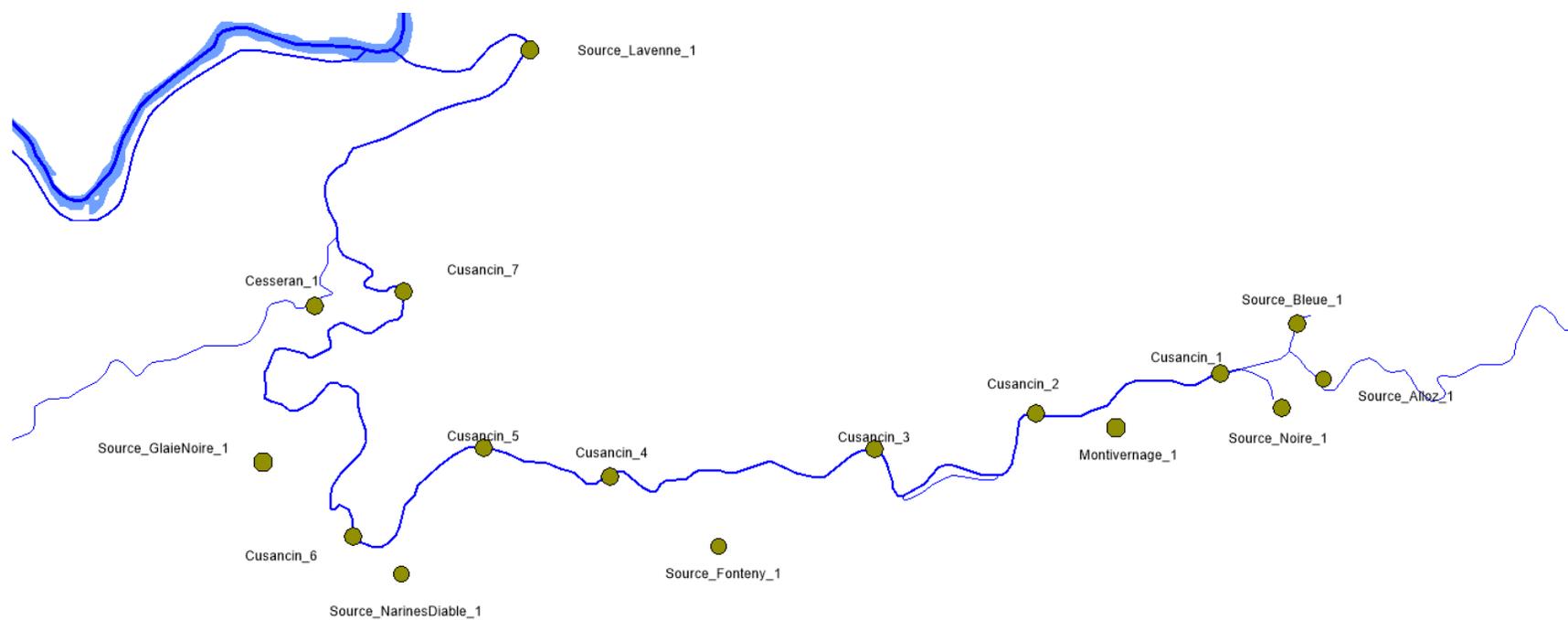
Carte 31. Flux en nitrates (maximum lors des campagnes 2013-2014). De moins de $0,016 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ à Montivernage_1 à $81,88 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ à Cusancin_7.



Carte 32. Concentrations en nitrates (maximum lors des campagnes 2013-2014). De 8.0 mg.L^{-1} à Montivernage_1 à 18.9 mg.s^{-1} à Source_Fonteny_1.



Carte 33. Flux en orthophosphates (maximum lors des campagnes 2013-2014). De moins de $0,001 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ à Montivernage_1 à $0,762 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ à Cusancin_7.



Carte 34. Concentrations en orthophosphates (maximum lors des campagnes 2013-2014). Concentrations comprises entre 0.10 et 0.17 mg.L⁻¹.

C. Conclusions et perspectives

Une **pollution chronique et diffuse en nitrates** est avérée et confirmée au niveau du bassin du Cusancin, ceci dès les sources de ce-dernier. Cette contamination est principalement originaire des plateaux environnants, elle s'accroît lentement le long du linéaire puis davantage significativement dans la basse vallée, vraisemblablement *via* une activité agricole plus présente.

Une « **contamination** » en **orthophosphates** est également observée, d'une ampleur relativement faible et principalement en période d'étiage. Elle est aussi présente dès les sources du Cusancin, donc pour partie originaire des plateaux environnants. Les flux sont relativement constants le long du linéaire jusqu'à la commune de Pont-les-Moulins, où un accroissement de ces-derniers (et dans une moindre mesure des concentrations) est constaté plus en aval. Les excès en ammonium mesurés à l'**aval de Pont-les-Moulins** viennent étayer l'hypothèse d'une pollution d'origine domestique dans ce secteur du Cusancin.

Néanmoins, bien qu'excessives par rapport à un milieu qui serait exempt de toute activité anthropique, ces concentrations en nitrates et orthophosphates ne peuvent expliquer à elles seules un dysfonctionnement macrobenthique relatif mais récurrent.

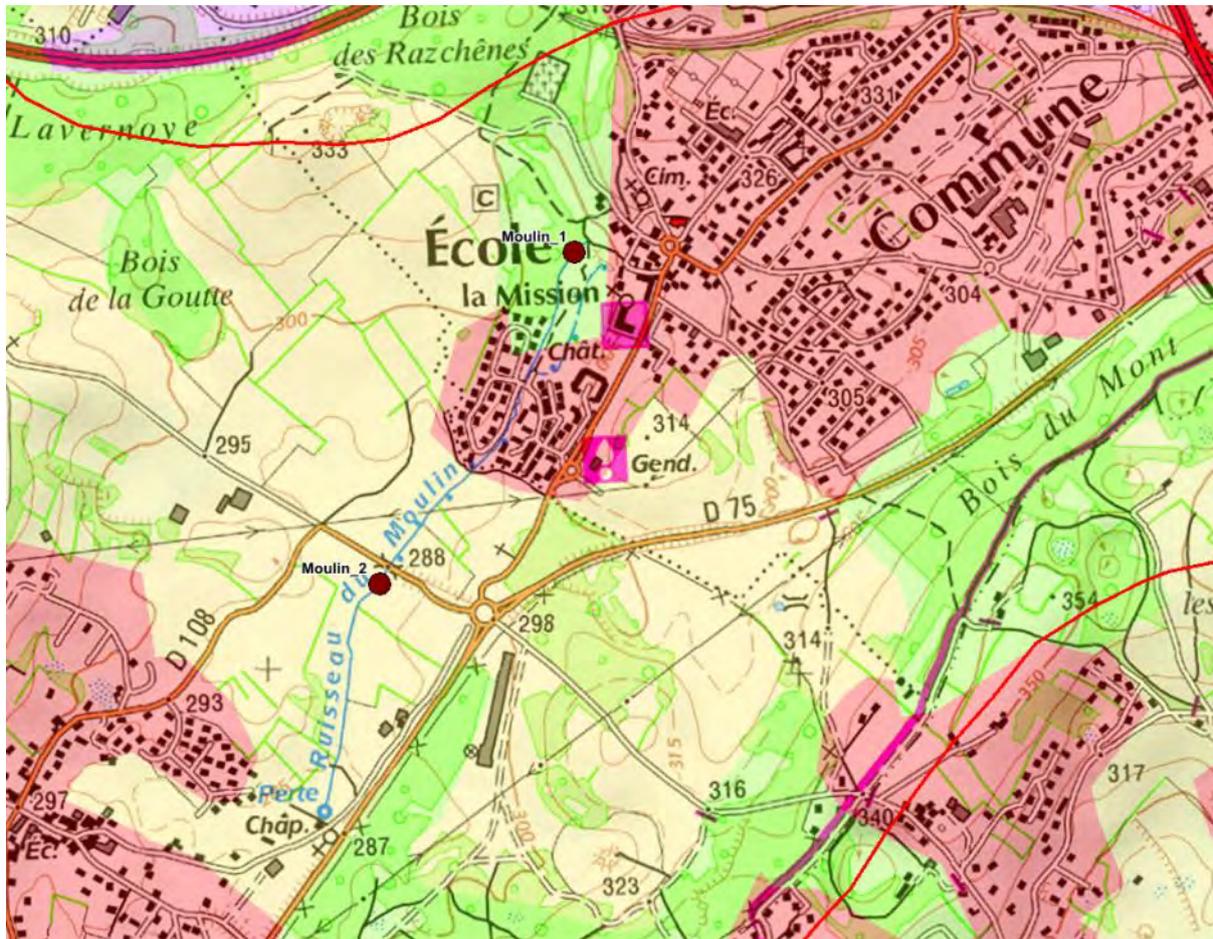
Contrairement à 2011 où une pollution chronique et diffuse en NTK était observée dans le Cusancin (Eaux Continentales 2011), seuls quelques pics ont été parfois constatés au niveau de certains affluents en 2013-2014, notamment au niveau de la source sous Montivernage et de la Source Noire (compte tenu de son débit, cette dernière est potentiellement la plus impactante pour la qualité du Cusancin). Des **apports massifs et transitoires en azote organique**, dont les épandages de fumier/lisier peuvent en constituer une source importante, sont donc vraisemblables dans les plateaux environnants. Or, si par leur caractère fugace ces pics de pollutions sont souvent délicats à identifier et mesurer, ils peuvent néanmoins engendrer des effets toxiques aigus, particulièrement dans des milieux déjà exposés de façon chronique à d'autres contaminants.

Parmi les sources concomitantes de contamination du milieu venant affaiblir les populations macrobenthiques et piscicoles en place, les micropolluants doivent être cités. En effet, ont été constatés d'une part des contaminations du sédiment de certains affluents par des pesticides (J. Paris 2010), et d'autre part la présence chronique de chlortoluron et trichlorobenzène dans l'eau ainsi que de HAP et de toluène dans le sédiment au niveau de la station de suivi RCS/RCO (n°06462950) localisée sur le Cusancin à Baume-les-Dames.

Enfin, outre la présence d'agent pathogène expliquant partiellement les brusques mortalités piscicoles dans le Cusancin, ainsi que l'existence d'effet perturbateur endocrinien n'ont *a priori* jamais été investigués dans ce secteur...

VI. Ruisseau du Moulin

A. Localisation et programme analytique



Carte 35. Localisation des stations Moulin_1 à École-Valentin (près de la source) et Moulin_2 à Pirey (en amont des pertes) sur le ruisseau du Moulin.

Les traçages des eaux souterraines (annexe 4) ont montré que le ruisseau du Moulin était l'exutoire d'infiltrations provenant notamment de la zone commerciale d'École-Valentin. Il s'agit donc d'un contexte essentiellement de rejets diffus d'origines industrielles et domestiques. La station Moulin_1 (photographies 1) a été implantée peu après la source du ruisseau.

La partie distale du ruisseau du Moulin est un secteur à eau intermittente dont le linéaire se termine dans un déversoir à orage près de la commune de Pirey. Ces pertes se dirigent essentiellement en direction du Doubs à Avanne (annexe 4). Les stations Moulin_1 et Moulin_2 sont distantes d'environ 800 mètres. La station Moulin_2 (photographies 2) a été implantée dans la partie aval du ruisseau disposant d'une eau relativement pérenne (moins intermittente que plus en val. Entre ces deux sites, le ruisseau a traversé un lotissement (quelques possibles rejets ont été observés lors du repérage des lieux) puis un environnement à dominante agricole (cultures) sur une longueur d'environ 250 mètres.



Photographie 1. Source du ruisseau du Moulin dans un lavoir (à gauche) et vue en direction de l'amont de la station Moulin_1 avec le lavoir en second plan (à gauche).



Photographie 2. Vues depuis la station Moulin_2 dans la partie distale avec eau pérenne : à gauche en direction de l'amont, à droite en direction de l'aval.

code station étude	1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (Cond, [O2], %O2, pH, T°c)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHIMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute - MINÉRALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute - MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute - EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute - PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments - MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées
Moulin_1	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	1	1
Moulin_2	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	0	0

Tableau 59. Investigations prévues dans les 2 stations du Ruisseau du Moulin.

B. Qualité physico-chimique

La qualité physico-chimique de l'eau de la station amont (tableau 60) se caractérise par une légère contamination en nitrates ainsi que par des variations de concentrations en ammonium et orthophosphates engendrant un déclassement en un « bon état » le groupe de paramètres nutriments selon le référentiel DCE (tableau 62).

Au niveau de la station aval (tableau 61), les excès de matières phosphorées et d'ammonium sont à la fois plus fréquents et plus intenses. Les teneurs en nitrates sont quant à elles similaires à celles mesurées au niveau de la source. Des rejets d'origine domestique sont donc fortement suspectés au niveau du lotissement traversé par le ruisseau entre les deux stations. Toutefois, l'application des valeurs seuils de l'AR du 25/01/2010 indique que la qualité physico-chimique de cette station aval conserve malgré tout le « bon état » observé au niveau du secteur apical (tableau 62).

BV	TCPE			
N° station étude	49			
Masse d'eau	Ruisseau du Moulin			
Code station étude	Moulin_1			
Code Agence de l'Eau	Incodifiable			
Commune	École Valentin			
Date	17-juin-13	16-sept.-13	18-nov.-13	20-févr.-14
Heure	18h00	8:10	13h55	12h20
Débit (m ³ /s)	0,005	0,008	0,010	0,027
Temp. Air	32	11	8	4
Temp. Eau	12,6	13,4	11,7	11,5
pH	7,31	7,19	7,36	7,13
O2 (mg/l)	9,89	8,88	10,13	8,32
Saturation O2 (%)	93,3	85,1%	94,1%	84,3%
Conductivité	1434	1164	1211	590
MES	16,0	7,0	3,4	8,8
Ammonium	0,06	0,05	<0,05	0,12
Nitrites	<0,02	0,03	<0,02	<0,02
Nitrates	5,7	8,2	8,9	8,4
Azote Kjeldahl	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,05	0,05	0,03	0,036
Orthophosphates	0,08	0,14	0,09	0,08
Carbone organique total - COT	2,3	2,2	0,8	1,2
Carbone organique dissous	2,2	2,0	0,8	1,0
DBO5 (mg/l)	0,8	0,6	0,6	0,8
DCO (mg/l)	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a	<1	<1	<1	<1
Phéopigments	<1	<1	<1	<1

Tableau 60. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014 au sein de la station Moulin_1. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

Par ailleurs, les conductivités très élevées mesurées au niveau des deux stations semblent indiquer la présence massive d'éléments dissous dans l'eau (non expliquées par le seul contexte hydrogéologique). Les fortes teneurs en chlorures y contribuent fortement, avec une concentration mesurée à 101 et 53 mg.L⁻¹ au niveau des stations Moulin_1 et Moulin_2, respectivement. Selon le

SEQ-Eau ces teneurs correspondent respectivement à un « état moyen » et un « bon état ». Outre l'origine naturelle de ces ions, les eaux de piscines peuvent fortement augmenter les teneurs en chlorures dans l'environnement (minéralisation mesurée en période estivale).

À noter également une tendance récurrente à une saturation en oxygène non optimale au niveau de chacune de ces deux stations.

BV	TCPE			
N° station étude	50			
Masse d'eau	Ruisseau du Moulin			
Code station étude	Moulin_2			
Code Agence de l'Eau	Incodifiable			
Commune	Pirey			
Date	17-juin-13	16-sept.-13	18-nov.-13	20-févr.-14
Heure	17h35	10:10	14h15	12h50
Débit (m ³ /s)	0,004	0,045	0,009	0,037
Temp. Air	32	11	6	5
Temp. Eau	15,8	14,3	10,6	11,5
pH	7,70	7,46	7,68	7,57
O2 (mg/l)	7,13	8,51	10,00	8,29
Saturation O2 (%)	72,7	82,9%	90,4%	83,7%
Conductivité	1495	601	1122	559
MES	11,0	36	15	10
Ammonium	0,30	0,46	<0,05	<0,05
Nitrites	0,05	0,05	0,02	<0,02
Nitrates	8,1	4,8	8,4	7,5
Azote Kjeldahl	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,09	0,11	0,04	0,026
Orthophosphates	0,17	0,19	0,10	0,07
Carbone organique total - COT	1,5	4,9	1,5	1,2
Carbone organique dissous	1,4	2,1	0,9	1,1
DBO5 (mg/l)	0,6	1,8	2,8	<0,5
DCO (mg/l)	<20	<20	<20	<20
Chlorophylle a	<1	<1	1	<1
Phéopigments	1	1	1	<1

Tableau 61. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014 au sein de la station Moulin_2. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

			49	50
			Moulin_1	Moulin_2
AR 2010	Éléments biologiques	Équivalent-IBGN	ME	
		IBD	BE	
	Paramètres physico-chimiques généraux	Bilan de l'oxygène	BE	BE
		Nutriments	BE	BE
		Température	TBE	TBE
		Acidification	TBE	TBE
	Polluants spécifiques	Polluants spécifiques non synthétiques		
		Polluants spécifiques synthétiques	TBE	BE
ETAT ECOLOGIQUE			ME	
Altérations SEQ-Eau	Matières azotées hors nitrates (NTK...)		BE	BE
	Nitrates		BE	BE
	Effet des Proliférations Végétales		TBE	TBE
	Métaux sur bryophytes			
	Métaux sur sédiments		EMo	EMé
	Micropolluants sur sédiments		EMé	EMo
	Minéralisation		EMo	BE
	MES		BE	EMo

Tableau 62. Interprétation des données brutes selon le référentiel DCE (arrêté du 25 janvier 2010) et le SEQ-Eau (V2).

C. Contamination par les pesticides

		2,6-dichlorobenzamide	AMPA	Diflufenican	DNOC (dinitrocrésol)	Fenpropidine	Flazasulfuron	Glyphosate	Imazamox	Métaldéhyde	Oxadiazon	Propiconazole	Terbutryne	Total pesticides	Nb pesticides
Campagne_1	Moulin_1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,094	ND	ND	ND	ND	0,094	1
	Moulin_2	0,005	0,244	ND	ND	ND	0,026	0,149	ND	ND	0,006	ND	ND	0,430	5
Campagne_2	Moulin_1	ND	0,179	0,009	ND	ND	ND	0,277	ND	0,092	ND	0,024	ND	0,581	5
	Moulin_2	ND	0,510	ND	0,035	0,011	ND	1,420	ND	0,091	0,008	0,021	0,446	2,542	8
Campagne_3	Moulin_1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0
	Moulin_2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0
Campagne_4	Moulin_1	ND	0,021	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,021	1
	Moulin_2	ND	0,029	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,029	1

Tableau 63. Concentrations ($\mu\text{g.L}^{-1}$) des pesticides détectés dans le ruisseau du Moulin (sur eau brute). Les codes couleurs correspondent aux classes de qualité définies dans l'AR du 25/01/2010 (substances en gris foncé), ou dans le SEQ-Eau (substances ou paramètre en gris clair).

13 pesticides différents ont été détectés en 2013-2014 dans l'eau du ruisseau du Moulin. Il s'agit de :

- 6 herbicides (diflufenican, flazasulfuron, glyphosate, imazamox, oxadiazon, terbutryne)
- 2 produits de dégradation d'herbicides (2,6-dichlorobenzamide issu du dichlobenil et AMPA du glyphosate)
- 2 fongicides (fenpropidine, propiconazole)
- 1 molluscicide (métaldéhyde)
- 1 agent à effet mixte (DNOC)

Le DNOC, acronyme de dinitro-ortho-crésol, est un herbicide sélectif utilisé pour les céréales, le houblon, les vignobles et les cultures fruitières (insecticide, acaricide, effet fongicide accessoire). Cette substance figure sur la liste de substances actives de produits phytopharmaceutiques interdites par l'Union européenne depuis février 1999. Il est particulièrement toxique et peut même être mortel pour l'homme si les doses ingérées sont importantes²³. Une CE50 (toxicité aigüe et à court termes) chez les daphnies a été mesurée à 13 $\mu\text{g.L}^{-1}$, ne permettant pas d'exclure que les concentrations présentement observées puissent causer d'éventuels effets toxiques chroniques sur des taxons non cibles davantage sensibles.

La VGE (Valeur Guide Environnementale) définie et validée en 2012 par l'INERIS pour le diflufenican en eau douce est de 0.010 $\mu\text{g.L}^{-1}$ avec une concentration maximale ne devant dépasser 0.045 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Étant donné le caractère ponctuel des mesures effectuées, on ne peut exclure un dépassement de ces seuils et donc l'induction d'une altération de l'écosystème aquatique par ce pesticide.

La VGE en eau douce du glyphosate est de 0.100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ avec toutefois une concentration maximale tolérante car ne devant dépasser 64 $\mu\text{g.L}^{-1}$. La concentration moyenne annuelle estimée au niveau de la station Moulin_2 étant comprise entre 0.392 à 0.402 $\mu\text{g.L}^{-1}$, un dysfonctionnement écologique chronique directement lié à la présence de cette substance est probable. La concentration moyenne en glyphosate dans la partie apicale du ruisseau, comprise entre 0.069 à 0.084 $\mu\text{g.L}^{-1}$, ne permet pas de confirmer ou d'infirmer une toxicité chronique directe similaire dans ce secteur.

5 substances différentes ont été décelées dans la partie apicale du ruisseau du Moulin avec une concentration totale pouvant dépasser les 0.5 $\mu\text{g/L}^{-1}$. Une seule campagne parmi les quatre réalisées n'a pas révélé la présence d'une contamination de l'eau par les pesticides dans cette station. Par conséquent, le ruisseau du Moulin est dès sa source contaminé de façon chronique et significative par des pesticides.

10 substances différentes ont été identifiées dans l'eau au niveau de la station Moulin_2 avec une concentration totale pouvant dépasser les 2,5 $\mu\text{g/L}^{-1}$. Une pollution supplémentaire s'ajoute donc à celle déjà observée au niveau de la source, en particulier *via* les herbicides suivants : glyphosate, oxadiazon, terbutryne. Un effet chronique engendré par ces substances sur le fonctionnement de l'écosystème aquatiques est très vraisemblable. Ce risque est d'autant plus prégnant que les modes d'actions de ces matières actives sont complémentaires et donc susceptibles d'engager des phénomènes de synergie liés à leurs présences concomitantes²⁴.

²³ Fiche toxicologique n°97 INRS. Edition 2004.

²⁴ Adam, O., et al. 2009. *Mixture toxicity assessment of wood preservative pesticides in the freshwater amphipod Gammarus pulex (L.)*. Ecotox. Environ. Saf., 72 (2), 441-449.

D. Contamination par les métaux lourds

	Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total/ (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Étain total (mg/kg MS)	Mercure total/ (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
Moulin_1	29,0	1,0	35,2	10,2	25,4	0,296	16,8	40,8	137,1
Moulin_2	39,7	1,6	49,1	18,8	<5,22	0,741	27,7	53,8	222,9

Tableau 64. Concentration en métaux lourds dans le sédiment. Classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau (V2).

Une multi-contamination du sédiment par les métaux lourds est avérée dès la source. Des concentrations déclassant en un « état moyen » sont ainsi constatées pour l'arsenic, le mercure, le plomb et le zinc. Une contamination non négligeable par de l'étain est aussi observée dans cette station (tableau 64).

À l'exception notable de l'étain non détecté à l'aval, cette contamination semble encore accrue en comparant avec les teneurs en métaux lourds mesurées plus en aval. Ainsi, en dehors du cuivre (bon état) et de l'étain (non évalué), les autres éléments métalliques présentent tous un « état moyen », voire un « état médiocre » pour l'arsenic (classe la plus basse en l'absence de niveau « mauvais état » pour ce type de contamination). Toutefois, il convient de rester prudent quant à cette interprétation, notamment en raison des variations analytiques liée à la variabilité micro-spatiale de la contamination du compartiment sédimentaire. Dans ce cadre, seule l'augmentation de la concentration en mercure paraît réellement significative.

	Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Mercure total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
PNEC_{SED} ou PNEC_{SOL} selon INERIS (µg.g⁻¹ de MS)	1,8	2,3	2,8	0,8	1,1	4,3	53,4	37
Moulin_1	16,1	0,4	12,6	12,8	0,3	3,9	0,8	3,7
Moulin_2	22,1	0,7	17,5	23,5	0,7	6,4	1,0	6,0

Tableau 65. Évaluation du risque environnemental (ratio concentration mesurée/ PNEC) lié à la contamination métallifère du sédiment. PNEC = Predicted No Effect Concentration dans le sédiment ou à défaut dans le sol. En rouge les ratios les plus élevés, en vert les ratio indicateurs d'un risque négligeable.

D'un point de vue environnemental, la mise en place d'une démarche d'évaluation du risque (tableau 65) indique que les principaux métaux lourds susceptibles d'impacter l'écosystème sont l'arsenic, le chrome et la cuivre. S'ajoutent dans un second plan les contaminations en nickel et zinc.

E. Contamination par les micropolluants

Une contamination par les HAP est constatée dès la partie apicale du ruisseau et confirmée au niveau de la station aval. Ce niveau de pollution est très élevée dès la source avec comme indicateur la somme du Benzo (a) pyrène et du Dibenzo (a,h) anthracène : respectivement 918 et 456 mg.kg⁻¹ MS au niveau de Moulin_1 et Moulin_2, i.e. des classes correspondant à un « état médiocre » (niveau le plus bas pour ce type de pollution), et « état moyen » d'après le SEQ-Eau.

code station étude	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Acénaphthène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	AMPA sur eau interstitielle (ng/l)	Glyphosate sur eau interstitielle (ng/l)	Diflufenican (Diflufenicanil)	2,2',4,4',5,5'-pentabromodiphényléther (BDE99)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)
Moulin_1	1210	626	326	705	445	661	159	45	987	213	1141	566	720	918	7804	ND	ND	31	ND	606
Moulin_2	653	381	166	338	233	352	52	ND	511	118	611	271	411	456	4097	33	23	ND	430	604

Tableau 66. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans le BV dans le ruisseau du Moulin en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Ces fortes concentrations sont impactantes pour l'environnement, au moins *via* des altérations indirectes de l'écosystème aquatique (exemple : comportement d'évitement par les gammarus et aselles des zones les plus polluées par les HAP²⁵). En outre, les HAP sont reconnus comme étant des agents perturbateurs endocriniens potentiels.

Des traces de pesticides déjà détectés dans l'eau sont aussi détectées dans le sédiment (glyphosate, AMPA, diflufenican). Par ailleurs, le phtalate DHEP a été mesuré au même niveau de concentration dans les deux stations : environ $605 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ MS}$. Il peut avoir de multiples origines étant une substance amplement ubiquiste. Bien que la concentration mesurée soit compatible avec la classe de « très bon état » définie par le référentiel SEQ-Eau (V2), les phtalates sont considérés comme étant de nature perturbatrice endocrinienne y compris à de faibles concentrations. En outre, le DEHP devrait être interdit pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission européenne) car considérée comme dangereuse.

Le retardateur de flamme BDE99 a été détecté uniquement au niveau de la station Moulin_2. Cette substance est rémanente dans le sédiment, bio-disponible pour les organismes vivants et bio-accumulable le long de la chaîne trophique. Il s'agit d'éléments perturbateurs endocriniens reconnus²⁶.

F. Analyse hydrobiologique

Avec un IBD et une IPS de 15,3/20, la communauté diatomique de la station Moulin_1 présente un « bon état » synonyme d'une perturbation modérée de l'environnement physico-chimique de l'eau. Ceci vient corroborer les analyses effectuées.

Le peuplement macrobenthique de cette station ne permet pas d'en évaluer la qualité de l'eau (équivalent-IBGN à 2/20, groupe indicateur de rang 2 – *Gammaridae*). En effet, ce peuplement est caractérisé par la présence de taxons fousseurs et/ou rapide recolonisateurs et/ou à respiration non branchiale, caractéristiques de secteurs avec des assècs intermittents. Bien que non observé pendant

²⁵ De Lange, H.J., Sperber, V., Peeters, E.T.H.M., 2006. Avoidance of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated sediments by the freshwater invertebrates *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. Environ. Toxicol. Chem. 25, 452-457.

²⁶ Expertise collective AFSSET INSERM, 2008: Cancer et environnement.

la durée de l'étude, il semblerait que la partie apicale du ruisseau du Moulin soit sujet à ce type de phénomène. Or, même très occasionnels, les effets de ces assèchements épisodiques sur la communauté macrobenthique sont d'autant plus drastiques que le bassin est isolé et donc les possibilités de recolonisation depuis le réseau hydrologique limitées.

À noter la présence probable d'écrevisses (*a priori* non autochtones) dans le secteur, mais qui demande à être confirmée par une prospection nocturne.

VII. Ruisseau de Buffard amont

A. Localisation et programme analytique



Carte 36. Vue aérienne du ruisseau de Buffard Nord (extrait de géoportail).



Photographie 3. Vue de la station Buffard-Amont peu après les travaux en direction de l'amont (à gauche) et de l'aval (à droite).

D'un linéaire d'environ 400 m de long à travers un secteur boisé puis de cultures en rive gauche et pâtures en rive droite, ce ruisseau prend sa source près du village. Il conflue avec un bras la Loue en amont de la confluence avec le ruisseau de Buffard_Nord.

De très petite taille (moins de 1 mètre de large), ce ruisseau inondait de façon récurrente le secteur où est localisée la station, vraisemblablement en raison d'un problème lié au busage du lit sous le pont. L'objectif était donc d'en acquérir une primo-connaissance avant d'éventuels travaux.

Toutefois, des travaux ont été effectués peu de temps avant la réalisation de la 1^{ère} campagne d'échantillonnage (traces d'engins visibles sur la photo de droite prise le 11 juin 2013) avec notamment un curage à la pelleuse du lit sur une distance de quelques dizaines de mètres.

Les fonds sont constitués quasi-exclusivement de vase avec une vitesse de courant et une hauteur d'eau uniformes.

code station étude	1 - PRELEVEMENTS ET MESURES IN SITU POUR ANALYSES PHYSICO-CIMIQUES (Cond, [O2], %O2, pH, T°c)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CIMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Pt)	2.12- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CIMIE DE BASE / rejet (DCO, NTK)	3.1 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION / Dureté (HCO3, TA, TAC, TH)	3.2 - Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (Cl, SO4, Ca, Mg, Na et K)	4 - Analyses sur eau brute – EUTROPHISATION	5 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	6 - Analyses sur bryophytes - METAUX	7 - Analyses sur sédiments - METAUX	8 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	9 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES	10.1 IBGN SELON LA NORME AFNOR	10.2 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	11 - Indice Biologique Diatomées
Buffard_Amt_1	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	0	0
Buffard_Avl_1	4	4	4	1	1	4	4	0	1	1	1	0	1	1

Tableau 67. Investigations prévues sur les deux ruisseaux de Buffard (les chiffres indiquent le nombre de campagnes par groupe de paramètres).

B. Qualité physico-chimique

Un déficit récurrent en saturation en oxygène est constaté dans ce milieu, vraisemblablement lié à la configuration morphologique non optimale du lit du cours d'eau et à sa dominante organique favorable à une sur-consommation en oxygène par la boucle microbienne.

Par ailleurs, la proximité de cultures est probablement à l'origine d'un excès chronique en nitrates. Les concentrations non optimales en matières phosphorées et ammonium peuvent également trouver leur source dans des rejets domestiques dans la partie apicale du cours d'eau.

Malgré tous ces dysfonctionnements, l'application du référentiel DCE permet à cette station de conserver un « bon état » physico-chimique.

BV	TCPE			
N° station étude	51			
Masse d'eau	Ruisseau du Buffard Amont			
Code station étude	Buffard_Amt_1			
Code Agence de l'Eau	Incodifiable			
Commune	Buffard			
Date	11-juin-13	1-oct.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	14h18	15:30	11h35	13h05
Débit (m ³ /s)	0,091	0,028	0,018	0,398
Temp. Air	23	20	8	9
Temp. Eau	12,1	13,1	11,7	11,1
pH	6,94	7,03	6,81	6,88
O2 (mg/l)	9,46	7,20	8,42	8,69
Saturation O2 (%)	89,2	68,1%	77,9%	78,8%
Conductivité	747	854	855	406
MES (mg/l)	4,0	8,4	4,4	13
Ammonium (mg/l)	0,24	0,17	0,25	<0,05
Nitrites (mg/l)	0,08	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	8,0	9,2	7,0	3,2
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,17	0,11	0,078	0,027
Orthophosphates (mg/l)	0,31	0,25	0,24	0,04
COT (mg/l)	4,5	2,3	1,1	1,2
COD (mg/l)	2,1	2,3	0,9	1,1
DBO5 (mg/l)	1,6	0,6	1,0	<0,5
DCO (mg/l)	22	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	1	<1	<1	<1
Phéopigments (µg/l)	2	<1	<1	<1

Tableau 68. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014 au sein de la station Buffard_Amont. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

C. Contamination par les pesticides

Quatre substances ont été détectées dans l'eau, chacune à une seule reprise (lors de la 2^{nde} campagne en basses eaux) :

- Aminotriazole à 0.110 µg.L⁻¹ : herbicide qui, d'un point de vue écotoxicologique classique, possède une VGE de 0.080 µg.L⁻¹ avec un maximum toléré à 0.150 µg.L⁻¹. La concentration maximum n'est donc pas atteinte et la concentration moyenne annuelle, comprise entre 0.027 et 0.035 µg.L⁻¹ ne permet pas de conclure à un effet toxique direct de cette molécule sur le fonctionnement écologique de la station. Toutefois, cette molécule est classée comme perturbateur endocrinien de catégorie 1 (substances dont les effets sur la reproduction sont avérés) et donc avec un effet inducteur possible dès l'état de trace.
- Métaldéhyde à 0.077 µg.L⁻¹ : molluscicide utilisé pour lutter essentiellement contre les limaces. Cette substance est particulièrement toxique pour les animaux domestiques (chats, chiens) et sauvages (notamment le hérisson qui en avalant les limaces empoisonnées) ainsi que pour l'homme. Sa toxicité pour les organismes aquatiques est assez mal connue, on peut toutefois noter une LC50_{4j} (concentration tuant 50% des individus après 4 jours d'exposition) à 7 300 µg.L⁻¹ pour la truite arc-en-ciel selon une étude de l'EPA (*Environmental Protection*

Agency, Agence américaine de protection de l'environnement). Certaines bases de données écotoxicologiques font état d'une PNEC à 750 µg.L⁻¹ pour cette substance.

- Perméthrine à 0.011 µg.L⁻¹ : insecticide de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse qui sont dangereux pour l'environnement, aquatique notamment, et les animaux à sang froid. Les excipients utilisés en facilite l'absorption. Substance classée comme cancérigène possible et perturbateur endocrinien possible. La plupart des molécules de cette famille ont une PNEC de l'ordre du nanogramme par litre. La concentration mesurée étant plus de 10 fois supérieure à ce seuil, un impact direct de cette molécule sur la faune macrobenthique est donc très probable.
- Chlortoluron à 0.041 µg.L⁻¹ : herbicide classé comme polluant spécifique synthétique par l'AR du 25/01/2010. Sa NQE a été fixée à 5 µg.L⁻¹ (seuil réglementaire) mais sa PNEC est de 0.1 µg.L⁻¹ (seuil d'effet). Un effet direct du chlortoluron sur l'écosystème ne peut donc pas être prouvé dans le cas présent, bien que celui-ci participe au bruit de fond.

Considérant les modes d'actions très différents et la nature disparate des cibles visées par ces pesticides, un effet synergique n'est pas à exclure. Ceci est même vraisemblable car déjà prouvé entre un pyréthrinoïde et un triazolé²⁷ (familles de pesticides présentement présent en mélange).

D. Contamination par les métaux lourds

	Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Mercuré total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
PNEC_{SED} ou PNEC_{SOL} selon INERIS (µg.g⁻¹ de MS)	1,8	2,3	2,8	0,8	1,1	4,3	53,4	37
Concentrations mesurées (mg.kg-1)	9,8	1,0	33,7	88,6	0,155	24,9	43,0	242,6
Ratio concentration / PNEC	5,4	0,4	12,0	110,8	0,1	5,8	0,8	6,6

Tableau 69. Concentration en métaux lourds dans le sédiment et classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau (V2). Ligne du bas : évaluation du risque (ration concentration / PNEC) avec en rouge les niveaux de risques les plus élevés.

Si une multi-contamination du sédiment par les métaux lourds est avérée, il apparaît de façon très nette que le cuivre est l'élément qui présente un risque très élevé de perturbation environnementale. En effet, pour ne pas induire d'altération écologique, sa concentration sédimentaire devrait plus de 100 fois moins élevée qu'elle ne l'est à ce jour. En outre, à l'effet direct du cuivre s'ajoutent les risques engendrés par le mélange d'arsenic, chrome, nickel et zinc...

²⁷ Adam, O., et al., 2009. Mixture toxicity assessment of wood preservative pesticides in the freshwater amphipod *Gammarus pulex* (L.). *Ecotox. Environ. Saf.*, 72 (2), 441-449.

E. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Chrysène	Dibenzo (a,h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Glyphosate sur eau interstitielle (ng/l)	2,2',4,4',5- pentabromodiphényléther (BDE99)	2,2',4,4',6- pentabromodiphényléther (BDE100)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)	EDTA
Ruisseau du Buffard Amont	1730	1451	659	1409	938	1913	96	1554	480	1781	595	1190	1889	13796	44	1800	370	4349	104

Tableau 70. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans le ruisseau de Buffard amont en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Outre la présence de traces de glyphosate (herbicide) dans l'eau interstitielle, une multi-contamination du sédiment par les micropolluants est observée :

- HAP : une très forte pollution par ces substances est constatée dans ce cours d'eau. La somme du Benzo (a) pyrène et du Dibenzo (a,h) anthracène est ainsi de $1889 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ MS}$, ce qui correspond à un « état médiocre », niveau le plus déclassant pour ce paramètre d'après le SEQ-Eau (absence de « mauvais état »). Ces fortes concentrations sont directement et indirectement impactantes pour le fonctionnement de l'écosystème aquatique. En outre, les HAP sont reconnus comme étant des agents perturbateurs endocriniens potentiels.
- BDE99 et BDE100 (à 1800 et $370 \text{ mg.Kg}^{-1} \text{ MS}$) : les PBDE (pentabromodiphényléthers) constituent une famille de substances largement utilisés en tant que retardateurs de flamme et incorporés dans certains produits de consommation. Sa formulation commerciale est constituée d'un mélange de congénères est le BDE99 en est un des principaux. Cette substance est rémanente dans le sédiment, bio-disponible pour les organismes vivants et bio-accumulable le long de la chaîne trophique. Ils sont très fortement suspectés d'être de puissants perturbateurs endocriniens.
- DHEP ($4349 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ MS}$) : bien que les concentrations mesurées de ce phtalate soient élevées, elles ne sont pas déclassantes selon le SEQ-Eau. Il faut néanmoins souligner que cette molécule devrait être interdite pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission Européenne) car considérée comme substance dangereuse. Par ailleurs, on rappelle le caractère perturbateur endocrinien de ces substances, avec par conséquent de possibles effets inducteurs y compris à de très faibles concentrations.
- EDTA (à $104 \text{ mg.Kg}^{-1} \text{ MS}$) : il s'agit d'une substance qui complexe les métaux lourds et qui, complexée, peut se fixer dans un organisme. L'EDTA est difficilement biodégradable et n'est pas éliminé par les stations d'épuration. En outre cette substance n'est pas retenue par les filtres à charbon actif, et à ce titre est susceptible de contaminer l'eau potable. Il a de multiples origines. Par exemple, en agronomie, l'EDTA est un chélateur capable de faire

rentrer certains éléments nutritifs dans la plante, et un ajout d'EDTA dans un sol permet de lutter contre les carences en oligo-éléments.

VIII. Ruisseau de Buffard Nord

A. Localisation



Carte 37. Vue aérienne du ruisseau de Buffard Nord (extrait de géoportail).



Photographie 4. Vue de la station Buffard-Nord en période de basses eaux (à gauche) et hautes eaux (à droite).

D'un linéaire d'environ 350 m de long à travers des pâtures, ce ruisseau prend sa source dans un plan d'eau au niveau du village. Il conflue avec un bras de la Loue à limite départementale entre le Doubs et le Jura. L'objectif est d'y acquérir une primo-connaissance de la qualité de ce milieu.

Il est bordé sur toute sa longueur d'une ripisylve relativement déconnecté en raison de l'incision du lit. Globalement le cours d'eau montre une contrainte morphologique marquée avec par exemple une homogénéisation relative des hauteurs d'eau et vitesses de courant.

B. Qualité physico-chimique

BV	TCPE			
N° station étude	52			
Masse d'eau	Ruisseau de Buffard Nord			
Code station étude	Buffard_Avl_1 ou Buffard_Nord			
Code Agence de l'Eau	Incodifiable			
Commune	Buffard			
Date	11-juin-13	1-oct.-13	14-nov.-13	17-févr.-14
Heure	14h54	16:10	12h08	13h40
Débit (m ³ /s)	0,021	0,060	0,153	0,398
Temp. Air	26	20	10	9
Temp. Eau	13,2	13,7	11,2	11,1
pH	6,96	7,18	6,93	6,88
O2 (mg/l)	6,83	8,02	10,29	8,69
Saturation O2 (%)	65,1	78,0%	93,8%	78,8%
Conductivité	805	784	777	406
MES (mg/l)	48,0	9,0	<2,0	13
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,18	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	3,5	5,2	3,2	3,2
Azote Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	<1
Phosphore total (mg/l)	0,06	0,03	0,01	0,027
Orthophosphates (mg/l)	0,07	0,07	0,03	0,04
COT (mg/l)	2,0	1,6	0,7	1,2
COD (mg/l)	1,2	1,6	0,7	1,1
DBO5 (mg/l)	1,0	0,5	0,9	<0,5
DCO (mg/l)	21	<20	<20	<20
Chlorophylle a (µg/l)	1	<1	<1	<1
Phéopigments (µg/l)	1	<1	<1	<1

Tableau 71. Mesures physico-chimiques réalisées en 2013-2014 au sein de la station Buffard_Nord. Codes couleurs correspondant au référentiel DCE (cases grisées), ou à défaut au référentiel SEQ-Eau (V2). Les nitrates ont été interprétés selon le SEQ-Eau.

La qualité physico-chimique de ce ruisseau se caractérise par un déficit récurrent en saturation en oxygène couplé à une teneur occasionnellement élevée en matières en suspension (liée à la présence de l'étang au niveau de la source ?). Par ailleurs, si une légère pollution par les nitrates de nature chronique est constatée, les augmentations de concentrations en ammonium et phosphore total sont plus épisodiques. Globalement, la qualité physico-chimique de cette station présente un « bon état » selon le référentiel DCE.

C. Contamination par les pesticides

Trois substances ont été détectées dans l'eau, chacune à une seule reprise :

- Fosetyl d'aluminium à $0.028 \mu\text{g.L}^{-1}$: fongicide dont la PNEC est basée sur la CE50 issue d'une étude des effets chez l'algue, à laquelle est appliqué un facteur de sécurité de 10 (PNEC fosétyl-aluminium = $590 \mu\text{g.L}^{-1}$). La concentration mesurée est donc *a priori* sans risque direct pour l'environnement.
- Métolachlor à $0.047 \mu\text{g.L}^{-1}$: herbicide organochloré interdit en France depuis 2003, ayant été remplacé par un produit très proche, le S-métolachlor, d'où une possible confusion lors des analyses chimiques (il faut différencier les deux types d'énantiomères). Le métolachlor a été le désherbant le plus populaire pour le maïs aux États-Unis jusqu'au début des années 2000. À la différence du glyphosate, il n'est normalement pas utilisé en jardinage urbain ou dans les espaces publics. Il est classé par l'INERIS comme très dangereux (score DANGER de 20/20) et problématique quant à son devenir environnemental (score TRANSFERT de 17.5/20). Bien que destiné à être particulièrement actif dans le règne végétal (les algues sont à ce titre les premières espèces non cibles impactées), les bases de données écotoxicologiques indiquent que les populations de crustacés soient également altérées à de très faibles concentrations de cette molécule. En outre, le métolachlor est considéré par l'USGS (*United States Geological Survey*) comme un perturbateur endocrinien potentiel, pour la faune sauvage ou domestique dans le milieu naturel, pour l'homme, *via* l'eau potable ou l'inhalation, ou l'ingestion en tant que résidu de pesticides.
- Biphényle à $0.007 \mu\text{g.L}^{-1}$: le biphényle est un fongicide utilisé comme conservateur sur les peaux des agrumes pour empêcher la croissance des moisissures. Il est également employé comme biocide et pour la fabrication de médicaments et de PCB. La Valeur Guide Environnementale de sa concentration moyenne est fixée en 2013 par l'INERIS à $1,126 \mu\text{g.L}^{-1}$. La concentration mesurée est donc *a priori* sans risque direct pour l'environnement. Néanmoins, cette substance est susceptible de s'accumuler le long de la chaîne alimentaire et elle est classée comme perturbateur endocrinien de catégorie 3a (effets suspectés mais manque de données pour être scientifiquement prouvé).

D. Contamination par les métaux lourds

	Arsenic total (mg/kg MS)	Cadmium total (mg/kg MS)	Chrome total (mg/kg MS)	Cuivre total (mg/kg MS)	Mercurie total (mg/kg MS)	Nickel total (mg/kg MS)	Plomb total (mg/kg MS)	Zinc total (mg/kg MS)
PNEC_{SED} ou PNEC_{SOL} selon INERIS ($\mu\text{g.g}^{-1}$ de MS)	1,8	2,3	2,8	0,8	1,1	4,3	53,4	37
Concentrations mesurées (mg.kg-1)	9,1	0,5	22,5	<10,7	0,048	18,2	14,5	71,3
Ratio concentration / PNEC	5,1	0,2	8,0	?	0,0	4,2	0,3	1,9

Tableau 72. Concentration en métaux lourds dans le sédiment et classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau (V2).
Ligne du bas : évaluation du risque (ration concentration / PNEC) avec en rouge les niveaux de risques les plus élevés.

Une multi-contamination du sédiment par les métaux lourds est avérée mais à un niveau de concentration moyen relativement modéré. Les risques environnementaux sont essentiellement engendrés par le nickel, le zinc, l'arsenic et le cadmium. Néanmoins en l'absence de PNEC établi pour

le compartiment sédimentaire pour 3 de ces 4 substances, seul le risque engendré par le zinc est réellement confirmé.

E. Contamination par les micropolluants

Masse d'eau	Fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène	Benzo (ghi) pérylène	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	Anthracène	Acénaphthène	Chrysène	Dibenzo (a, h) anthracène	Pyrène	Phénanthrène	Benzo (a) anthracène	HAP Somme (2)	HAP Somme (14)	Bis (2-éthyl hexyl) phtalate (DHEP)
Ruisseau du Buffard Nord	989	336	147	323	146	304	387	177	560	94	822	1229	439	417	5953	99

Tableau 73. Concentrations dans le sédiment ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) des micropolluants qui ont été détectés dans le ruisseau de Buffard Nord en 2013 (classes de qualité selon le SEQ-Eau-V2).

Une forte contamination par les HAP est constatée comme l'indique le calcul de la somme du Benzo (a) pyrène et du Dibenzo (a,h) anthracène : $417 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ MS}$, ce qui correspond à un « état moyen » d'après le SEQ-Eau. Ces fortes concentrations sont impactantes pour l'environnement, au moins *via* des altérations indirectes de l'écosystème aquatique (exemple : comportement d'évitement par les gammarus et aselles des zones les plus polluées par les HAP²⁸). En outre, les HAP sont reconnus comme étant des agents perturbateurs endocriniens potentiels.

À noter également la détection d'une contamination par le phtalate DHEP. Cette famille de molécules est considérée comme étant de nature perturbatrice endocrinienne y compris à de faibles concentrations. En outre, le DEHP devrait être interdit pour tout usage à partir de 2015 (sauf autorisation spécifique délivrée au cas par cas par la Commission européenne) car considérée comme dangereuse.

Contrairement aux effets toxicologiques classiques où l'effet dépend de la concentration, dans le cadre d'une perturbation endocrinienne (engendrée par les HAP et les phtalates dans le cas présent), il s'agit le plus souvent d'effets inducteurs qui peuvent être engendrés à des teneurs très faibles.

F. Analyse hydrobiologique

La qualité physico-chimique de l'eau semble modérément altérée les communautés macrobenthiques au regard du groupe indicateur de rang 7 pour l'équivalent-IBGN et du positionnement de la communauté diatomique au niveau d'un préférendum située au niveau de la classe 5/9 (tableau 74). Outre les quelques excès en nutriments, les déficits d'oxygénation du milieu contribuent certainement fortement à cette altération des communautés biologiques.

²⁸ De Lange, H.J., Sperber, V., Peeters, E.T.H.M., 2006. Avoidance of polycyclic aromatic hydrocarbon contaminated sediments by the freshwater invertebrates *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. Environ. Toxicol. Chem. 25, 452-457.

Par ailleurs l'approche SPEAR indique que la communauté macrobenthique est impactée par la présence de pesticides avec environ seulement 25% de taxons dits sensibles à ces substances (figure 16). Cet impact tend à être sous-évalué par la seule prise en compte de l'équivalent-IBGN.

N° étude station	52
Code étude station	Buffard_Avl_1 ou Buffard Nord
HER 1	Jura - Pré-Alpes du Nord
HER 2	Jura nord
Type CEMAGREF	TP5
Equivalent-IBGN (/20)	12
Classe variété type IBGN	6
Groupe indicateur	7 - <i>Goeridae</i>
Robustesse négative (/20)	11
Classe variété type IBGN	6
Groupe indicateur	6 - <i>Sericostomatidae</i>
Robustesse positive (/20)	12
Classe variété type IBGN	6
Groupe indicateur	7 - <i>Goeridae</i>
Variété générique (3 phases)	27
IBD (/20)	15,5
IPS (/20)	13,7
Taxon dominant	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot var. <i>trivialis</i>

Tableau 74. Données hydrobiologiques de 2013 au niveau de la station Buffard_Nord.

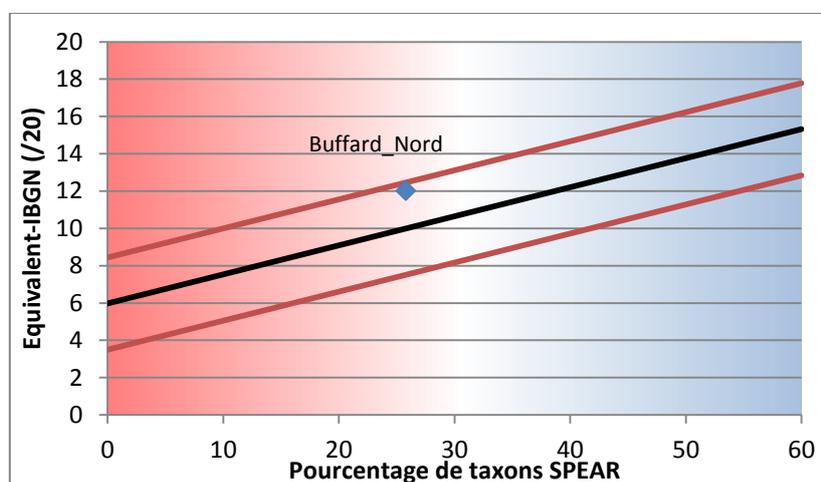


Figure 16. Projection de la station Buffard_Nord en fonction de la note équivalent-IBGN et du pourcentage de taxons SPEAR. Les droites représentent la régression obtenues entre ces deux types de données à partir du relevé récent de 69 listes faunistiques. Les lignes rouges représentent l'erreur-type liée à cette droite de régression.

ANNEXES

Dans le rapport annexe figurent :

Annexe 1

Détail des analyses programmées lors des 4 bons de commande

Annexe 2

Détail des résultats analytiques (données brutes)

Annexe 3

Les relevés hydrobiologiques (description + liste faunistiques et floristiques)

Annexe 4

La cartographie des traçages des eaux souterraines du Ruisseau du Moulin