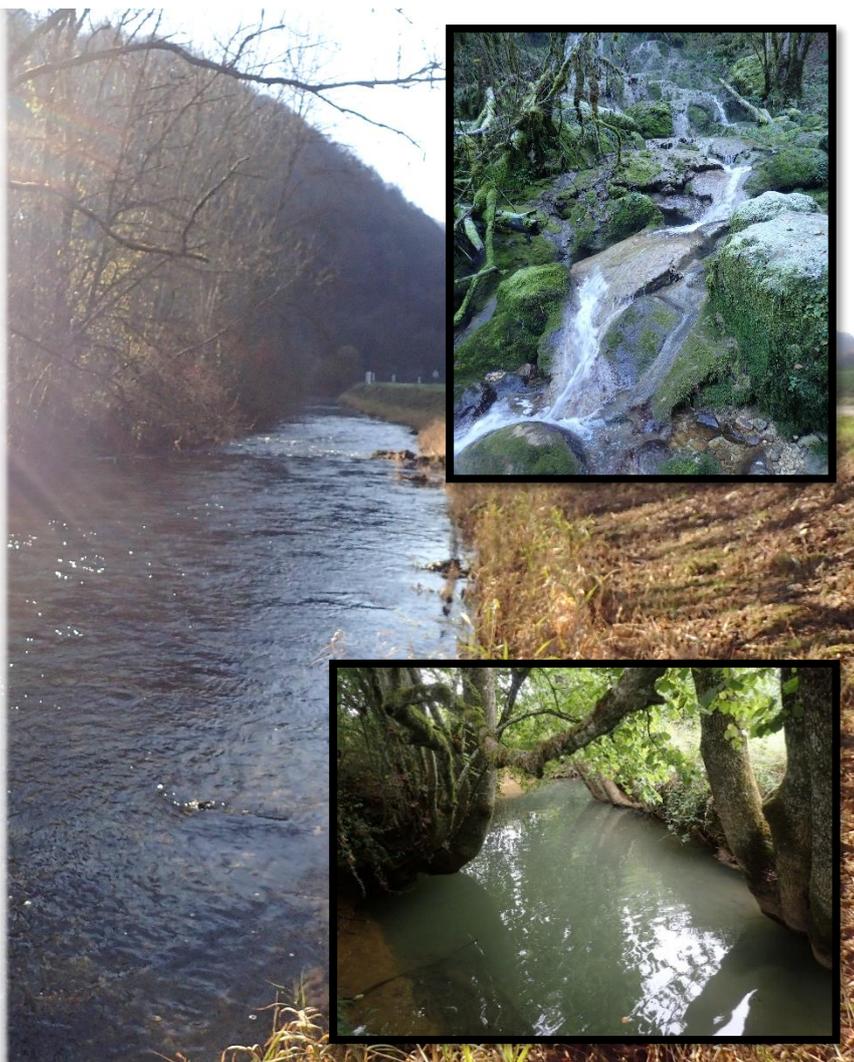


Suivi de la qualité des milieux aquatiques du département du Doubs

CD Eau Environnement

2020



Cusancin, cascade du Tabourot et Crenu (CD Eau Environnement, 2020)

- Réseau patrimonial (10 stations) : Loue, Brème, Lison, Dessoubre, Drugeon et Cusancin
- **Focus sur la partie apicale du BV Dessoubre** : de sa source à la confluence avec la Réverotte (17 stations).
- **Approche assainissement** (10 stations) : ru du Breuil, ru du moulin de Chazoy, Crenu, ru de Soye et Barbèche.



Table des matières

Préambule	4
PARTIE 1 – Réseau patrimonial	7
I. Le Dugeon	10
A. Localisation	10
B. Contexte hydrologique	13
C. État écologique DCE	14
D. Pression organique	17
E. Trophie	18
1. Matières phosphorées	18
1. Matières azotées	19
F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds	20
G. Hydrobiologie	23
1. Diatomées	23
2. Macro-invertébrés	24
3. Poissons	28
H. Conclusion	29
II. Le Cusancin	30
A. Localisation	30
B. Contexte hydrologique	33
C. État écologique DCE	34
D. Pression organique	35
E. Trophie	36
1. Matières azotées	36
2. Matières phosphorées	37
F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds	40
G. Hydrobiologie	42
1. Diatomées	42
2. Macro-invertébrés	43
3. Poissons	46
H. Conclusion	48
III. Le Dessoubre	49
A. Localisation	49
B. Contexte hydrologique	51
C. État écologique DCE	52
D. Pression organique	54

E. Trophie	55
1. Matières azotées	55
2. Matières phosphorées	57
F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds	60
G. Hydrobiologie	62
1. Diatomées	62
2. Macro-invertébrés	64
3. Poissons	69
H. Conclusion	73
IV. Vallée de la Loue	74
A. Localisation	74
B. Contexte hydrologique	77
C. État écologique DCE	78
D. Pression organique	80
E. Trophie	82
1. Matières azotées	82
2. Matières phosphorées	84
F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds	85
G. Hydrobiologie	89
1. Diatomées	89
2. Macro-invertébrés	91
3. Poissons	95
H. Conclusion	103
PARTIE 2 – Focus Dessoubre apical	104
I. Localisation	106
II. Physico-chimie	112
A. Pression organique	112
B. Trophie azotée	117
C. Trophie phosphorée	121
III. Qualité diatomique	125
IV. Hydrologie et flux	127
A. Débits	127
B. Flux en azote global	136
C. Flux en phosphore total	138
V. Pressions sur le BV apical	145

PARTIE 3 – Approche assainissement	154
I. Crenu	155
A. Localisation et contexte	155
B. Physico-chimie	156
C. Biologie	156
D. Conclusion	157
II. Ru du Breuil	158
A. Localisation et contexte	158
B. Physico-chimie	159
C. Biologie	159
D. Conclusion	160
III. Ru du moulin de Chazoy	161
A. Localisation et contexte	161
B. Physico-chimie	161
C. Biologie	162
D. Conclusion	163
IV. Ru de Soye	164
A. Localisation et contexte	164
B. Physico-chimie	165
C. Biologie	166
D. Conclusion	167
V. La Barbèche	168
A. Localisation et contexte	168
B. Physico-chimie	169
C. Biologie	170
D. Conclusion	171

Préambule

Le réseau de suivi de la qualité des eaux superficielles 2020 portée par le Département du Doubs a été décliné sous 3 approches aux objectifs complémentaires :

- Réseau patrimonial : composé de 10 stations pérennes (5 « historiques » + 5 « nouvelles » intégrées en 2016) réparties dans les BV de la Loue, du Cusancin, du Dessoubre et du Drugeon, il a pour vocation de suivre dans la durée des évolutions et tendances qualitatives en compléments des réseaux de suivi nationaux (et de la Fédération de Pêche du Doubs).
- Focus sur la partie apicale du Dessoubre : composé d'un total de 17 stations, ce maillage resserré est destiné à mieux cerner un constat récurrent où ce secteur fait l'objet d'une pression qualitative notoirement significative.
- Approche assainissement : 5 rejets répartis sur 5 cours d'eau ont été suivis en amont et en aval afin d'en déterminer l'impact qualitatif.

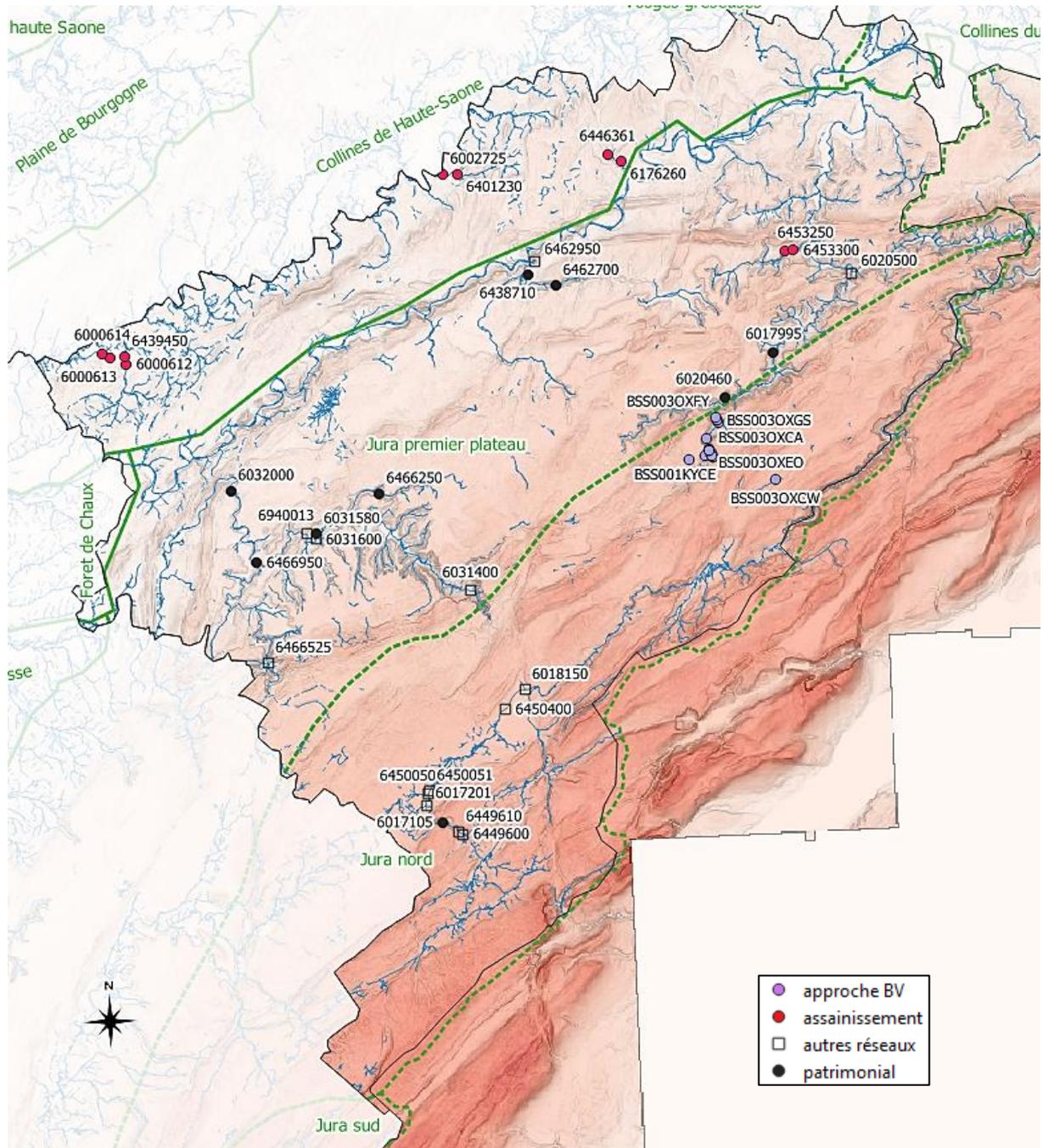
Suivant les modalités définies dans l'arrêté du 27 juillet 2018 (modifiant l'AR 25/01/2010) relatives à la détermination de l'état écologique 2021 des stations, les données présentement considérées sont celles disponibles lors des trois dernières années consécutives, i.e. de janvier 2018 à décembre 2020. De manière générale, le calcul de l'état écologique de l'année n, conformément à la réglementation en vigueur, correspond à la prise en compte des résultats des trois années consécutives précédentes : n-1 ; n-2 et n-3. A noter que, complémentairement, les états écologiques des stations RCS/RCO ont été intégrés à la synthèse, les dernières informations disponibles lors de la rédaction du présent document étant les états écologiques 2020 pour ces stations. Par défaut le lecteur est invité à se référer aux applications de l'Agence de l'Eau pour disposer des états écologiques DCE officiels (non encore tous disponibles lors de la rédaction du présent document).

Plus généralement, lorsque le jeu de données disponible le permet, des analyses complémentaires sont proposées afin d'inscrire ces observations dans des dynamiques temporelles, mais aussi de les mettre en perspective spatialement. Ainsi, les résultats bancarisés depuis au moins 2000 et issus des stations des réseaux RCS/RCO (et autres) localisées dans les BV investigués furent intégrés à la présente synthèse, portant ainsi sur un total de 51 stations. La complétude des données fut également entreprise en y intégrant les observations piscicoles transmises par la fédération départementale de pêche et de protection des milieux aquatiques du Doubs. Une synthèse de ces différentes stations est présentée au début de chacun des chapitres relatifs aux BV investigués dans la partie « réseau patrimonial ».

Le département du Doubs est occupé par 2 Hydro-Eco-Région :

- HER 10 : Côtes Calcaires Est, plus précisément « Collines de Haute-Saône », sur la rive droite du Doubs à l'aval de Montbéliard (impliquant la majorité des stations de l'approche « assainissement ») ;
- HER 5 : Jura Pré-Alpes du Nord, répartis entre !
 - o « Jura premier plateau » (BV de la Loue, du Cusancin, de la Barbèche et une grande partie du Dessoubre) ;
 - o « Jura Nord » (BV du Drugeon, partie apicale du Dessoubre).

Ces trois découpages en HER correspondent notamment à 3 gradients d'altitude.



Carte 1. Localisation des stations de suivi qualitatif dans le Doubs : réseau départemental (ronds) déclinés selon les 3 types d'approches (couleurs) et autres réseaux (essentiellement réseaux RCS/RCO, carrés). HydroEcoRégion (ligne verte continue : HER de niveau 1, lignes vertes pointillées : HER de niveau 2). Fond de carte : altitude (gradient de rouge) et pente (grisé).

Analyses programmées et modalités

La fréquence et les types d'analyses programmés furent différenciés selon les 3 types d'approches (patrimonial, approche BV, assainissement). Ces modalités sont synthétisées en tête de ces 3 parties respectives du présent rapport.

Méthodologies

La réalisation des équivalents-IBGN / I2M2 fut effectuée par CD Eau Environnement dans le respect des normes AFNOR NF T90-333 et NF T90-388.

L'échantillonnage des diatomées fut réalisé par CD Eau Environnement, la phase de traitement des prélèvements en laboratoire et d'identification fut confiée en sous-traitance à Hyd&Eaux. Ces opérations furent réalisées dans le respect de la norme NFT 90-354 et à l'aide du logiciel OMNIDIA disposant des dernières mises à jour de la base de données.

L'échantillonnage de l'eau ainsi que les mesures physico-chimiques in situ ont été réalisés par défaut « les pieds dans l'eau », conformément aux recommandations en la matière. Les jaugeages des débits ont été effectués sur la règle d'extrapolation des champs de vitesses et suivant la charte des bonnes pratiques en matière d'hydrologie.

Les échantillons d'eau réfrigérés ont été confiés dans les 24h au laboratoire d'analyses (CARSO LSEHL), ce dernier étant sous accréditation par le COFRAC. Les listes analytiques « pesticides sur eau » concernent 580 substances, la recherche de « pesticides sur sédiment » concernant pour sa part 129 substances extemporanément. Ce dernier listing fut étendu à 233 paramètres lorsque les micropolluants sur sédiment furent conjointement recherchés, i.e. 104 substances supplémentaires.

D'une façon générale, les résultats sont mis en perspectives par rapport aux référentiels DCE (AR 25/01/2010 modifié), et au SEQ-Eau (version 2) pour les paramètres non déjà exploités. En outre, il est aussi fait appel à plusieurs autres types d'outils complémentaires :

- Pour les données macrobenthiques : outil I2M2 et outil diagnostic associés.
- Pour les données diatomiques : outre par l'IBD et l'IPS, caractérisation des peuplements par les métriques de Van Dam (1994).
- Les conclusions relatives aux données piscicoles transmises par la Fédération de Pêche du Doubs qui ont été intégrées au rapport.

En outre, lorsque pertinent (par exemple dans le cas de facteurs limitants) et possible (disponibilité de l'historique de la donnée), un focus sur la dynamique temporelle de certains paramètres est proposé. En outre, l'approche est complétée par une contextualisation spatiale via les éventuelles stations qualitatives disponibles dans le BV.

PARTIE 1 – Réseau patrimonial

Le réseau patrimonial du Département du Doubs est composé de 10 stations (tableau suivant). Outre le strict état actuel, l'objectif de cette approche s'inscrit particulièrement dans une logique de mise en perspective de la dynamique temporelle des observations.

Réseau patrimonial							
BV	Cours d'eau	Commune	Code CD25	XL93	YL93	Code AE	Début du suivi
CUSANCIN	Cusancin	Guillon-les-bains	Cusancin_3	957390	6696442	06462700	2016
	Cusancin	Pont-les-Moulins	Cusancin_7	954598	6697571	06438710	2016
DESSOUBRE	Dessoubre	Consolation-Maisonnettes	DES01	973099	6679515	06020401	2016
	Dessoubre	Bretonvillers	DES10	974735	6684843	06020460	2011
	Dessoubre	Vaucluse	DES30	979738	6689502	06017995	2016
DRUGEON	Drugeon	Bonnevaux	DRU10	945801	6640910	06017105	2011
LOUE	La Breme	Bonnevaux le Prieure	BRE10	939292	6674913	06466250	2011
	Le Lison	Chatillon-sur-Lison	LOU-S13	926699	6667770	06466950	2011
	Loue	Chenecey Buillon	LOU10	924066	6675202	06032000	2011
	Loue	Cléron	LOU20	932872	6670732	06031580	2016

Tableau 1. Station composant le réseau patrimonial du Département

A ce titre, ce réseau départemental est complémentaire au réseau de suivi national (RCS/RCO), en renforçant le maillage et en maintenant une disponibilité de chroniques anciennes. Cela fut le cas sur chacun des 4 bassins étudiés avec l'intégration des données issues des stations RCS localisées sur le Drugeon à Vuillecin, le Dessoubre à Saint Hippolyte, la Loue à Mouthier-Haute-Pierre, le Cusancin à Baume-les-Dames, et la station RCO située sur le Lison à Nans sous Ste Anne. En outre, comme précédemment mentionné, si d'autres données plus ponctuelles plus ou moins récentes sont disponibles sur d'autres stations du BV, alors elles ont aussi été intégrées à l'approche.

Par ailleurs, une attention particulière est portée à la complémentarité des données recueillies avec les observations issues du réseau de suivi piscicole, souvent sur les mêmes stations, et piloté par la Fédération pour la pêche et la protection des milieux aquatiques du Doubs.

La présentation des résultats dans les chapitres suivants de cette approche s'articule par défaut selon la logique suivante :

1. Présentation du contexte et localisation des stations
2. Contexte hydrologique
3. État écologique DCE (première vue synthétique de l'état global de la station)
4. Observations physico-chimiques (essentiellement dynamiques des pressions organiques et trophiques)
5. Analyses hydrobiologiques (mise en perspective de leurs caractères intégrateurs)
6. Conclusion synthétique

4 campagnes d'échantillonnages ont été réalisées en 2020 sur ces 10 stations patrimoniales : mi-mai, mi-juillet, mi-septembre, fin novembre. Les contextes hydrologiques y furent ainsi contrastés : moyennes eaux printanières, début d'étiage, fin d'étiage sévère, retour aux moyennes eaux automnales.

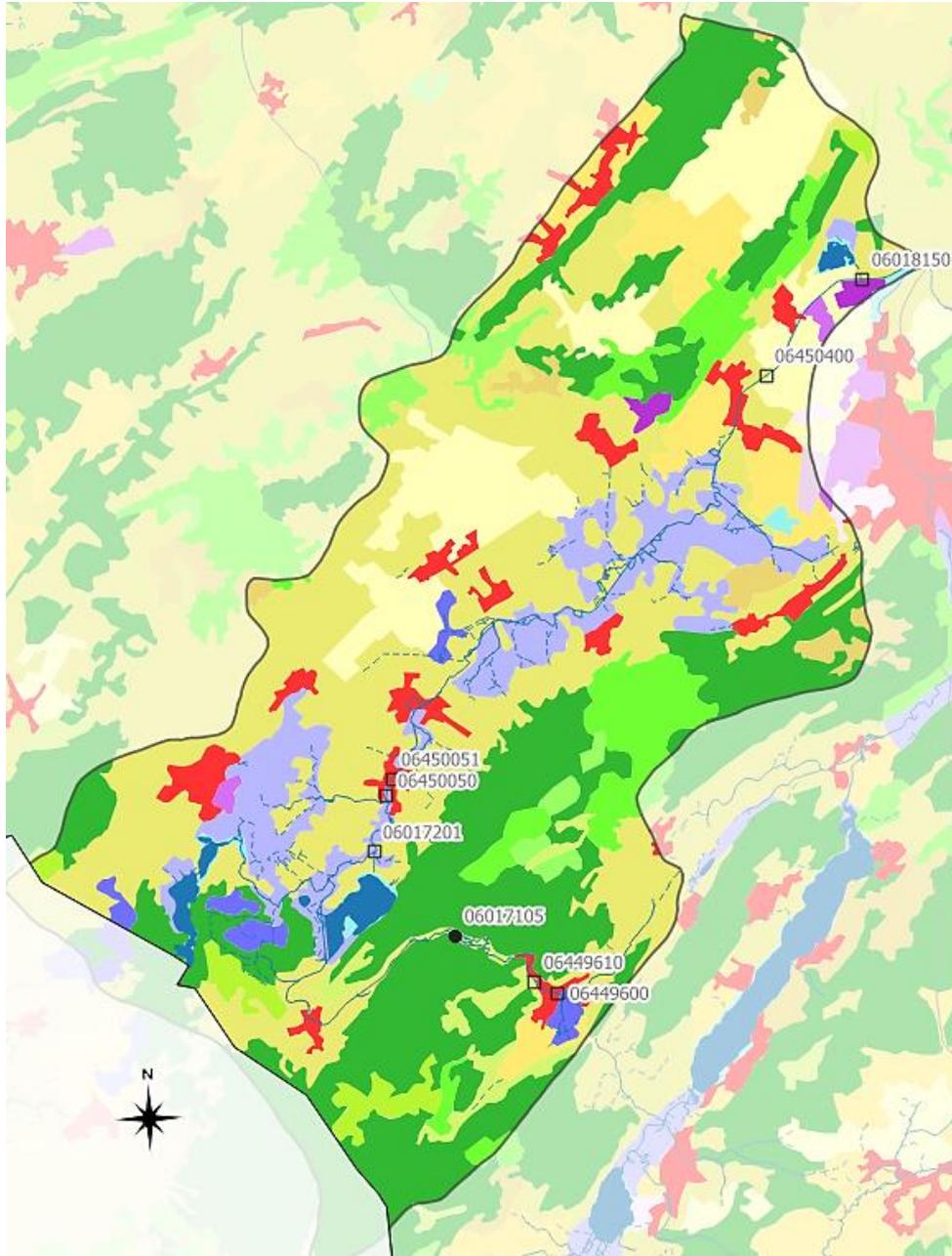
Ce sont au total 10 stations qui furent investiguées en 2020 dans le cadre du réseau départemental, localisées dans le bassin de la Loue, dans les vallées du Dessoubre, du Dugeon et du Cusancin. Le détail des analyses programmées est synthétisé dans le tableau suivant.

Cours d'eau	Commune	code station étude	Code Agence de l'Eau	Masse d' eau	2.1- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHEMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Ptot)	2.2- Analyses sur eau brute - PHYSICO-CHEMIE 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 IBGN SELON LE PROTOCOLE RCS DCE	6.1 - Indice Biologique Diatomées prélèvement	6.2 - Indice Biologique Diatomées tri détermination calcul	7 - Analyses sur eau brute – PESTICIDES	8 - Analyses sur bryophytes - METAUX	9 - Analyses sur sédiments - METAUX	10 - Analyses sur sédiments - PESTICIDES	11 - Analyses sur sédiments – MICRO POLLUANTS ORGANIQUES HORS PESTICIDES
Drueon	Bonnevaux	DRU10	06017105	FRDR2024	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Dessoubre	Bretonvillers	DES10	06020460	FRDR634	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Loue	Chenecey Buillon	LOU10	06032000	FRDR619	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
La Brème	Bonnevaux le Prieuré	BRE10	06466250	FRDR11837	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Le Lison	Chatillon-sur-Lison	LOU-S13	06466950	FRDR11865	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Dessoubre	Consolation-Maisonnettes	DES01	06020401	FRDR634	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Dessoubre	Vaucluse	DES30	06017995	FRDR634	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Loue	Cléron	LOU20	06031580	FRDR619	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Cusancin	Guillon-les-bains	Cusancin_3	06462700	FRDR626	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Cusancin	Pont-les-Moulins	Cusancin_7	06438710	FRDR626	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1

Tableau 2. Analyses programmées et réalisées en 2020 au sein des 10 stations patrimoniales suivies par le Département du Doubs.

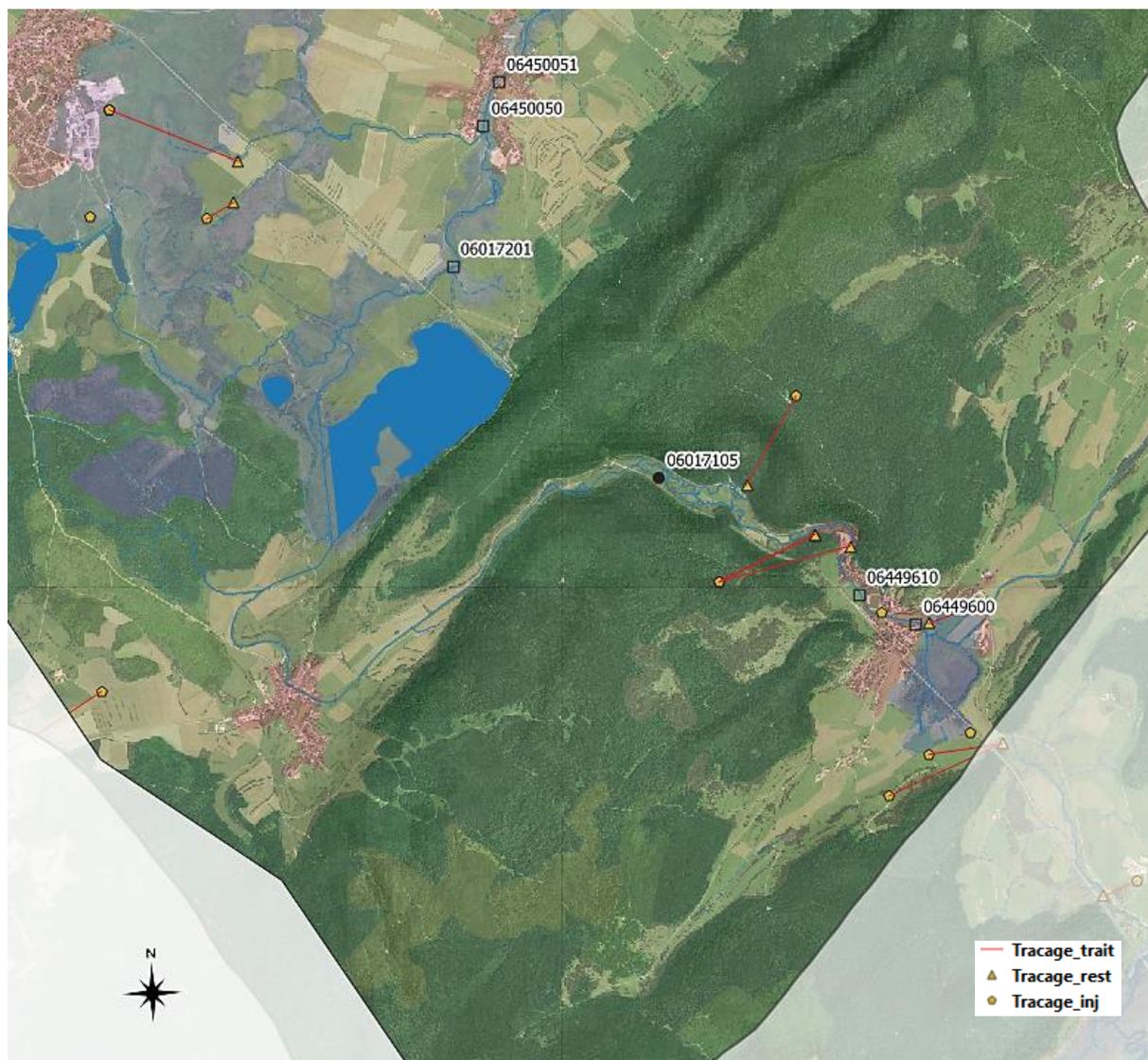
I. Le Drugeon

A. Localisation



Libellé de la station	Code
DRUGEON A VAUX-ET-CHANTEGRUE 2	06449600
DRUGEON A VAUX ET CHANTEGRUE 3	06449610
DRU10 [station patrimoniale]	06017105
DRUGEON A BOUVERANS 3	06017201
DRUGEON A BOUVERANS 1	06450050
DRUGEON A BOUVERANS 4	06450051
DRUGEON A DOMMARTIN	06450400
DRUGEON A VUILLECIN [RCS]	06018150

Carte 2. Occupation du sol dans le BV du Drugeon (nomenclature CorineLandCover 2018) et localisation des stations de données qualitatives : station patrimoniale (ronds noirs) et autres réseaux (carrés).



Carte 3. Partie amont du BV du Drugeon. Fond de carte : orthophotos + CorineLandCover 2018. Circulation eaux souterraines (traçages). Localisation des stations qualitatives (carrés et rond noir).

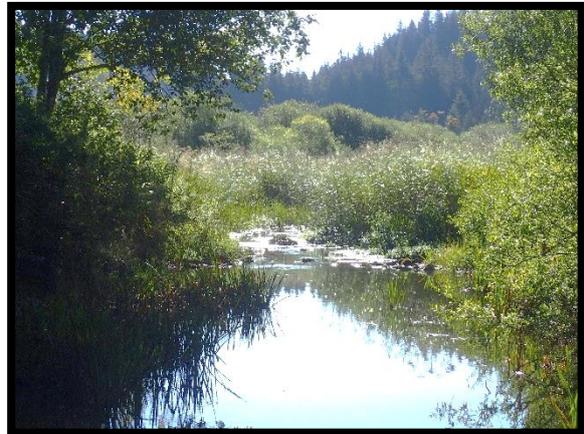
La partie amont du BV du Drugeon est en grande partie composée de couverts forestiers. La station du réseau départementale DRU10 (06017105) est localisée en tête de bassin, en aval de la commune de Vaux-et-Chantegrue où le Drugeon prend sa source (tourbière + Bief Belin). Il s'agit d'un secteur anciennement restauré (1993) et disposant du label « Rivière en bon état » (2018).

La partie aval du BV (à partir du plan d'eau l'Entonnoir) s'avère davantage sous pressions domestiques et agricoles, bien que le cours d'eau demeurant toutefois encore fortement accompagné de zones humides adjacentes. Une station du réseau RCS est localisée en fermeture de bassin à Vuillecin (06011850).

Les autres stations listées correspondent à des études plus ponctuelles de la qualité des eaux du Drugeon (EPAGE Haut-Doubs – Haute-Loue). Les données bancarisées sous Naïades ont été intégrées à la présente synthèse.



Carte 4. Zoom sur la partie apicale du Drugeon, en amont de la station patrimoniale.



Photographie 1. Vue amont (25/11/2019) et aval (08/09/2020) de la station DRU10.

B. Contexte hydrologique

La station limnimétrique *Le Dugeon à la Rivière-Dugeon [île du Martinet]* ne dispose pas de valeur validée pour le calcul des débits caractéristiques que sont le module, le QMNA5, et la crue de retour 2 ans. Il en est de même pour l'absence de valeurs de débits mensuels moyens interannuels. Néanmoins, cette chronique a été retenue pour le profil hydrologique de la station DRU10, les données étant encore davantage incomplètes au niveau de la station limnimétrique localisée à Vaux-et-Chantegreue.

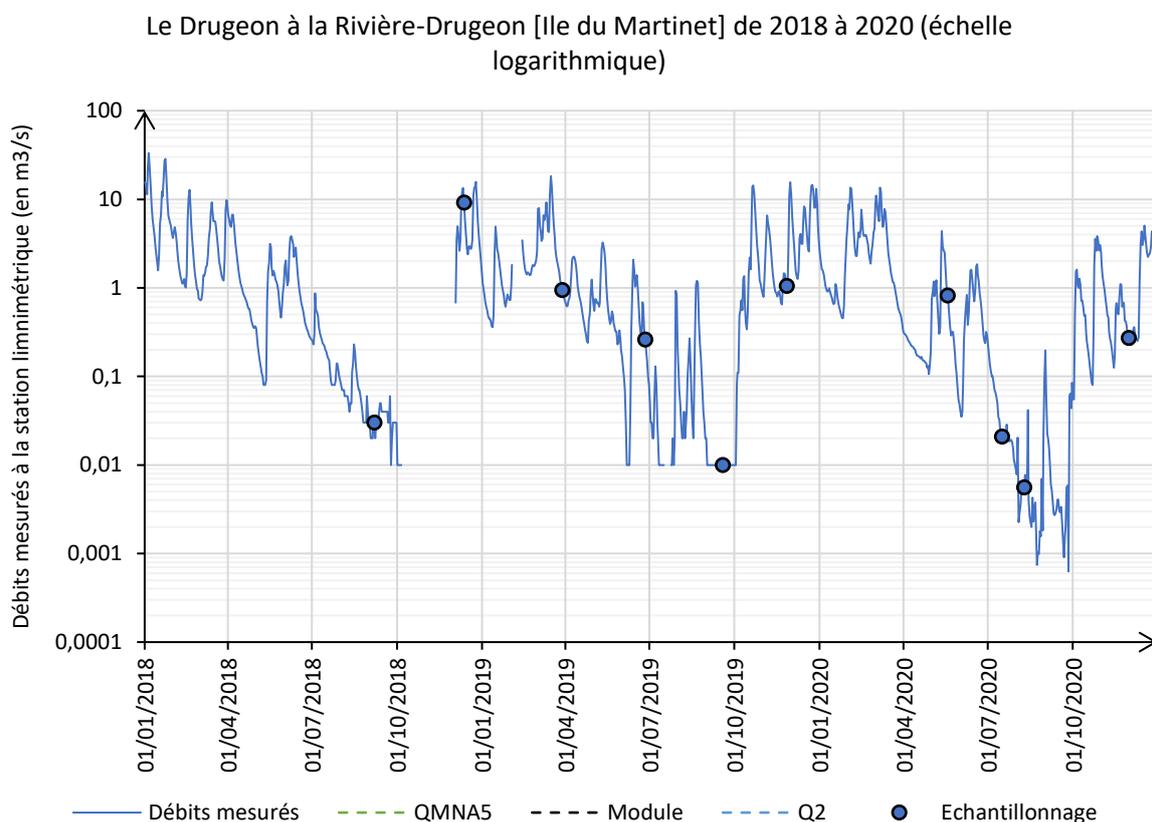


Figure 1. Chronologie des débits mesurés entre le 1er janvier 2018 et le 31 décembre 2020 (3 ans) au sein de la station limnimétrique automatique localisée sur le Dugeon à la Rivière-Dugeon (île du Martinet). Les ronds indiquent les dates d'échantillonnages. NB : une campagne fut réalisée le 22/11/2018 lorsque la station n'enregistrait pas les débits.

Malgré l'absence de débits caractéristiques on constate que l'étiage estival de 2020 fut particulièrement marqué de début août à fin septembre. A titre de comparaison, la campagne de « début d'étiage 2020 » (mi-juillet) correspondit à un débit similaire aux *minima* hydrologiques de 2018 et 2019.

En revanche, les 2 autres campagnes d'échantillonnage de 2020 s'inscrivirent dans des contextes de moyennes eaux davantage habituels.

C. État écologique DCE

DRUGEON A VAUX-ET-CHANTEGRUE 2	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Résultante écologique	BE						
État biologique	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	/	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État physico-chimique	/	/	/	/	/	/	/
Oxygénation	/	/	/	/	Ind.	Ind.	Ind.
Température	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Acidification	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Nutriments	/	/	/	/	/	/	/
Nutriments phosphorés	/	/	/	/	/	/	/
Nutriments azotés	/	/	/	/	/	/	/
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/	/	/

DRUGEON A VAUX ET CHANTEGRUE 3	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Résultante écologique	BE						
État biologique	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	/	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État physico-chimique	/	/	/	/	/	/	/
Oxygénation	/	/	/	/	Ind.	Ind.	Ind.
Température	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Acidification	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Nutriments	/	/	/	/	/	/	/
Nutriments phosphorés	/	/	/	/	/	/	/
Nutriments azotés	/	/	/	/	/	/	/
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/	/	/

DRU10	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	EMO	EMO	EMO							
État biologique	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	EMO	EMO	EMO
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE								
Diat.	TBE	TBE	TBE								
Poissons	/	/	BE	BE	BE	/	/	/	EMO	EMO	EMO
État physico-chimique	BE	EMO	EMO	BE							
Oxygénation	BE	EMO	EMO	BE							
Température	TBE	TBE	TBE								
Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE
Nutriments	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE
Nutriments phosphorés	TBE	TBE	TBE								
Nutriments azotés	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE
Polluants spécifiques	/	Ind.	BE	BE	BE	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	/

DRUGEON A BOUVERANS 1	2013	2014	2015	2017	2018	2019
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État biologique	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	BE	BE	BE
Poissons	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	/	/	/	/	/	/
Oxygénation	/	/	/	Ind.	Ind.	Ind.
Température	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Acidification	/	/	/	BE	BE	BE
Nutriments	/	/	/	/	/	/
Nutriments phosphorés	/	/	/	/	/	/
Nutriments azotés	/	/	/	/	/	/
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/	/

DRUGEON A BOUVERANS 3	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	ME	ME	ME	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État biologique	ME	ME	ME	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE								
Diat.	/	/	/	/	BE	BE	BE	BE	BE
Poissons	ME	ME	ME	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	/	/	/	/	/	/	TBE	BE	BE
Oxygénation	/	/	/	/	Ind.	Ind.	TBE	TBE	TBE
Température	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Nutriments	/	/	/	/	/	/	TBE	BE	BE
Nutriments phosphorés	/	/	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE
Nutriments azotés	/	/	/	/	/	/	TBE	BE	BE
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/	/	/	/	/

DRUGEON A DOMMARTIN	2011	2014	2015	2016	2017
Résultante écologique	Ind.	BE	EMO	EMO	EMO
État biologique	/	BE	EMO	EMO	EMO
Macro-inv.	/	BE	EMO	EMO	EMO
Diat.	/	/	/	/	/
Poissons	/	/	/	/	/
État physico-chimique	TBE	/	/	/	/
Oxygénation	TBE	/	/	/	/
Température	TBE	/	/	/	/
Acidification	TBE	/	/	/	/
Nutriments	TBE	/	/	/	/
Nutriments phosphorés	TBE	/	/	/	/
Nutriments azotés	TBE	/	/	/	/
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/

DRUGEON A VUILLECIN	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	EMO	EMO	EME	EME	BE	EMO	EMO	EMO	EME	EME	EME
État biologique	EMO	EMO	EME	EME	BE	EMO	EMO	EMO	EME	EME	EME
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Poissons	EMO	EMO	EME	EME	/	EMO	EMO	EMO	EME	EME	EME
État physico-chimique	BE	EMO	EMO	EMO	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Oxygénation	BE	EMO	EMO	EMO	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Température	TBE										
Acidification	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	TBE
Nutriments	TBE	BE	BE	BE							
Nutriments phosphorés	TBE	BE	BE	BE							
Nutriments azotés	TBE										
Polluants spécifiques	BE										

Tableau 3. Synthèse des états écologiques DCE tels qu'extraits de la BDD Agence de l'Eau en janvier 2022. L'ordre des tableaux correspond à l'ordre amont-aval des stations le long du linéaire. Le calcul des états écologiques intègre potentiellement les états piscicoles malgré un « avis critiques à dire d'expert » tels que rappelé dans le chapitre relatif à ces organismes.

Globalement, on constate une stabilité depuis 2016 du classement en « bon état » ou « très bon état » des différentes composantes de l'état écologique du Drugeon, sauf pour les 2 stations les plus en aval où les états écologiques sont déclassés en moyen, puis en médiocre depuis 2019 dans la station RCS en fermeture de bassin.

Toutefois, ces déclassements des stations aval sont du fait de l'altération de la communauté piscicole, sans quoi les états écologiques seraient aussi classés en « bon état ». Or, ce type de donnée biologique n'est pas systématiquement investigué dans toutes les stations, et parfois elles ne sont pas considérées comme pertinentes (comme cela est par exemple le cas pour la station DRU10 où la donnée n'a pas été intégrée au calcul de l'état écologique : état piscicole DCE « moyen », mais « bon » à dire d'expert).

Ceci illustre les limites d'une évaluation de la qualité des milieux aquatiques sur la seule approche DCE (dont ce n'est pas la finalité essentielle), et donc la nécessité de compléter ces informations par des expertises complémentaires, objet des chapitres suivants.

D. Pression organique

	2018			2019				2020				percent. 90	
	/	16/08/2018	22/11/2018	12/12/2018	28/03/2019	26/06/2019	14/08/2019	26/11/2019	18/05/2020	16/07/2020	09/08/2020		30/11/2020
Oxygène dissous (mg/l)	/	7,10	8,80	11,10	11,93	10,4	9,47	11,94	10,32	7,43	9,21	11,38	7,43
Satur. en oxygène (%)	/	75,00	65,00	88,00	94,30	95	87,4	98,1	85	69,5	79,5	96,6	69,5
DBO5 (mg/l d'O ₂)	/	1,40	2,00	0,80	0,90	<0,5	0,6	0,5	0,7	<0,5	2	0,6	2
COD (mg/l)	/	2,80	1,80	5,00	2,30	3,2	2,5	2,6	2,9	2,6	3,3	2,9	3,3

Tableau 4. Etats des paramètres du bilan de l'oxygène de la station DRU10. Couleurs : états selon référentiel DCE.

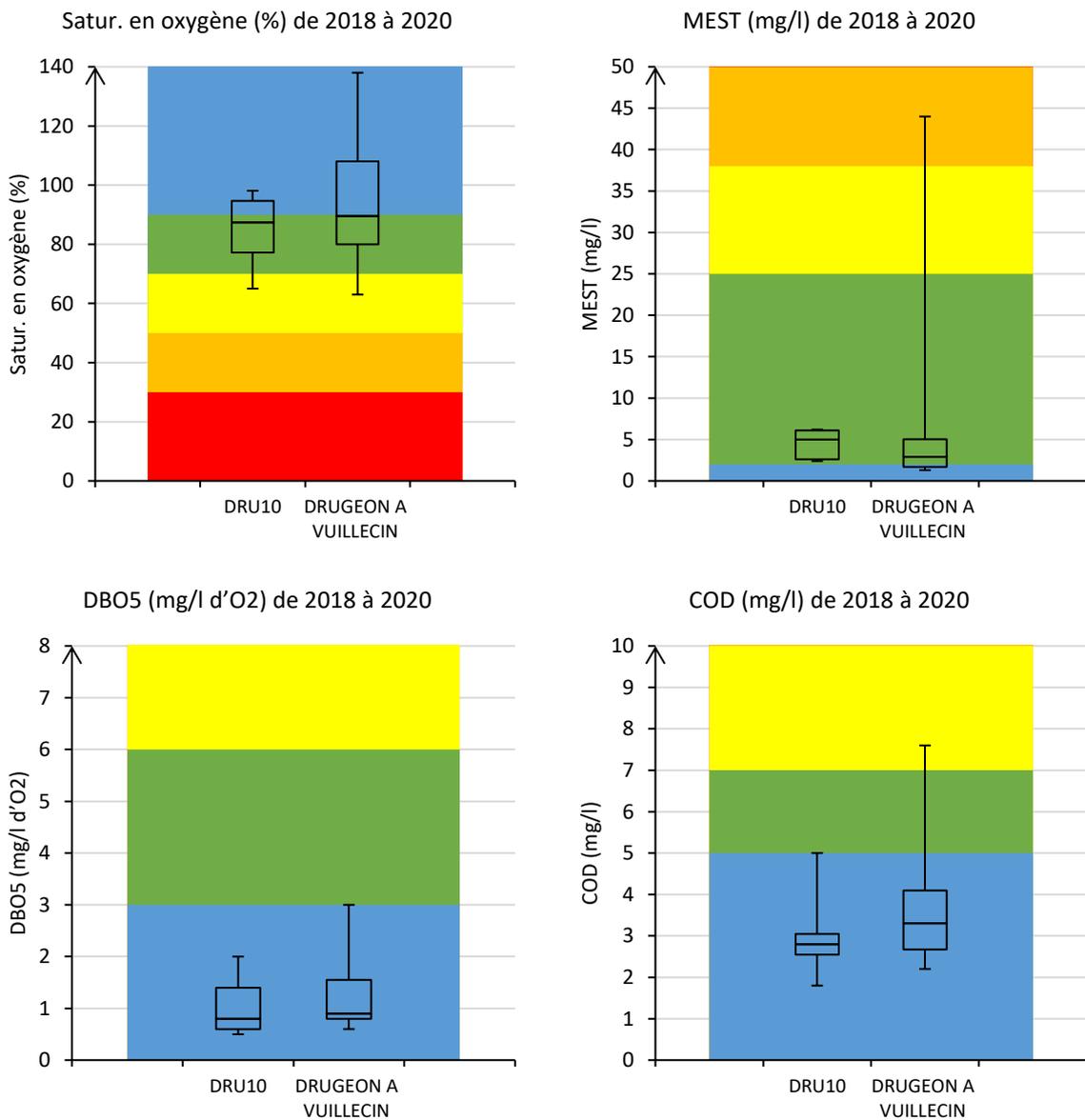


Figure 2. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des mesures des paramètres du bilan de l'oxygène.

Aucun dysfonctionnement majeur de ces paramètres n'est constaté dans les 2 stations apicales et distales. La teneur relativement significative en COD et la modération des teneurs en oxygène sont vraisemblablement la conséquence de la forte connectivité avec des zones humides adjacentes le long du linéaire du cours d'eau. Cela se rapproche des caractéristiques physico-chimiques que l'on observe par exemple dans des cours d'eau s'écoulant au sein de zones tourbeuses (e.g. Belles Seignes), sans toutefois atteindre des valeurs aussi extrêmes.

E. Trophie

1. Matières phosphorées

	2018			2019				2020				percent. 10 percent. 90	
	/	16/08/2018	22/11/2018	12/12/2018	28/03/2019	26/06/2019	14/08/2019	26/11/2019	18/05/2020	16/07/2020	09/08/2020		30/11/2020
Phosphates (mg/l)	/	0,050	0,010	0,050	0,020	0,03	<0,01	0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,05
Phosphore total (mg/l)	/	0,028	<0,01	0,016	<0,01	0,016	0,013	<0,01	0,015	0,012	0,014	<0,01	0,016

Tableau 5. Etats des paramètres « matières phosphorées » de la station DRU10. Couleurs : états selon référentiel DCE.

Il n'est pas constaté de contamination de la station DRU10 par les matières phosphorées. En revanche, la pollution par ces derniers nutriments s'avère un peu plus ostensible, mais demeurant très modérée, au sein de la station RCS en fermeture de bassin.

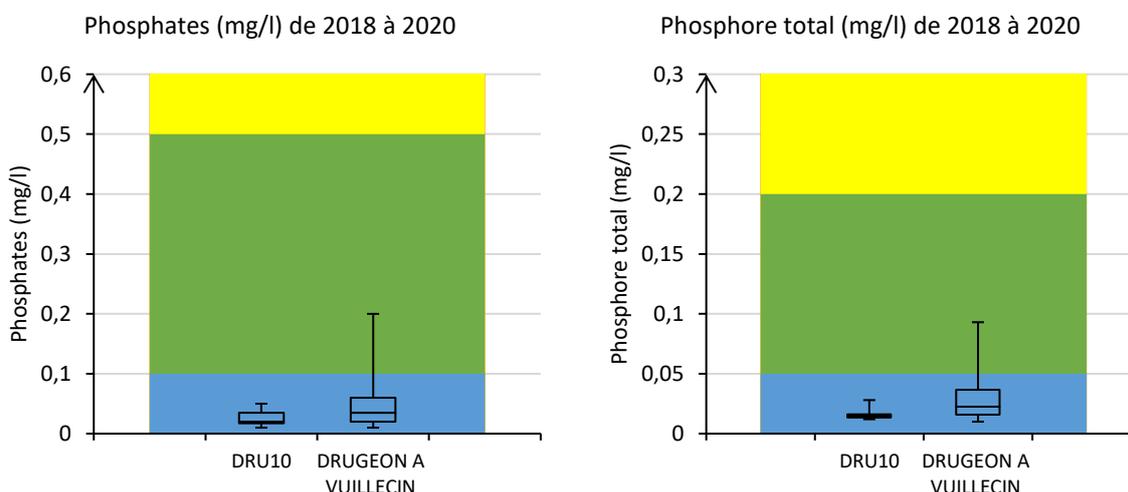


Figure 3. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières azotées (référentiel DCE).

1. Matières azotées

	2018			2019				2020				percent. 90	
	/	16/08/2018	22/11/2018	12/12/2018	28/03/2019	26/06/2019	14/08/2019	26/11/2019	18/05/2020	16/07/2020	09/08/2020		30/11/2020
Ammonium (mg/l)	/	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,25
Nitrates (mg/l)	/	1,70	3,30	6,20	2,90	2,7	3,3	3,6	1,8	1,1	2,2	3	3,6
Nitrites (mg/l)	/	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02

Tableau 6. Etats des paramètres « matières azotées » de la station DRU10. Couleurs : états selon référentiel DCE.

Comme pour les matières phosphorées, il n'est pas constaté de contamination de la station DRU10 par l'ammonium ou les nitrites au cours de 3 dernières années. Ce constat est similaire pour la station RCS à Vuillecin, avec toutefois une variabilité un peu plus prononcée pour ces 2 nutriments.

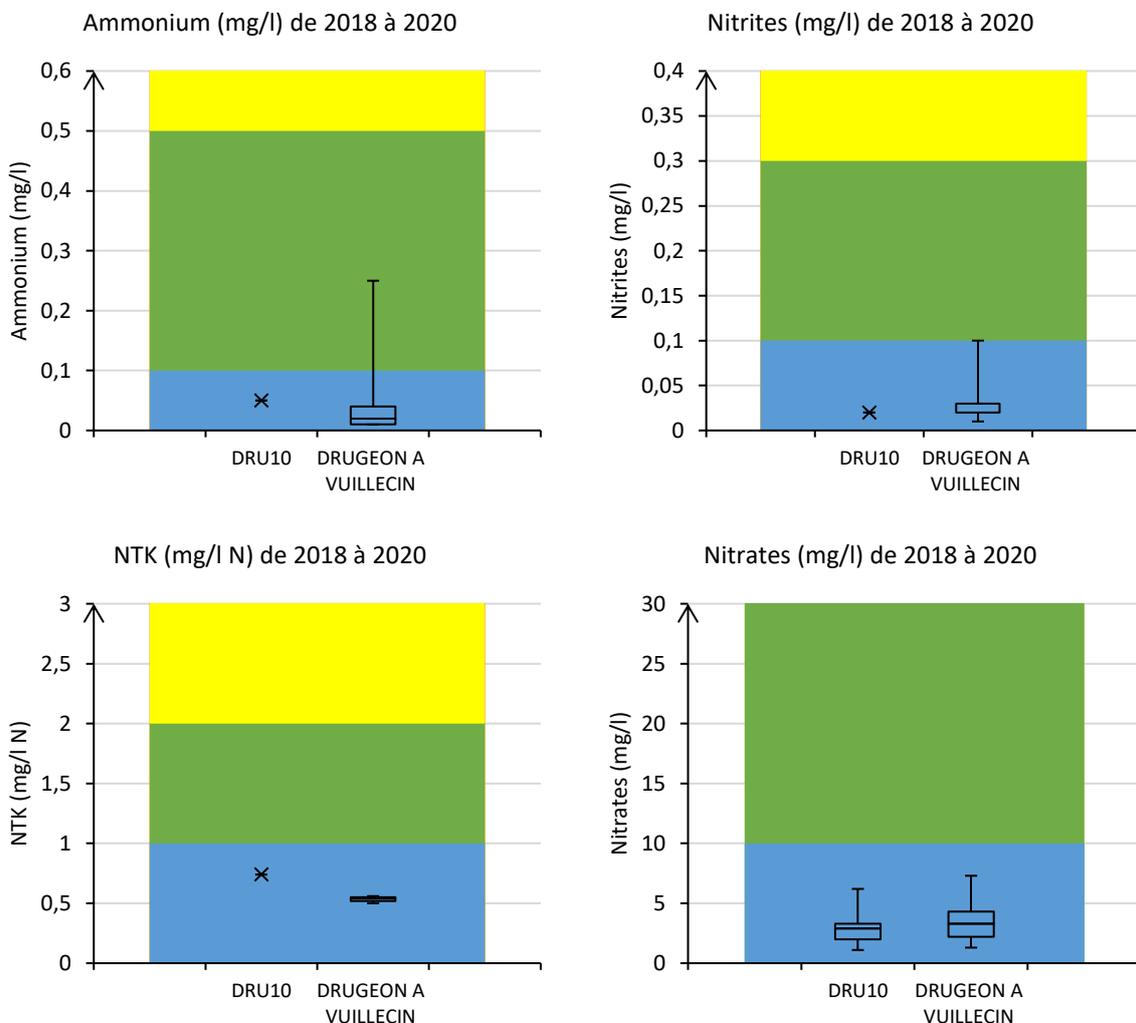


Figure 4. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières azotées (référentiel DCE).

Similairement, il n'est pas fait état de pollution significative par les nitrates (module aux environs de 3 mg/L), avec toutefois des « pics » à 6-7 mg/L. La pression est très légèrement supérieure dans la station distale, tout en demeurant néanmoins encore très modérée. Il s'agit donc là d'une gamme de valeur relativement proche des

valeurs naturelles, DRU10 étant l'une des stations de suivi récurrent parmi les moins impactées par ce paramètre dans le département. Cette station constitue donc un point de comparaison pertinent vis-à-vis des teneurs en nitrates mesurées par ailleurs.

F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds

Date	Résultat	Unité	Paramètre	Type
18/05/2020	0.009	µg/L	Anthraquinone	Micropolluant
	0.009	µg/L	Diflufenican (Diflufenicanil)	Herbicide
	0.006	µg/L	Dimethenamide	Herbicide
	0.017	µg/L	Ethofumesate	Herbicide
	0.016	µg/L	Lenacile	Herbicide
	0.023	µg/L	Métolachlor	Herbicide
	0.008	µg/L	Oxadiazon	Herbicide
	0.130	µg/L	Phosphate de tributyle	Micropolluant
	0.005	µg/L	Propyzamide	Herbicide

Tableau 7. Teneurs (>LQ) en « pesticides » dissous (µg/L) dans DRU10 en 2020. NB : pas de substance quantifiée lors des 3 autres campagnes 2020.

Alors qu'aucun seuil de quantification ne fut franchi lors de 3 des 4 campagnes, la contamination du Drugeon à DRU10 par les « pesticides » dissous (*lato sensu*) fut plutôt ponctuellement conséquente lors de la campagne du 18 mai 2020 (période d'instabilité hydrologique), essentiellement du fait d'herbicides (7 matières actives) mais aussi par quelques micropolluants.

Plutôt que les concentrations mesurées, globalement faibles, cette pollution est surtout significative eut égard à l'historique des très faibles contaminations observées jusqu'à présent dans cette station (Cf tableau suivant). A noter que ces substances n'ont pas été recherchées en 2018-2019.

Plutôt qu'une évolution drastique et récente des performances analytiques du laboratoire ou des pratiques anthropiques, il faut voir la conjonction entre une variabilité environnementale attendue et surtout des conditions hydro-climatiques favorables à ce pic de contamination (Cf autres stations patrimoniales).

	Aminotriazole	AMPA	Glyphosate	Phosphate de tributyle
09/06/2011				
01/09/2011				
05/12/2011				
09/02/2012				
26/06/2012			0,091	
16/08/2012	0,07			
31/12/2012				
12/06/2013				
26/09/2013				
14/11/2013				
17/02/2014				
29/09/2014				
22/07/2015				
06/01/2016		0,022		
05/04/2016				0,005
29/09/2016				
19/12/2016				
20/04/2017				
21/06/2017				
19/09/2017				
30/11/2017				

Tableau 8. Historique des teneurs (>LQ) en « pesticides » dissous (µg/L) dans DRU10 depuis 2011 (extrait du rapport « synthèse micropolluants 2008-2018 »).

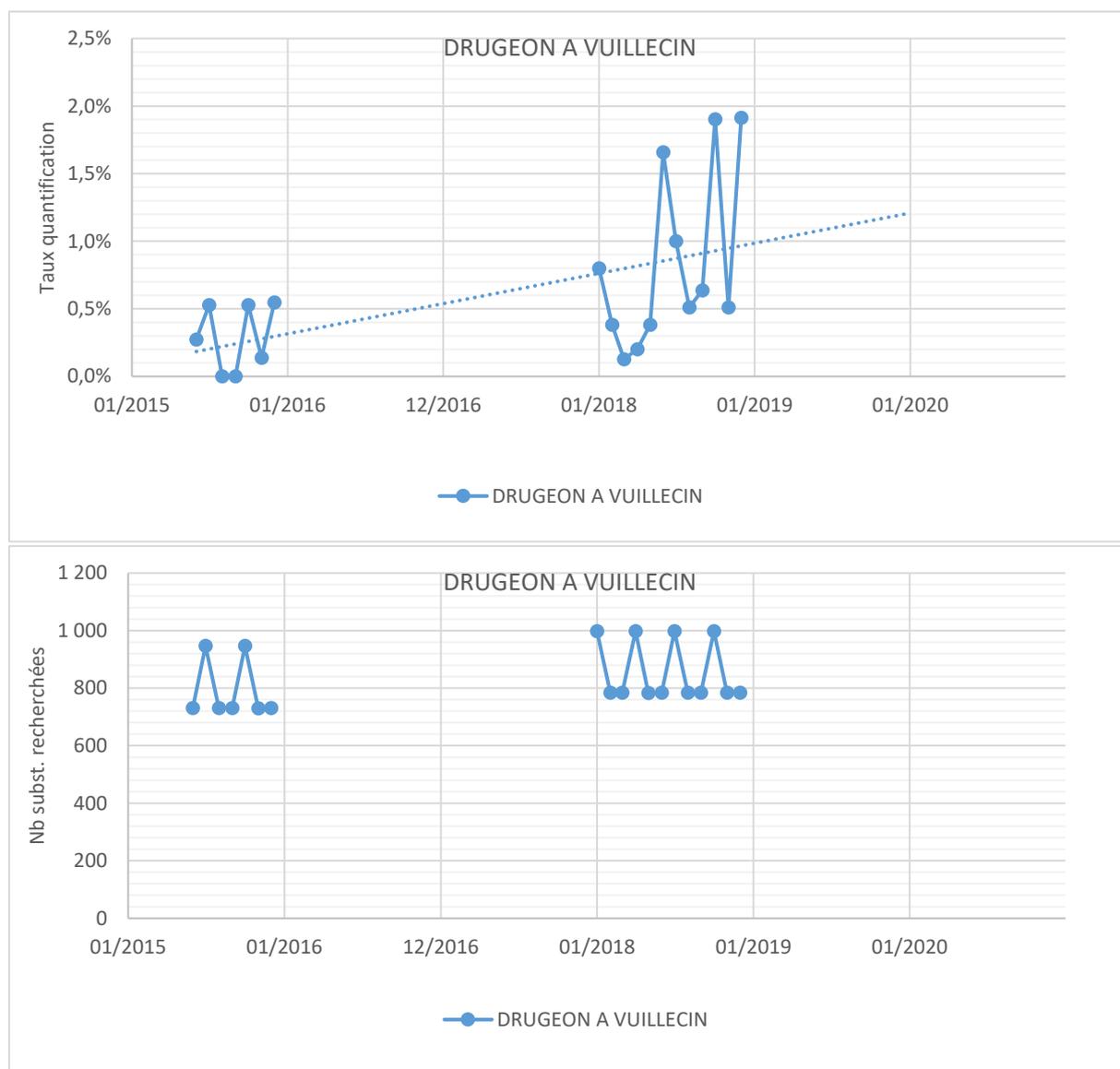


Figure 5. Evolution depuis 2015 du taux de quantification de micropolluants dissous (pesticides compris) dans la station RCS en fermeture de bassin (en haut), et du nombre de substances recherchées (en bas).

En comparant ces observations issues de la station départementale avec celles issues de la station RCS (autre programme analytique et autre fréquence d'échantillonnage), on constate aussi une « envolée » du taux de quantification en 2018 par rapport à ce qui était mesuré en 2015 (indépendamment du nombre de substances recherchées qui est demeuré similaire entre ces 2 périodes), corroborant ainsi les précédentes observations ayant trait à un phénomène globalisé plutôt que localisé (phénomène par ailleurs constaté sur d'autres stations RCS et patrimoniales dans le département).

La pollution du sédiment de DRU10 par les métaux lourds et les HAP s'inscrit en 2020 globalement dans une « tendance haute » de ce qui y fut quantifié depuis 2011, en dehors des 2 pics de 2012-2013 pour les métaux lourds et 2013-2014 pour les HAP (Cf rapport « synthèse micropolluants 2008-2018 »).

Il s'agit donc là d'une multi-contamination modérée du sédiment, inférieure à des pics élevés mais supérieure au « bruit de fond » habituellement mesuré dans cette station.

Date	Résultat	Unité	Paramètre	Type
08/09/2020	16	µg/(kg MS)	Anthracène	HAP
	102	µg/(kg MS)	Benzo (a) pyrène	HAP
	93	µg/(kg MS)	Benzo (a) anthracène	HAP
	99	µg/(kg MS)	Benzo (b) fluoranthène	HAP
	95	µg/(kg MS)	Benzo (ghi) pérylène	HAP
	53	µg/(kg MS)	Benzo (k) fluoranthène	HAP
	153	µg/(kg MS)	Chrysène	HAP
	28	µg/(kg MS)	Dibenzo (a,h) anthracène	HAP
	195	µg/(kg MS)	Fluoranthène	HAP
	68	µg/(kg MS)	Indéno (1,2,3 cd) pyrène	HAP
	82	µg/(kg MS)	Phénanthrène	HAP
	171	µg/(kg MS)	Pyrène	HAP

Tableau 9. Teneurs (>LQ) en « micropolluants » adsorbés sur sédiment (µg/Kg MS) dans DRU10 en 2020. Couleurs : classes de qualité SEQ-Eau.

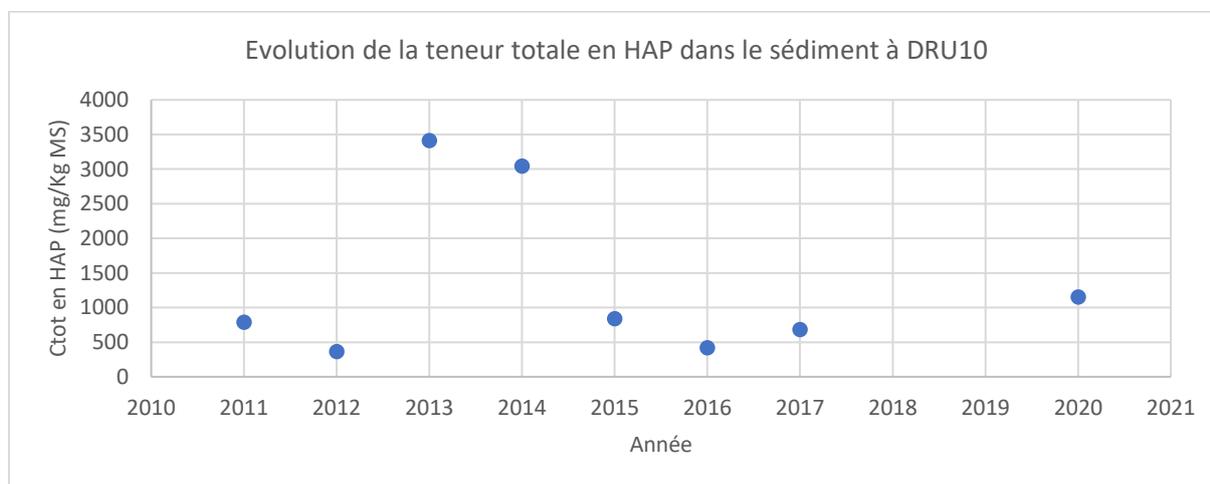


Figure 6. Evolution de la contamination du sédiment de DRU10 par les HAP.

Paramètre	Support sédiment	Support bryophytes	Unité
Arsenic total	7.88	1.88	mg/(kg MS)
Cadmium total	0.30	0.18	mg/(kg MS)
Chrome total	12.95	1.14	mg/(kg MS)
Cuivre total	3.20	8.05	mg/(kg MS)
Mercure total	0.044	0.046	mg/(kg MS)
Nickel total	9.51	2.24	mg/(kg MS)
Plomb total	10.15	1.42	mg/(kg MS)
Etain total	0.44	0.23	mg/(kg MS)
Zinc total	29.75	37.05	mg/(kg MS)

Tableau 10. Teneurs métaux lourds adsorbés sur sédiment (mg/Kg MS) et bio-accumulés dans les bryophytes (mg/Kg MS) dans DRU10 en 2020. Couleurs : classes de qualité SEQ-Eau.

G. Hydrobiologie

1. Diatomées

Diatomées – DRU10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence IBD (2007) =20 - Valeur minimale IBD (2007) =5					
IBD	20,0	19,90	20,0	20,0	0,998
IPS	16,9	17,5	17	17,13	
% taxa indicateurs de pollution organique					
Nulle à faible	94,1	86,2	95,6		
Modérée	3,7	11,1	4,1		
Importante	2,2	2,7	1		

Tableau 11. Synthèse des principaux indicateurs de l'état diatomique en DRU10 ces 3 dernières années (couleur : état DCE).

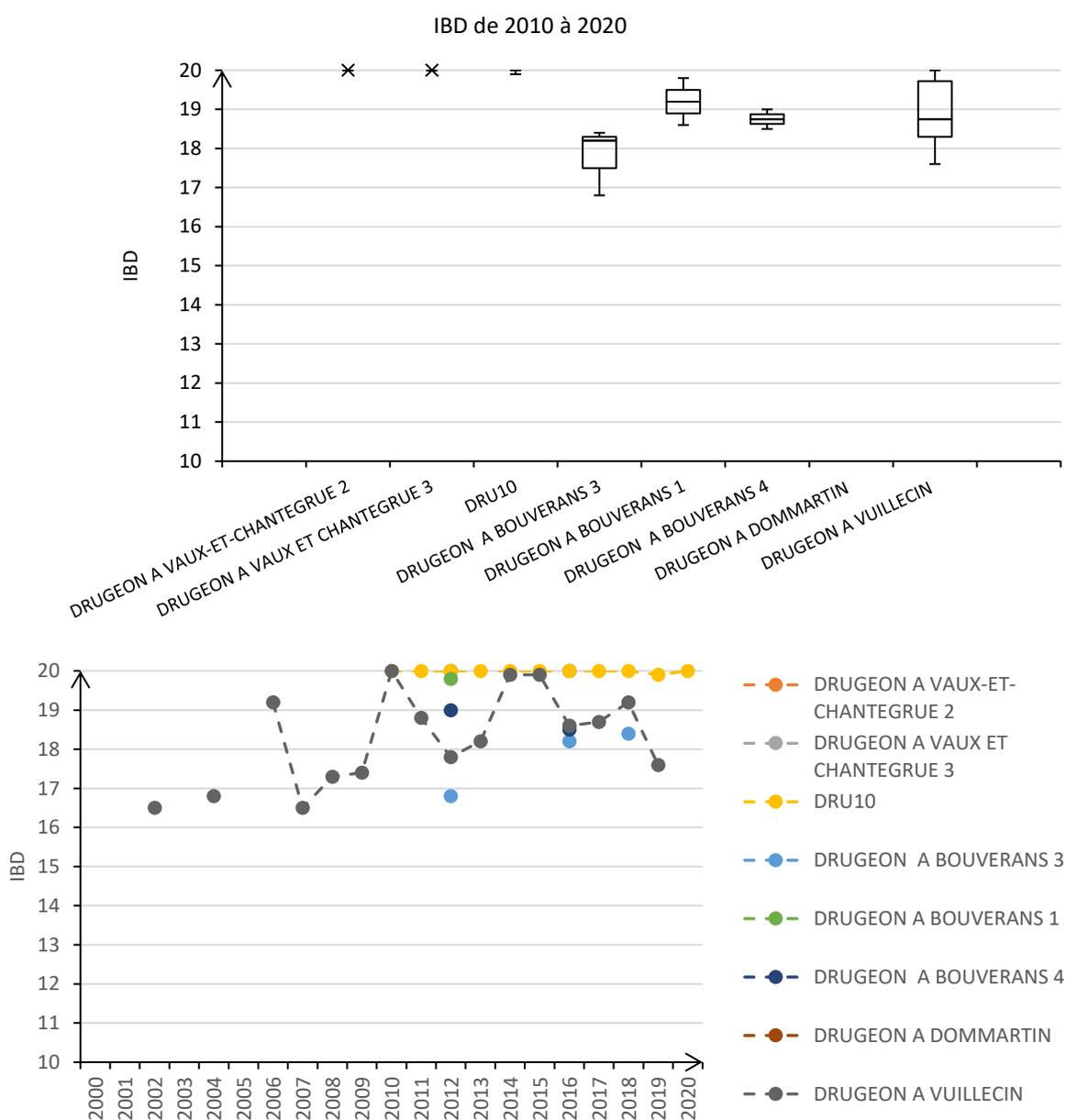


Figure 7. Variabilité depuis 10 ans (en haut) et chronique (en bas) des valeurs de l'IBD dans les stations investiguées dans le Drugeon depuis 2000 (échelle de 10 à 20/20).

La communauté diatomique de la station DRU10 présente un « très bon état » stable, sans bio-indication notable d'un éventuel impact de la physico-chimie de cette station. Cette observation est en accord avec ce qui est périodiquement mesuré dans les 2 stations encore plus apicales, i.e. à Vaux-et-Chantegrue, témoignant ainsi d'une relative préservation de la qualité physico-chimique de la source du Dugeon (et de l'absence d'impact ostensible de la commune de Vaux-et-Chantegrue sur cette communauté floristique).

En revanche, on constate des états de conservation diatomique davantage altérés dès Bouverans (aval proche), la qualité globale demeurant néanmoins plutôt satisfaisante (mais non optimale), indiquant dans ce secteur « l'apparition » d'une pression physico-chimique modérée.

Cette dernière observation est aussi valable beaucoup plus en aval, i.e. au niveau de la station RCS en fermeture de bassin : l'état diatomique y demeure aussi non optimal, ceci malgré une tendance à l'amélioration entre d'une part 2000-2010 et d'autre part 2010-2020 (environ + 2 points /20 entre ces deux décennies). Cette observation est plutôt cohérente avec les mesures physico-chimiques qui font état d'une pression légèrement supérieure dans la partie distale du Dugeon par rapport à DRU10.

2. Macro-invertébrés

Le référentiel DCE indique un « très bon état macrobenthique » stable de la station DRU10, que l'indice retenu soit l'équivalent-IBGN ou l'I2M2. Néanmoins, on y remarque l'absence des taxons les plus polluo-sensibles pourtant potentiellement présents, situation qui tend à s'aggraver en 2020 : le rang du groupe indicateur retenu en 2020 (7/9) constitue un plus bas historique pour cette station qui pourtant figure parmi celles à plus haut potentiel macrobenthique du Dugeon. En outre, si l'I2M2 est plutôt stable dans le temps, en revanche, la valeur de l'équivalent-IBGN tend à décroître ces dernières années dans cette station.

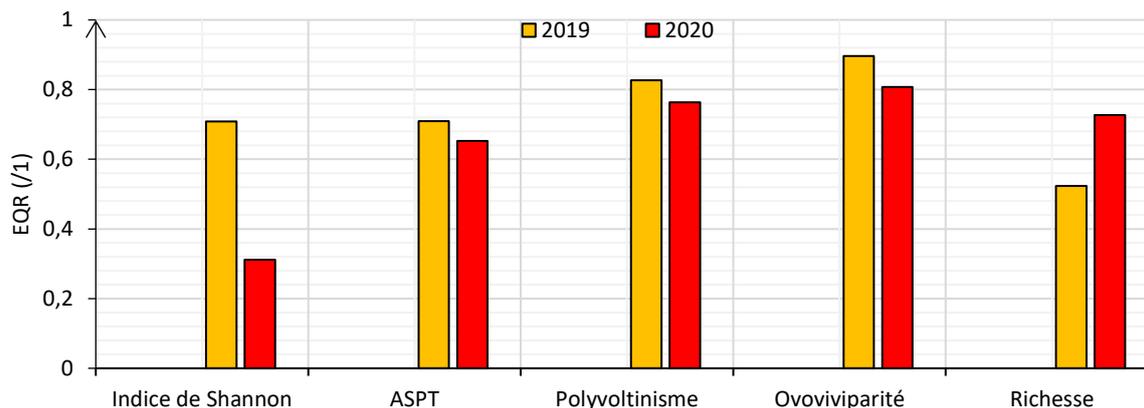
Si la mise en œuvre de l'outil diagnostique ne permet pas d'être conclusif, en revanche, les métriques élémentaires de l'I2M2 indiquent que ce sont essentiellement des problématiques liées à la faiblesse de la diversité qui sont en cause, impliquant *in fine* des taxons parmi les plus sensibles et/ou patrimoniaux. Plusieurs hypothèses (non exclusives entre elles, voire même cumulatives) peuvent être avancées pour expliquer cette relative faible résilience du macrobenthos de DRU10 :

- Qualité des micro-habitats : objectifs des travaux de réhabilitation atteints ? Limites naturelles de ce type de milieu en forte connectivité avec des zones humides ?
- Evolutions hydro-climatiques : augmentation de la fréquence des canicules et sécheresses (étiage très sévère en 2020 par exemple), avec possible effet cumulatif d'années en années ;
- Pression par les substances toxiques, pesticides dissous en particulier : altération de la résilience de la communauté macrobenthique et *in fine* accroissement de sa vulnérabilité aux autres pressions ?

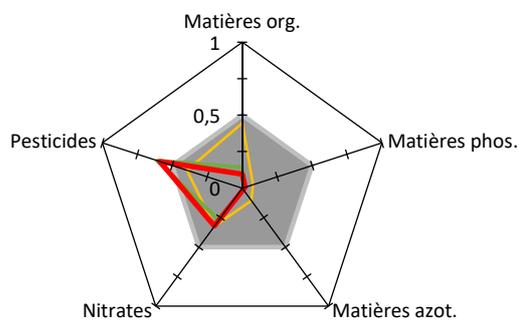
La mise en perspective avec l'état de conservation du macrobenthos plus en aval le long du linéaire du Dugeon est délicate à entreprendre : la sensibilité des taxons présents tend à décroître par rapport à la partie apicale, mais ceci est contre-balançé par une augmentation concomitante de la variété *via* des organismes relativement ubiquistes, phénomène qui tend à s'accroître ces dernières années. Ceci est vraisemblablement la conséquence conjuguée à la fois d'une évolution de la typologie du cours d'eau et d'une pression hydro-climatique croissante (favorable à « plus de diversité mais moins de qualité » au sein des « hydrosystèmes froids »).

Macro-invertébrés	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,724	0,749	0,666	0,713	
IBGN-eq	17	15	15	16	1,048
Robustesse positive	18	18	17	18	
Robustesse négative	17	14	15	15	
Groupe Indicateur	8	8	7	8	
Variété taxonomique	34	28	31	31	
Variété totale (DCE)	46	32	52	43	

I2M2 - Métriques élémentaires - DRU10

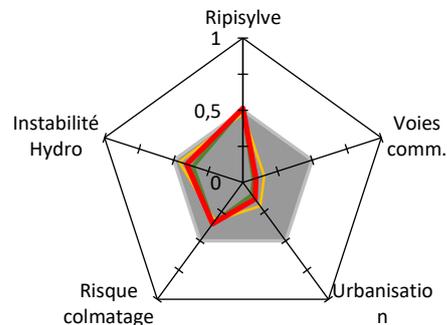


I2M2 - Diagnostic physico-chimie



■ DRU10_18 ■ DRU10_19 ■ DRU10_20

I2M2 - Diagnostic hydromorphologique



■ DRU10_18 ■ DRU10_19 ■ DRU10_20

Figure 8. Principaux indicateurs de la qualité macrobenthiques « actuelle » de DRU10 : tableau des indices et métriques (en haut, couleurs = classes d'état DCE), 5 métriques élémentaires de l'I2M2 (au centre), outil diagnostic (en bas).

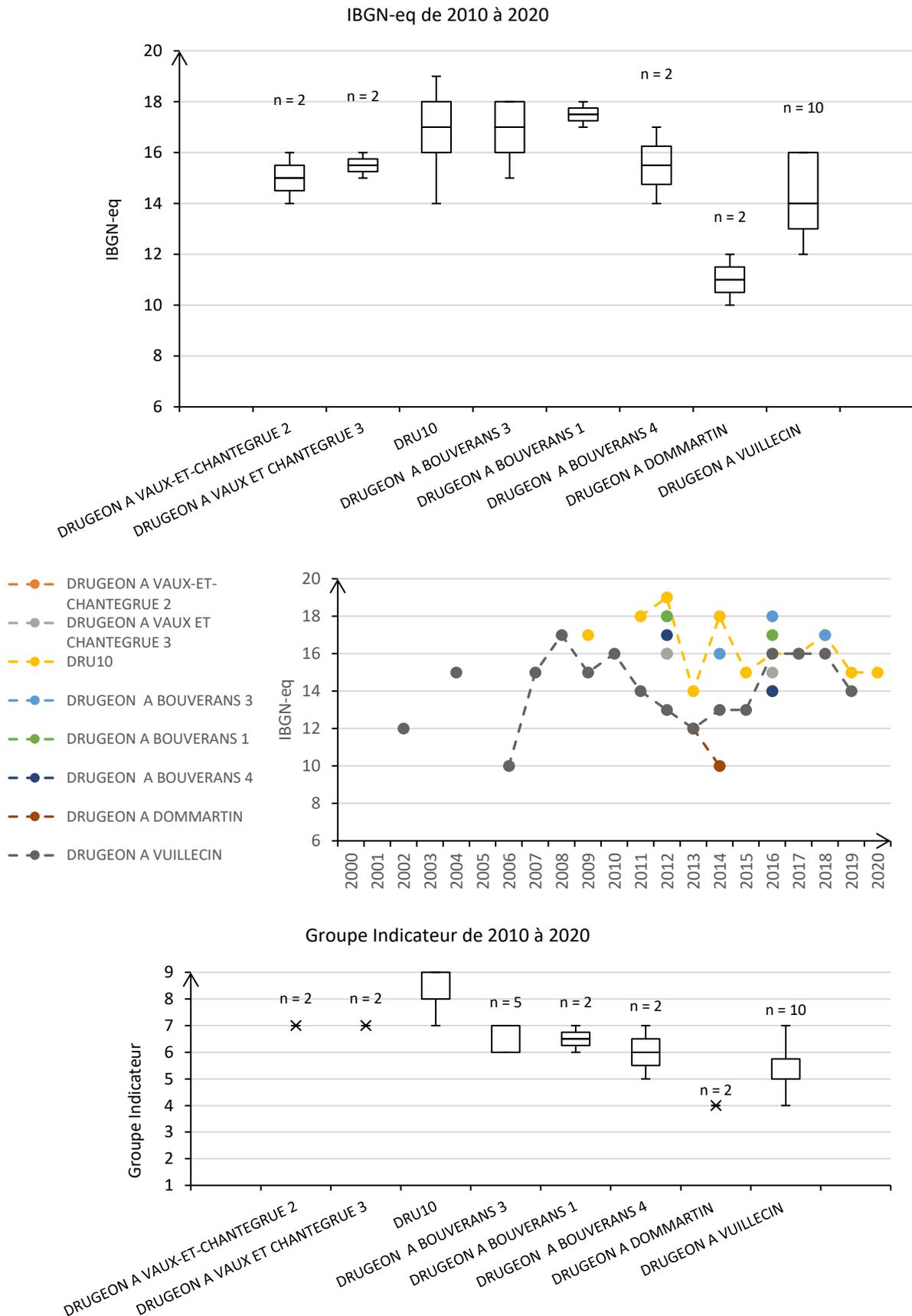


Figure 9. Variabilité temporelle et spatiale de l'équivalent-IBGN le long du linéaire du Drugeon (en haut), dynamiques évolutives de l'équivalent-IBGN (au centre), et variabilité du rang du groupe indicateur (en bas).

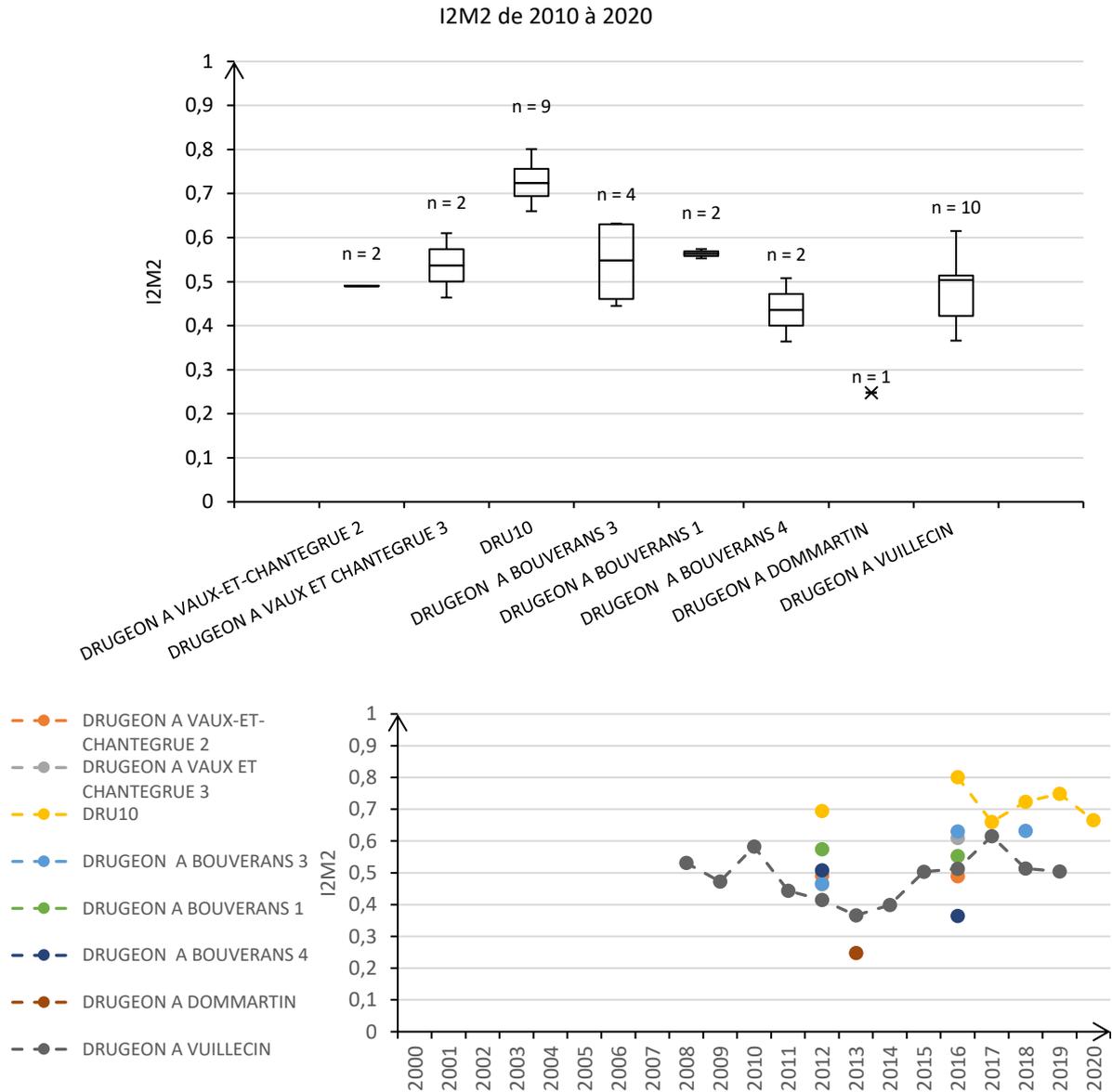


Figure 10. Variabilité temporelle et spatiale de l'I2M2 le long du linéaire du Drugeon.

3. Poissons

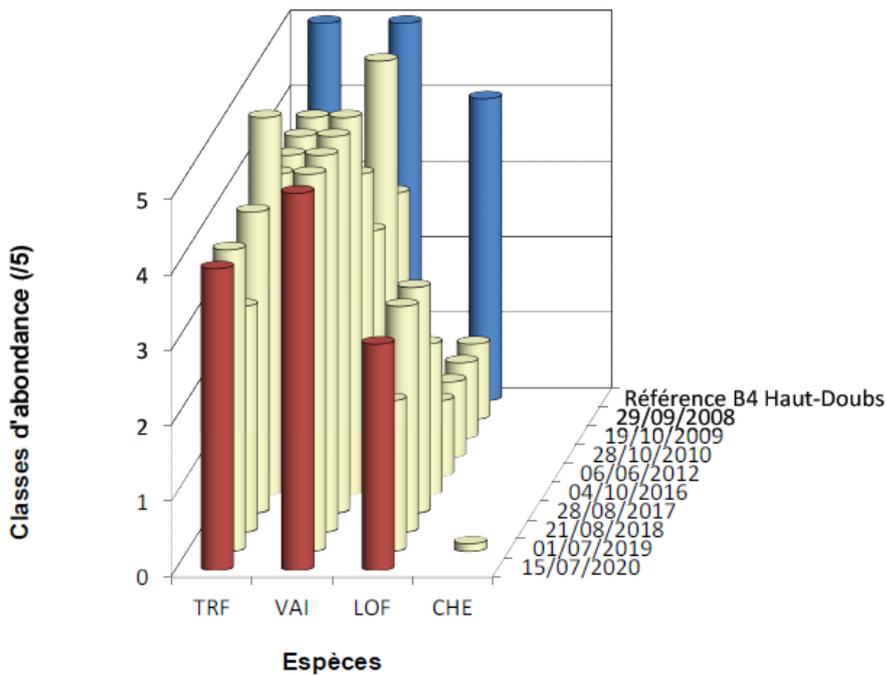


Figure 11. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station DRU10 (extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs).

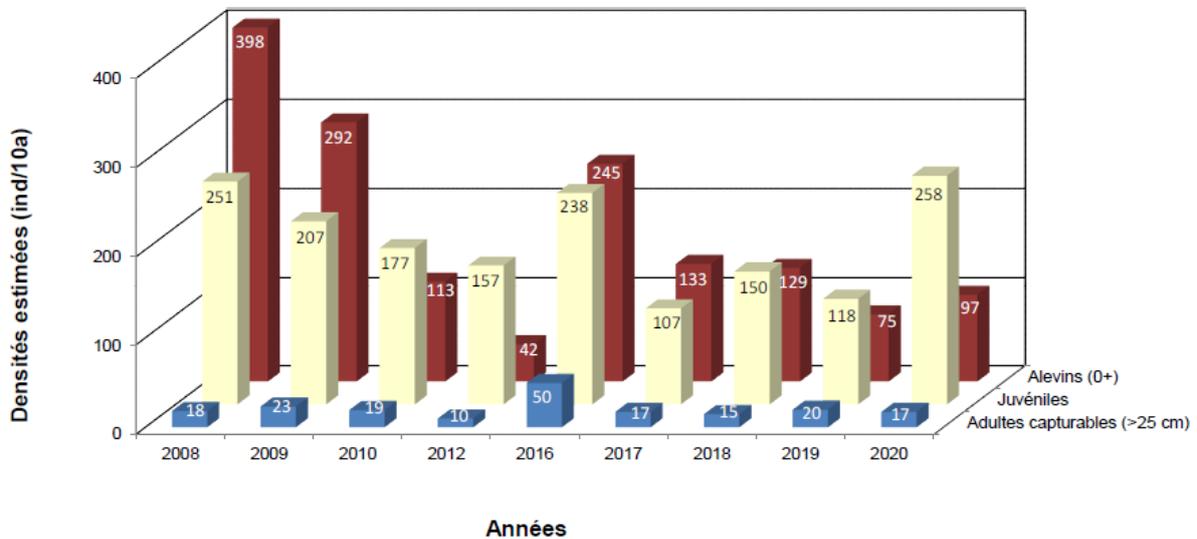


Figure 12. Evolution de la structuration de la population en truites au niveau de la station DRU10 (extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs).

Les inventaires piscicoles (menées dans le cadre du réseau fédéral de suivi piscicole du Doubs) ont mis en évidence un peuplement conforme à la référence d'un point de vue qualitatif au sein de la station DRU10. Toujours déficitaire, la truite fario voit néanmoins ses densités numériques tout comme sa biomasse croître de manière sensible, sans évolution cependant de sa classe d'abondance globale.

Plus globalement, le peuplement piscicole de cette station présente en état moyen à bon, en voie d'amélioration, mais encore loin de ce qui était observé initialement pour les truites jusqu'en en 2008-2009.

H. Conclusion

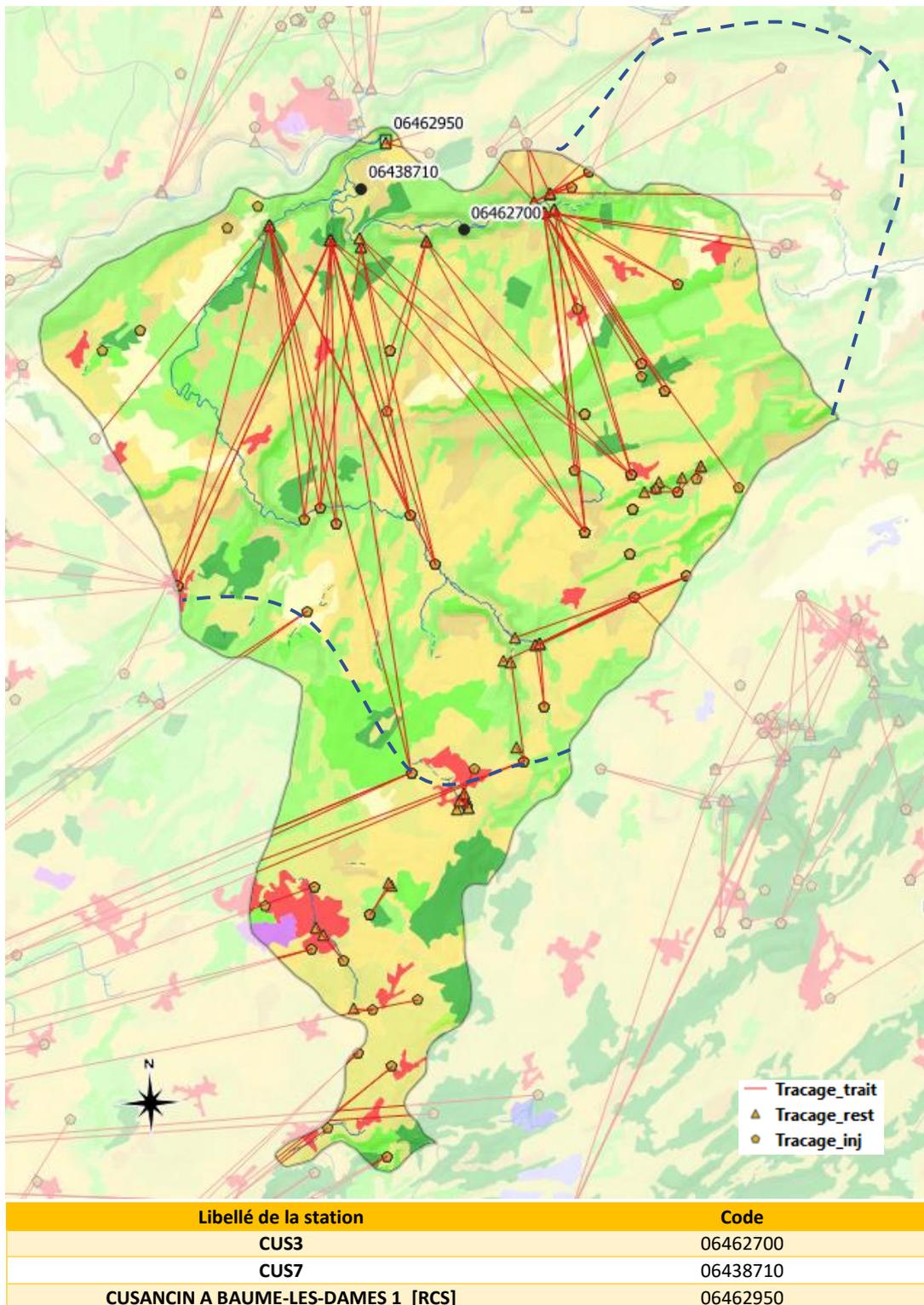
La station DRU10 présente un « bon état écologique 2021 » selon le référentiel DCE (agrégation 2018-2020), stable dans le temps. La trophie et par conséquent les peuplements diatomiques y sont préservés (malgré une tendance naturelle aux teneurs moyennes en COD).

En revanche, la pression « pesticides dissous » tend à s'accroître, ce qui, conjugué aux évolutions hydro-climatiques (e.g. très fort étiage en 2020), contribue potentiellement à une vulnérabilité croissante du macrobenthos dans cette partie apicale du Drugeon (secteur pourtant au fort potentiel macrobenthique).

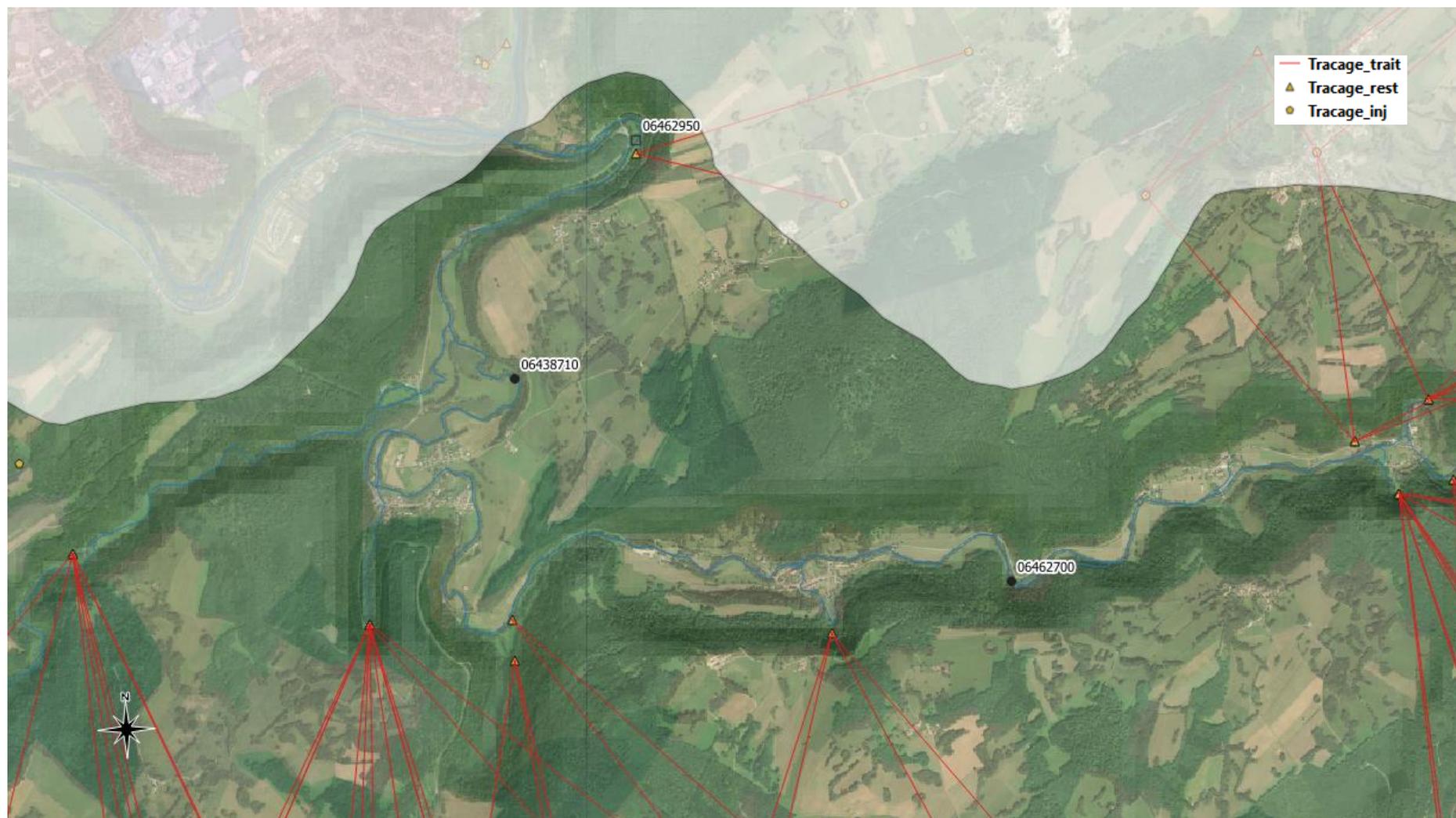
Plus en aval, le Drugeon est marquée par des pressions croissantes vraisemblablement de natures agricoles et domestiques, mais aussi possiblement liés à la morphologie du lit mineur et à sa fonctionnalité plus ou moins marquée avec les zones humides adjacentes. Ceci se traduit par une légère altération de la physico-chimie et de façon plus ostensible de ses qualités hydrobiologiques.

II. Le Cusancin

A. Localisation



Carte 5. BV du Cusancin et traçages des eaux souterraines : découpage selon la BDD Topage (ligne continue) et selon les circulations souterraines référencées (pointillés, CD Eau Environnement). Fond de carte = recouvrement des sols selon la nomenclature CorineLandCover 2018.



Carte 6. Vue générale de la Vallée du Cusancin *sensu stricto* : localisation des 3 stations, traçage d'eau souterraines, fond de carte = orthophoto + CorineLandCover 2018.



Photographie 2. Vues de CUS03 (en haut) et CUS07 (en bas) prises en fortes eaux à gauche (25/11/2019), et en basses eaux à droite (05/09/2018 et 07/09/2020).

La station CUS03 est localisée dans la partie amont du BV, i.e. quelques kilomètres à l'aval de la confluence des sources du Cusancin (Source Bleue, Source Noire et Torrent des Alloz), ainsi qu'à l'aval de Cusance, du Ru de Montivernage et d'une pisciculture.

La station CUS07 est localisée dans la partie médiane du BV, à l'aval de Pont-les-Moulins et de la confluence avec la Glaie Noire, mais à l'amont de la confluence avec le Sesserant. De nombreuses restitutions d'eaux souterraines interviennent entre ces 2 stations.

Enfin, une station du réseau RCS est localisée en fermeture de bassin, environ 900m en aval de la confluence avec le Sesserant (et des eaux souterraines que cet affluent intègre), i.e. 1400m en aval de la station CUS07.

Globalement, si l'occupation du sol est en grande partie forestière à proximité du lit mineur, en revanche le BV hydrographique du Cusancin est occupé en grande partie par de l'activité « élevage ». Les sources captent la partie orientale de ce BV, tandis que le secteur de l'Audeux est restitué au niveau des différents affluents du Cusancin (entre CUS03 et CUS07, puis au niveau du Sesserant).

A noter conjointement la présence de la station d'épuration de Pont-les-Moulins et donc de la pression domestique qui lui est potentiellement associée.

B. Contexte hydrologique

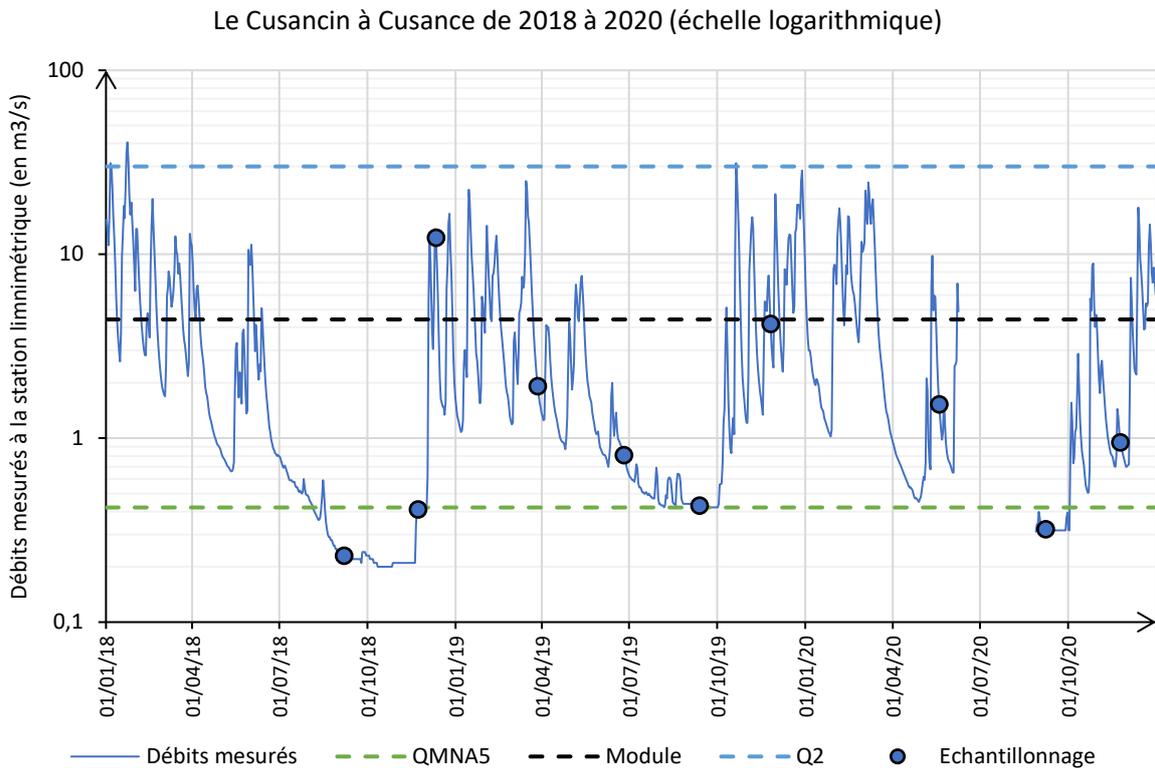


Figure 13. Chronologie des débits mesurés entre le 1er janvier 2018 et le 31 décembre 2020 (3 ans) au sein de la station limnimétrique automatique localisée sur le Cusancin à Cusance. Les ronds indiquent les dates d'échantillonnages. NB : une campagne fut réalisée le 15/07/2020 lorsque la station n'enregistrait pas les débits.

Les 3 derniers étés furent marqués par des étiages sévères, davantage marqué en 2018 au niveau du Cusancin, et tardif en 2019. Des échantillonnages ont été réalisés lors de ces périodes sensibles, les autres intervenant dans des contextes divers, parfois en période d'instabilité hydrologique.

En revanche il n'a pas été observé de crue remarquable lors de cette période (Q2 atteint en janvier 2018 puis octobre 2019).

C. État écologique DCE

CUS3	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	BE
État biologique	/	/	/	/	TBE	BE	TBE	TBE
Macro-inv.	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	/	/	BE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Nutriments	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	/	/	/	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	/

CUS7	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	BE
État biologique	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Nutriments	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	/	/	/	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	/

CUSANCIN A BAUME-LES-DAMES 1	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	EMO	BE	BE							
État biologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE								
Diat.	TBE	TBE	TBE								
Poissons	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE
État physico-chimique	BE	BE	BE								
Oxygénation	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température	TBE	TBE	TBE								
Acidification	TBE	BE	BE	BE							
Nutriments	BE	BE	BE								
Nutriments phosphorés	BE	TBE	TBE	TBE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	BE	BE	BE								
Polluants spécifiques	BE	BE	BE								

Tableau 12. Synthèse des états écologiques DCE tels qu'extraits de la BDD Agence de l'Eau en janvier 2022. L'ordre des tableaux correspond à l'ordre amont-aval des stations le long du linéaire. Le calcul des états écologiques intègre potentiellement les états piscicoles malgré un « avis critiques à dire d'expert » tels que rappelé dans le chapitre relatif à ces organismes.

Il n'est pas fait état d'altération majeure de la qualité écologique du Cusancin en se référant aux classes d'état selon le référentiel DCE. Cette observation est néanmoins discutée dans les chapitres suivants.

NB : l'état moyen de la station RCS en 2019 est liée à la composante « macrophytes » ici non discutée.

D. Pression organique

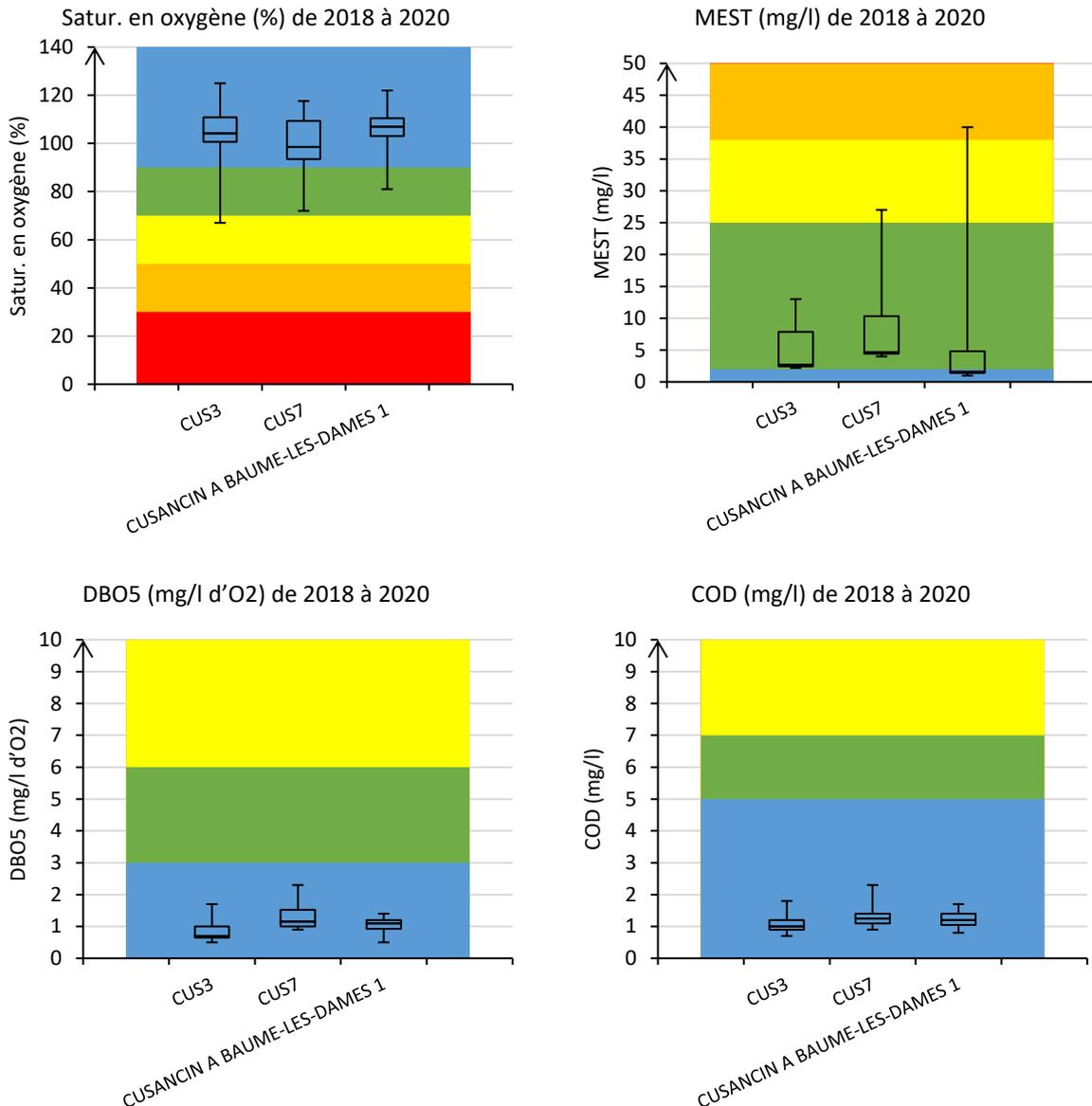


Figure 14. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des mesures des paramètres du bilan de l'oxygène.

Il n'apparaît de dysfonctionnement majeur des paramètres du bilan de l'oxygène et donc pas de pollution organique ostensible qui s'exercerait sur le Cusancin.

En revanche, on remarque une relative vulnérabilité récurrente du cours d'eau aux teneurs moyennes en MES, ce constat étant toutefois relativement commun avec celui réalisé pour les autres cours d'eau présentement suivis (bas de la gamme « bon état » mais des pics déclassants).

E. Trophie

1. Matières azotées

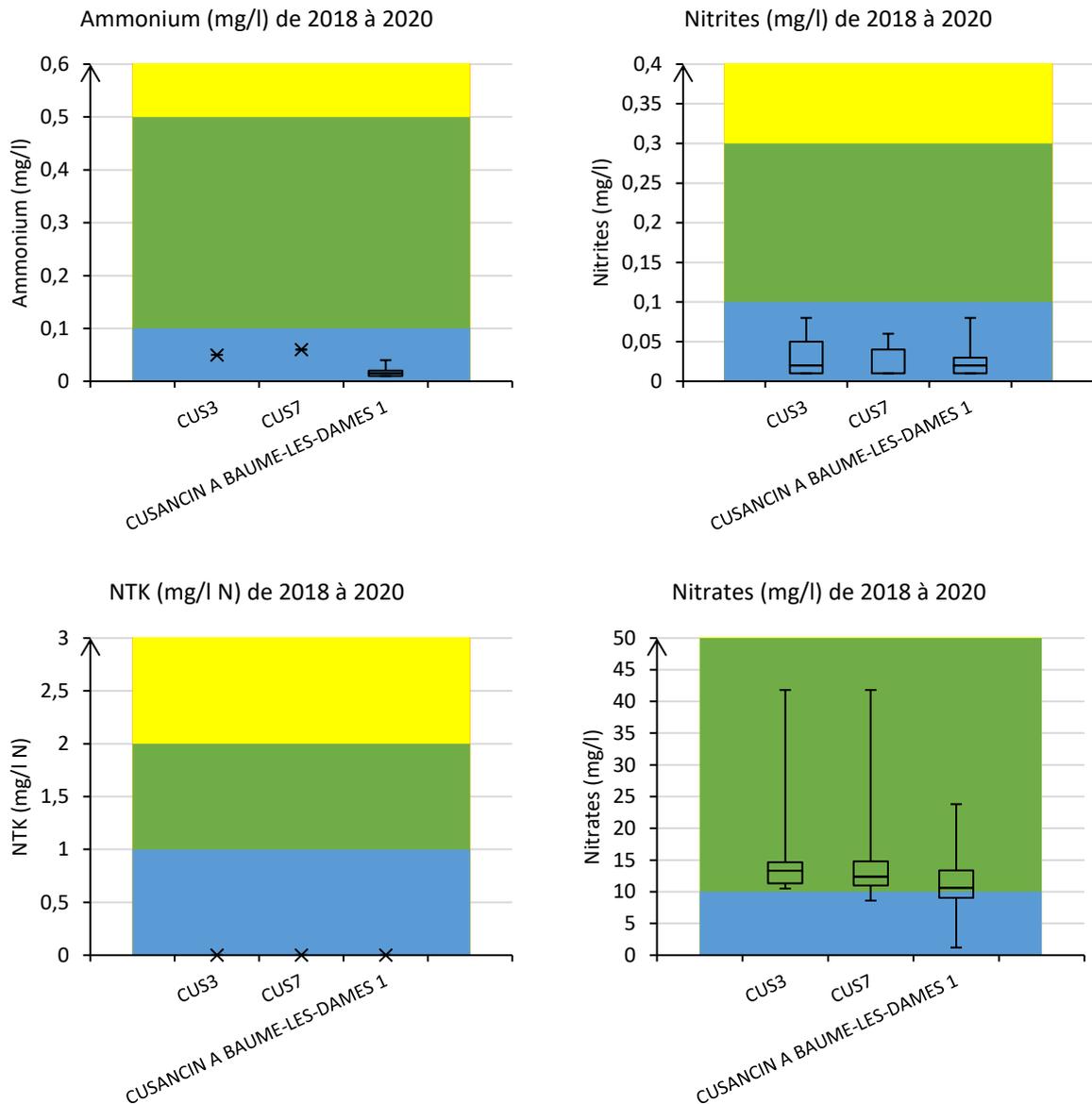


Figure 15. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières azotées (référentiel DCE).

Il n'est pas observée de dystrophie majeure du Cusancin vis-à-vis de l'ammonium ou des nitrites.

En revanche, la pollution par les nitrates y est chroniquement moyenne (10-15 mg/L), et saisonnièrement élevée (pics > 40mg/L), favorisant ainsi potentiellement des blooms algaux. Par comparaison, au niveau du Drugeon, le module en nitrates est de 3 mg/L avec des pics à 6 mg/L.

Cette pression s'exerce un peu moins en fermeture de bassin où elle s'avère stable sur le long terme, tandis que plus en amont la pression s'avère croissante depuis au moins 2012. Cette évolution peut en partie s'expliquer par les évolutions hydrologiques davantage favorables à des phénomènes de lessivages automnaux intenses après de longues périodes de sécheresses, phénomènes généralement plus ostensibles dans les secteurs sous fortes influences karstiques.

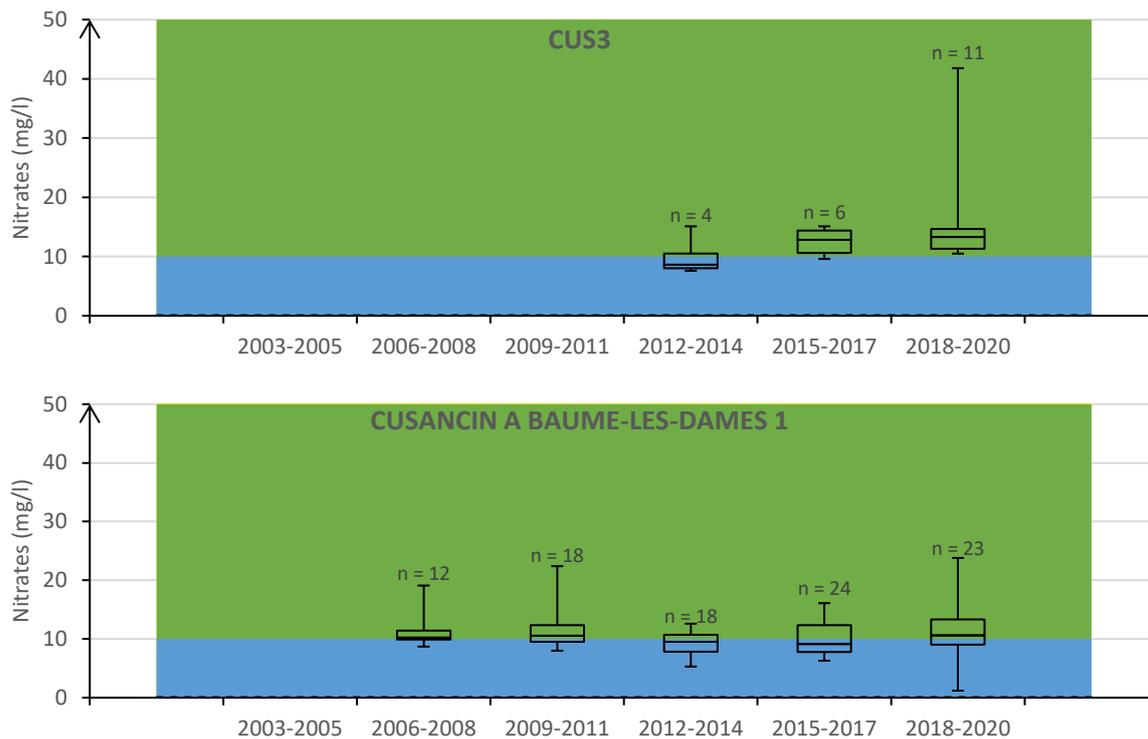


Figure 16. Evolution de la variabilité triennale des teneurs en nitrates au sein de la station CUS03 et de la station RCS (référentiel DCE). n = nombre de données disponibles.

2. Matières phosphorées

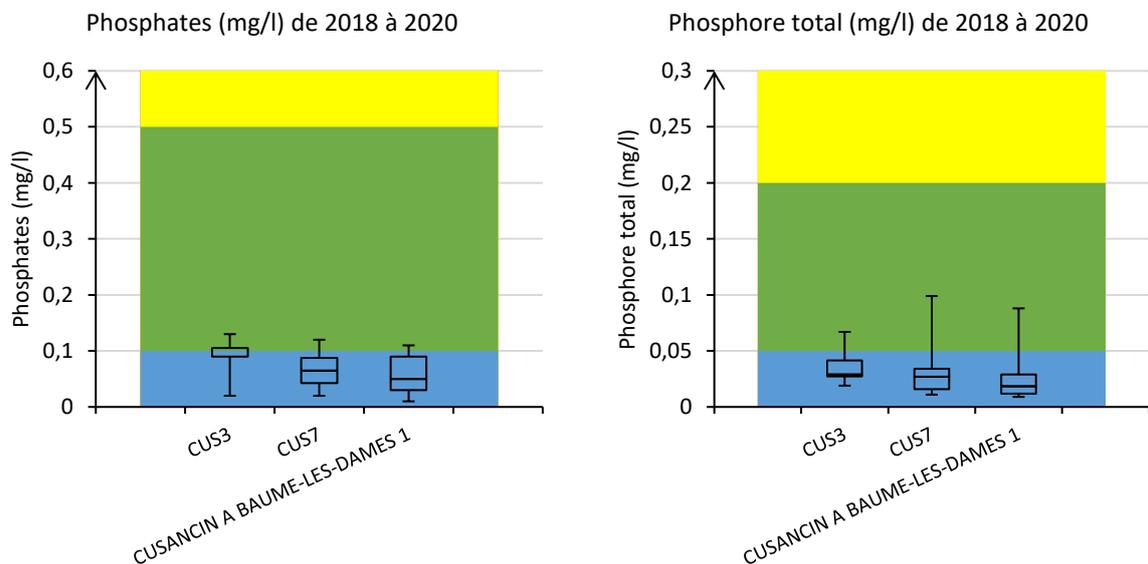


Figure 17. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières phosphorées (référentiel DCE).

Une dystrophie phosphorée modérée mais chronique est observée dès la station CUS03, puis tend à décroître plus en aval.

Bien que se situant dans la classe « très bon » selon le référentiel DCE, la récurrence de ce type de pollution est potentiellement fortement impactante quant à l'écologie de l'hydrosystème (phénomènes de blooms algaux en particulier). Cette observation est toutefois à nuancer au regard des très fortes teneurs concomitantes en nitrates dans le milieu¹.

¹ La controverse entre N et P

Il existe dans la littérature une controverse concernant le rôle respectif de N et P dans le déclenchement de l'eutrophisation

Certains auteurs considèrent que la régulation des phénomènes d'eutrophisation dans les eaux douces passe par une limitation unique des apports en P. Cet élément serait selon eux le facteur unique limitant le développement des producteurs primaires, l'acquisition de l'azote pouvant se faire à travers l'activité des cyanobactéries diazotrophes.

En eau douce, cette hypothèse a été formulée notamment à partir des résultats relatifs à des études portant sur des suivis à long terme d'enrichissements en azote, phosphore ou azote et phosphore d'un lac pauvre en nutriments, le lac 227, au nord-ouest de l'Ontario au Canada, puis au suivi de son évolution après suppression des enrichissements. Les études ont clairement montré que la suppression de l'apport en phosphore limitait l'eutrophisation, ce qui a poussé les auteurs à préconiser de limiter uniquement les apports de phosphore pour enrayer l'eutrophisation, et ce quel que soit l'écosystème d'eau douce ou saumâtre.

Les auteurs de ces études étayaient leur argument avec le succès de cette expérience unique à long terme, le fait que les études montrant la co-limitation de l'azote ou du phosphore ont été surtout mises en évidence dans des expérimentations en laboratoires ou mésocosmes, ces expériences à court terme ne rendant cependant pas compte de la complexité des écosystèmes, le fait que la régulation des apports d'azote coûterait trop cher et qu'elle serait inutile puisqu'elle serait compensée par la fixation atmosphérique des cyanobactéries.

Cette focalisation sur la régulation unique des apports de phosphore a été développée aux Etats-Unis depuis plusieurs années, notamment sur le lac Érié. Cependant, de nombreuses études récentes remettent en cause cette option et préconisent de limiter à la fois des apports d'azote et de phosphore dans les eaux continentales, saumâtres ou salées. Les principaux arguments en faveur de cette co-régulation de l'azote et du phosphore pour juguler l'eutrophisation sont les suivants :

- Les lacs oligotrophes du Nord Canada ne représentent pas la grande diversité des écosystèmes aquatiques continentaux, estuariens, lagunaires, côtiers et marins ;
- Il a été montré à de nombreuses reprises que les efflorescences algales en milieu côtier, notamment ceux de macroalgues vertes, étaient fortement influencées par les apports d'azote, surtout en été, car, si l'azote et phosphore sont tous deux peu abondants dans les eaux marines de surface, la minéralisation de l'azote organique détritique issu de la floraison printanière est beaucoup plus lente que celle du phosphore organique détritique, conduisant habituellement à une carence estivale en azote des eaux marines ;
- Plusieurs études (dont une menée sur le même lac 227 du nord-ouest de l'Ontario) ont montré que la fixation d'azote par les cyanobactéries n'égalait pas les apports provenant normalement des bassins-versants ;
- Le phosphore n'ayant quasi-pas de phase gazeuse, il s'accumule plus rapidement que l'azote dans les écosystèmes aquatiques anthropisées. Son augmentation continue dans les sédiments des cours d'eau, des lacs, des estuaires et des lagunes fait de lui une ressource de plus en plus biodisponible pour les plantes aquatiques et les algues, d'où le besoin de réguler également l'apport d'azote, qui devient dans ce cas l'élément limitant le développement des producteurs primaires ;
- La stratégie basée sur la réduction unique des apports de phosphore pour juguler les problèmes d'eutrophisation n'a pas été couronnée de succès à ce jour. Par exemple, les lacs Apopka, Okeechobee aux Etats-Unis, le lac Érié entre les Etats-Unis et le Canada, les lacs Taihu et Donghu en Chine ont connu des efflorescences algales récentes malgré les efforts significatifs pour limiter uniquement les apports de phosphore ;
- Ce transport disproportionné d'azote par rapport au phosphore dû à la régulation univoque du phosphore entraîne son transfert au large, comme dans le cas de l'estuaire de la Neuse en Caroline du Nord ou dans la mer de Wadden entre les Pays-Bas et le Danemark.

Il existe aujourd'hui un faisceau de connaissances objectives qui soutiennent un consensus largement partagé par les scientifiques pour limiter à la fois les apports d'azote et de phosphore aux écosystèmes aquatiques, qu'ils soient ponctuels ou diffus, qu'ils soient d'origine urbaine, industrielle, agricole, ou résultant de l'usage des énergies fossiles.

La controverse sur le ou les facteurs contrôlant l'eutrophisation souligne plusieurs éléments à prendre en compte pour aborder ce processus complexe. Tout d'abord, elle rend compte de la difficulté à extrapoler les résultats obtenus sur un type

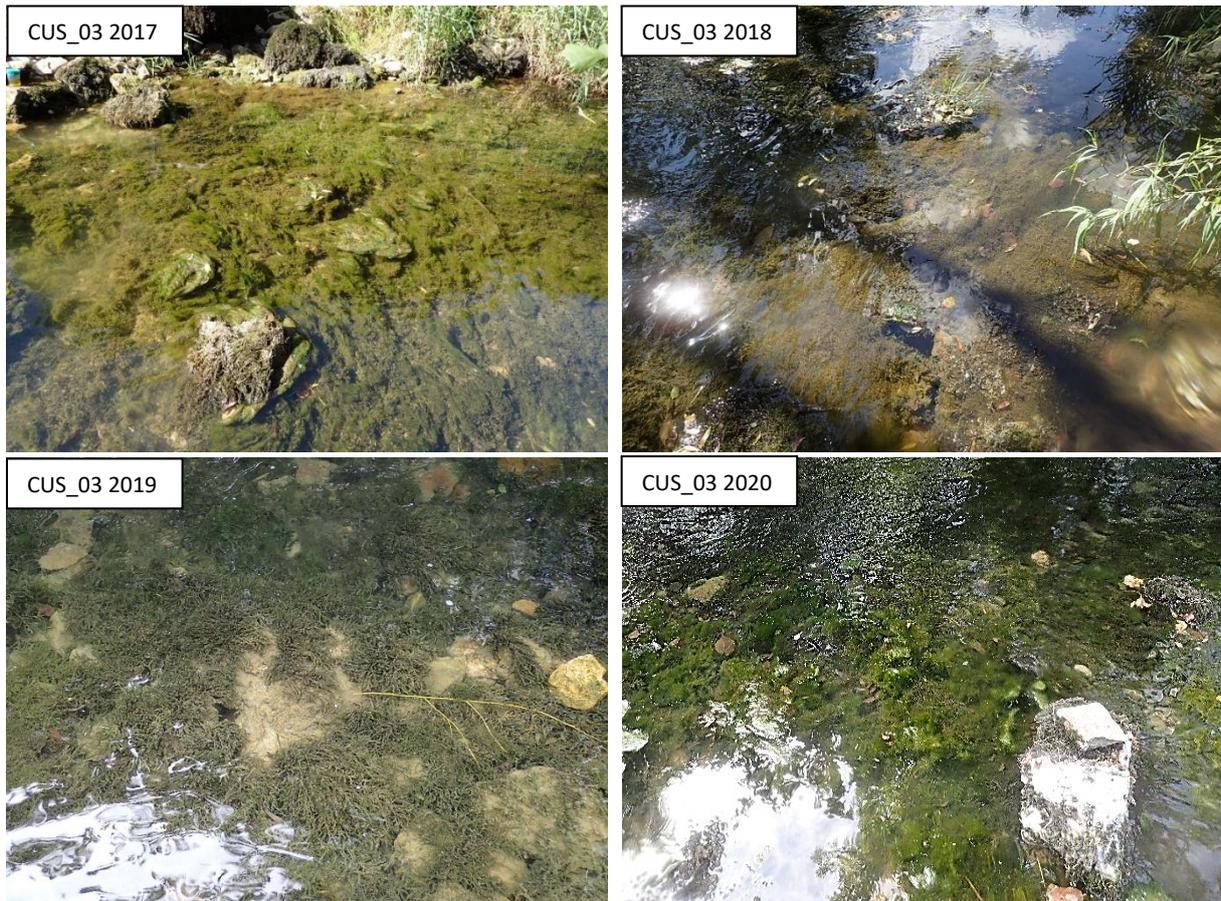


Figure 18. Vues des fonds estivaux de la station CUS03 de 2017 à 2020 : variabilité d'un recouvrement algal généralement élevé.

d'écosystème à d'autres. Chaque écosystème est unique et possède sa propre histoire et dynamique, elles-mêmes liées aux conditions géologiques, géomorphologiques, hydrologiques écologiques et climatiques locales, mais aussi aux pressions anthropiques passées et présentes et à leur nature, aux contextes sociologiques et économiques dans lesquelles elle se sont inscrites. Les écosystèmes aquatiques sont des systèmes complexes et ouverts qui ont des temps de réponse aux apports anthropiques qui peuvent être longs (plusieurs décennies) et non linéaires, qui nécessitent des suivis à long terme. Les cycles des nutriments ne sont pas isolés les uns des autres, et des mesures de régulation d'un élément ont des conséquences sur les autres et *in fine* sur l'équilibre des écosystèmes.

(source : *L'eutrophisation, manifestations, causes, conséquences et prédictibilité*, Pinay et al., Ed. Quae, 2018, 179 pages, ISBN 978-2-7592-2757-0).

F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds

Station	Date	Résultat	Unité	Nom	Type
CUS03	19/05/2020	0.038	µg/L	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate
	15/07/2020	2	µg/L	Formaldéhyde	Micropolluants
	24/11/2020	0.027	µg/L	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate
		0.046	µg/L	Chlortoluron	Herbicide
CUS07	19/05/2020	0.039	µg/L	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate
		0.022	µg/L	Dimethenamide	Herbicide
		0.055	µg/L	Métolachlor	Herbicide
	15/07/2020	0.021	µg/L	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate
	24/11/2020	0.024	µg/L	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate
		0.047	µg/L	Chlortoluron	Herbicide

Tableau 13. Teneurs (>LQ) en « pesticides » dissous (µg/L) dans CUS03 et CUS07 en 2020. NB : pas de substance quantifiée lors de la campagne de septembre 2020.

Les concentrations en pesticides dissous mesurées demeurent dans l'absolu faibles au sein des 2 stations investiguées, i.e. sans dépassement de seuils écotoxicologiques. Toutefois, ces recherches ne sont que très ponctuelles et sont plutôt à être considérées comme un indicateur global de la pression « pesticides » *lato sensu* (Cf rapport de synthèse sur les micropolluants dans le Doubs 2008-2018). Or, cette pression s'avère nettement croissante en 2020 comme l'illustre la comparaison avec les dernières analyses similaires dans ces stations (2 recherches en 2016, 4 en 2017) :

- CUS03 : 1 quantification (métaldéhyde) lors des 6 recherches de pesticides en 2016-2017 (vs 4 quantifications lors de l'ensemble des 4 campagnes de 2020, cf tableau ci-dessus) ;
- CUS07 : 1 quantification de métaldéhyde + 1 quantification métolachlore (vs 6 quantifications en 4 campagnes en 2020).

En comparant ces observations issues des 2 stations départementales avec celles issues de la station RCS en fermeture de bassin (autre programme analytique et autre fréquence d'échantillonnage), il n'est pas constaté d'envolée du taux de quantification *sensu stricto* mais plutôt de sa variabilité, la chronique étant nettement plus volatile en 2019 qu'en 2016, ceci avec un effort analytique relativement similaire entre ces 2 périodes.

Néanmoins, il n'a pas été quantifié de pesticides adsorbés dans le sédiment de ces stations départementales (129 paramètres recherchés). A noter que les micropolluants (dont les HAP) n'y ont pas été recherchés en 2020.

Les populations bryophytiques du Cusancin indiquent une absence de contamination significative des eaux par les métaux lourds. Les teneurs bio-accumulées (faibles) sont un peu plus élevées au niveau de la station CUS03, hormis pour le zinc qui s'avère un peu plus bio-accumulé au niveau de la station CUS07. Le même constat fut réalisé en 2016 puis en 2017, indiquant ainsi l'absence d'évolution notable de cette relative préservation du Cusancin vis-à-vis de ces ETM.

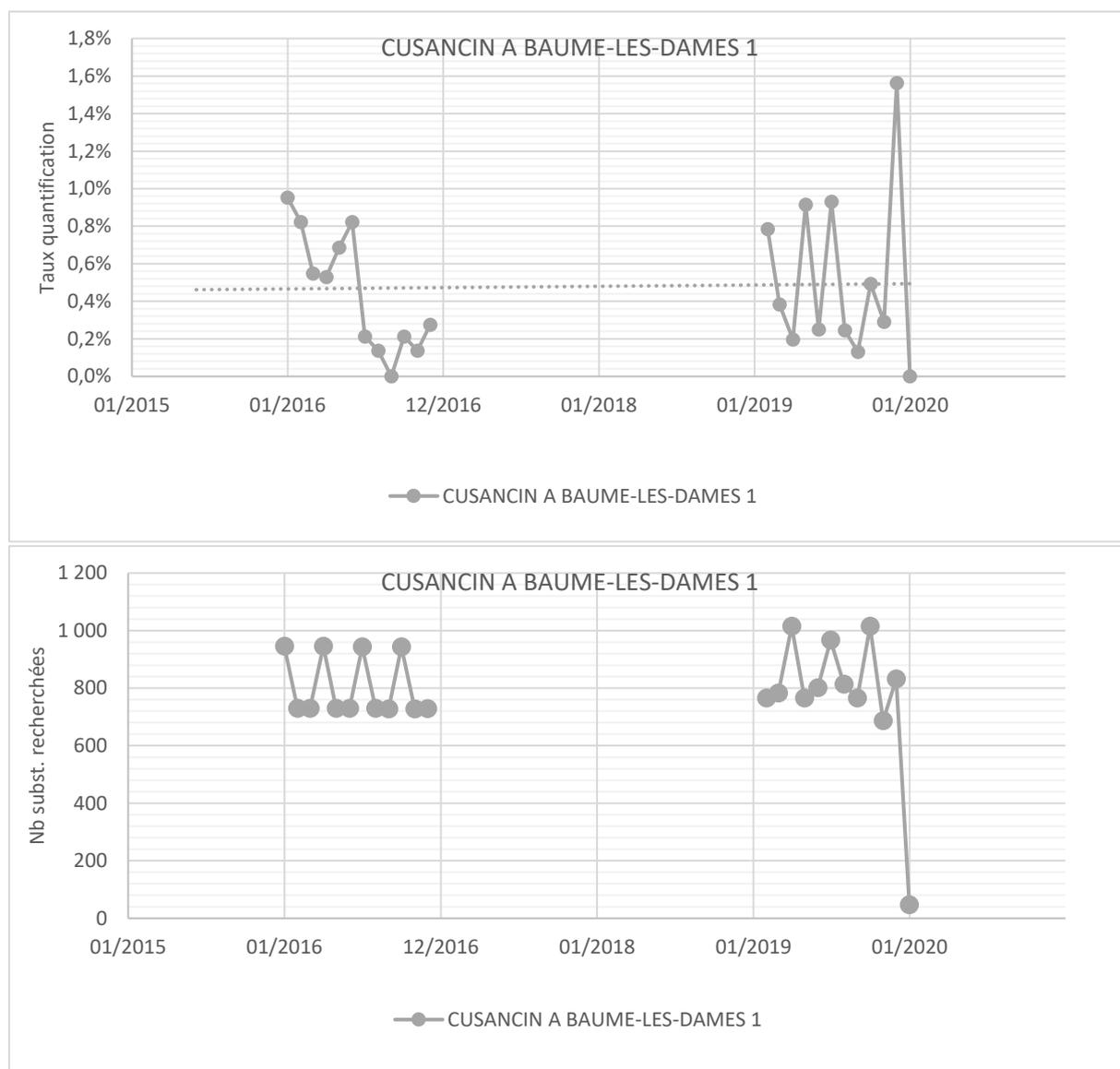


Figure 19. Evolution depuis 2015 du taux de quantification de micropolluants dissous (pesticides compris) dans la station RCS en fermeture de bassin (en haut), et du nombre de substances recherchées (en bas).

Support = bryophytes (07/09/2020)	CUS03	CUS07	Unité
Arsenic total	1.22	0.80	mg/(kg MS)
Cadmium total	0.15	0.09	mg/(kg MS)
Chrome total	2.63	1.46	mg/(kg MS)
Cuivre total	5.36	3.53	mg/(kg MS)
Mercure total	0.049	0.047	mg/(kg MS)
Nickel total	3.16	2.69	mg/(kg MS)
Plomb total	0.83	0.75	mg/(kg MS)
Etain total	0.24	0.24	mg/(kg MS)
Zinc total	23.86	32.99	mg/(kg MS)

Tableau 14. Teneurs en métaux lourds bio-accumulés dans les bryophytes (mg/Kg MS) dans CUS03 et CUS07 en 2020. Couleurs : classes de qualité SEQ-Eau.

G. Hydrobiologie

1. Diatomées

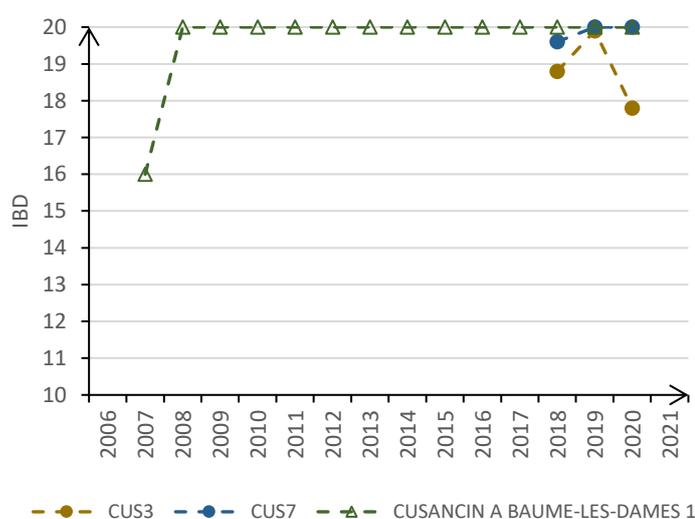
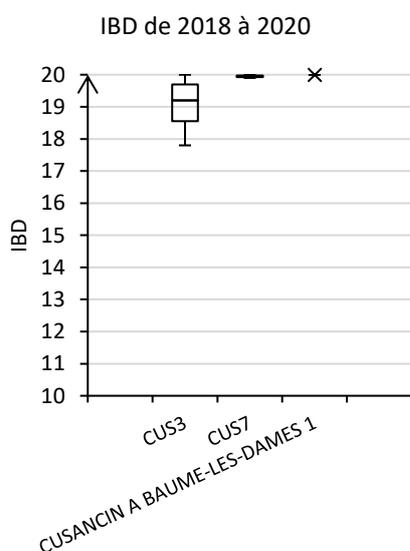
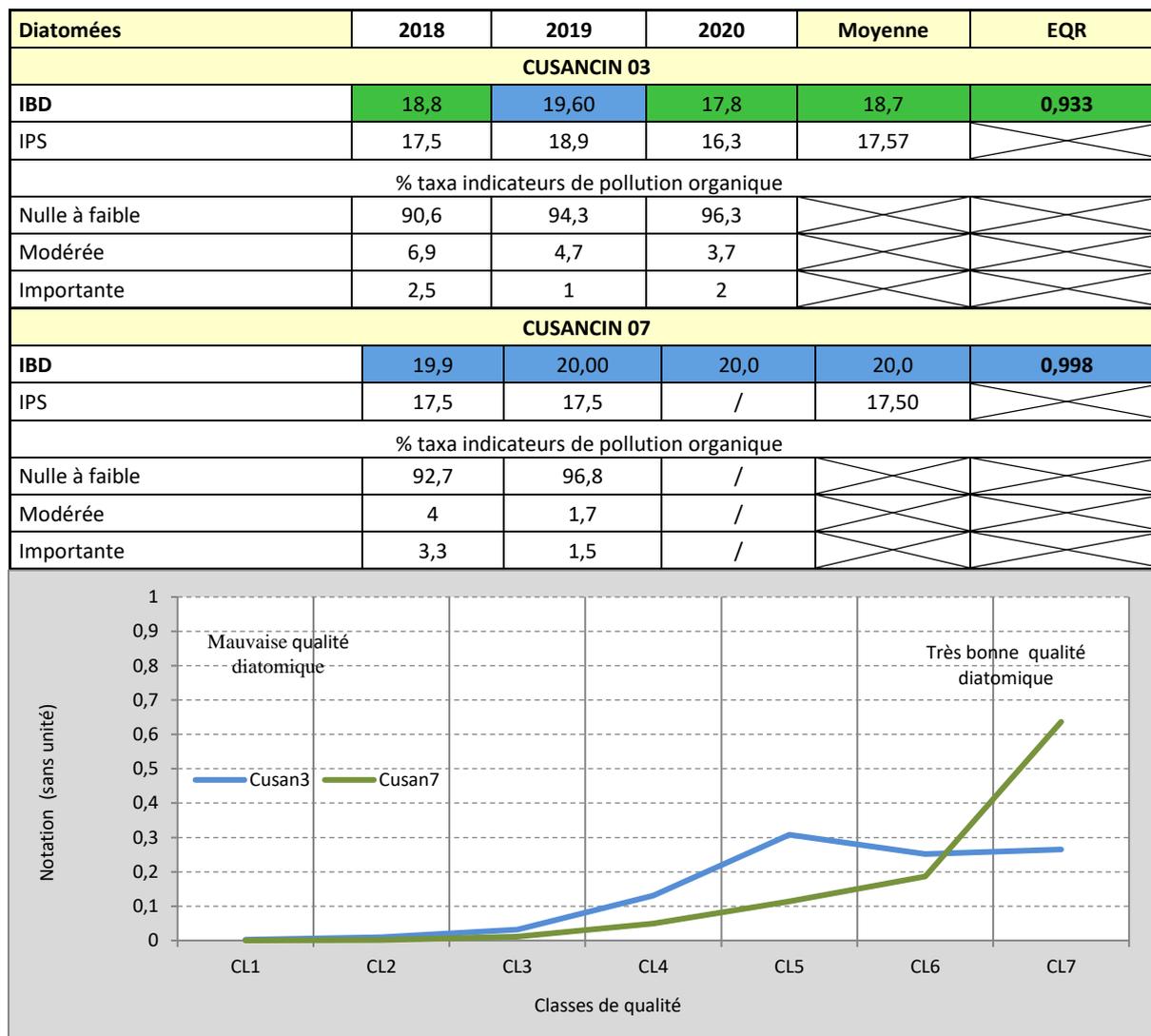


Figure 20. Indices et métriques de la qualité diatomique du Cusancin.

L'état diatomique de la station CUS07 est relativement stable et préservée, avéré de façon encore plus robuste pour la station RCS en fermeture de bassin. En revanche, la micro-flore diatomique peuplant la station CUS03 s'avère nettement plus altéré, avec en particulier des taxons plus tolérants aux pressions physico-chimiques (dominance de la classe 5/7).

Ces observations tendent à corroborer la tendance à une plus grande vulnérabilité de la partie apicale du cours d'eau aux dystrophies phosphorées.

2. Macro-invertébrés

CUS03	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,839	0,687	0,634	0,720	
IBGN-eq	18	17	15	17	1,119
Robustesse positive	17	18	15	17	
Robustesse négative	16	15	15	15	
Groupe Indicateur	8	8	8	8	
Variété taxonomique	38	33	26	32	
Variété totale (DCE)	41	43	33	39	

CUS07	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,782	0,712	0,621	0,705	
IBGN-eq	17	19	16	17	1,167
Robustesse positive	17	20	17	18	
Robustesse négative	17	18	15	17	
Groupe Indicateur	8	8	8	8	
Variété taxonomique	35	41	31	36	
Variété totale (DCE)	48	48	44	47	

Tableau 15. Indices et métriques de la qualité macrobenthiques de CUS03 et CUS07 en 2018-2020 (couleurs = classes d'état DCE).

Les 2 indices macrobenthiques sont cohérents avec une indication d'un « très bon état » en 2018 et 2019 puis un déclassement en « bon état » en 2020, ceci de façon extemporanée dans les 2 stations CUS03 et CUS07. Avec un recul temporel plus long, il se semble se dessiner des dynamiques cycliques de la qualité macrobenthique du Cusancin, 2020 se situant dans ce cadre dans un « creux ».

Globalement, on observe une qualité du macrobenthos relativement similaire entre CUS03 et CUS07, puis un peu mieux préservée en fermeture de bassin au sein de la station RCS.

Outre l'absence des taxons les plus sensibles (GFI 9) – comme sur l'ensemble du linéaire –, l'observation des métriques élémentaires de la station CUS03 indique une problématique essentiellement centrée sur les paramètres liés à la diversité taxonomique. Le profil d'altération des métriques élémentaires de la station CUS07 est davantage équilibré avec toutefois une légère prédominance de la problématique liée au polyvoltinisme. Ces observations seraient cohérentes avec d'une part une altération du macrobenthos essentiellement imputable aux problématiques de colmatage des fonds dans la partie amont (davantage dystrophique d'après la physico-chimie et les diatomées) et un retour « par défaut » de l'impact de la pression « pesticides » au niveau de la station CUS07, semble-t-il moins intensément ou récurrentement colmatée par les algues. A noter que cette pression « pesticides » paraît probable au regard de la mise en œuvre des outils diagnostics.

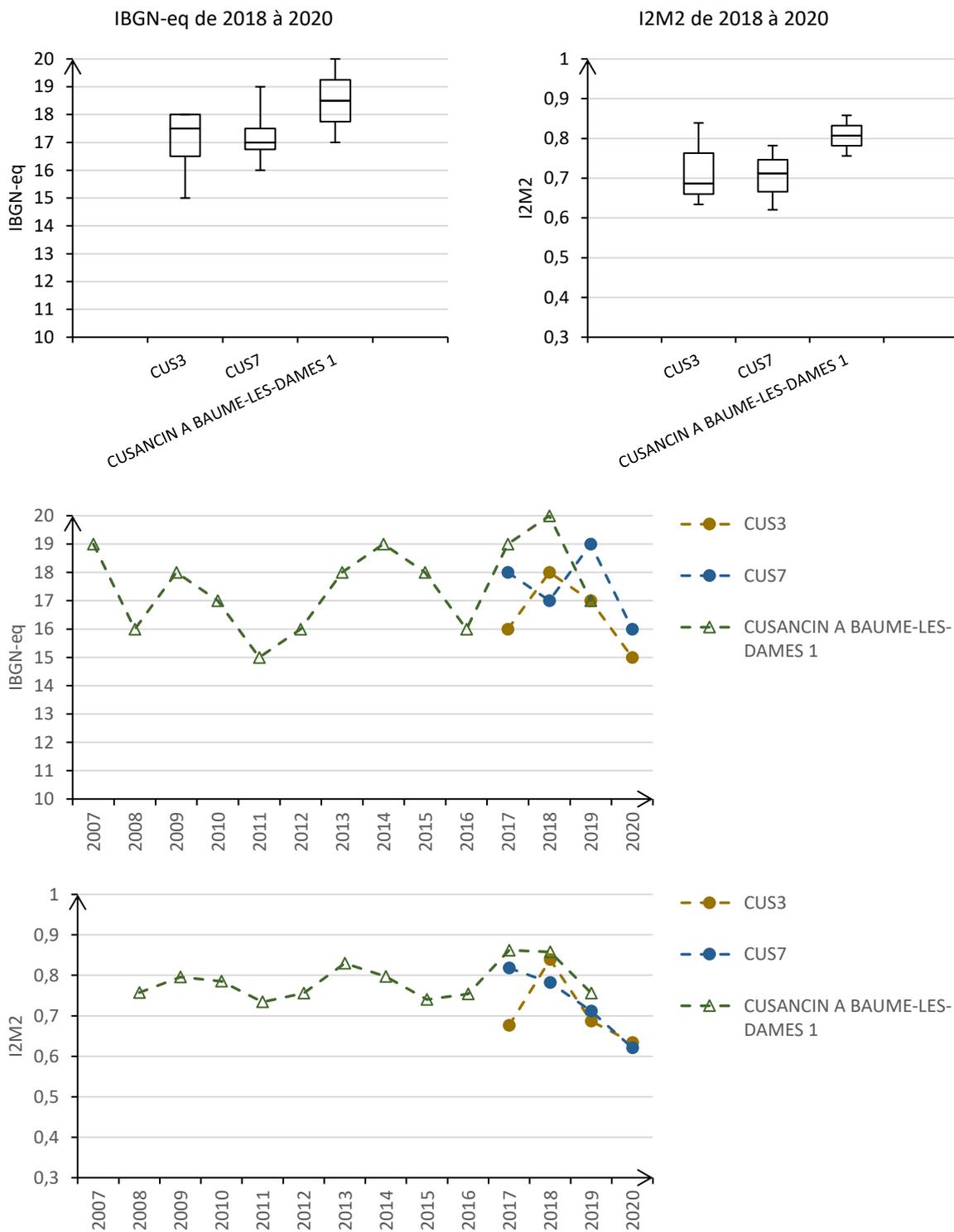
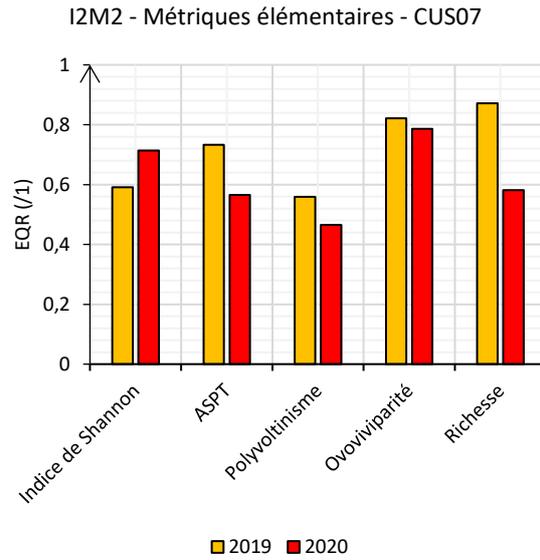
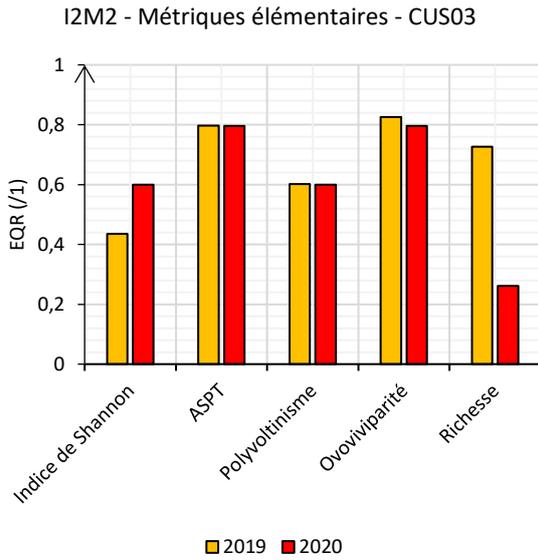
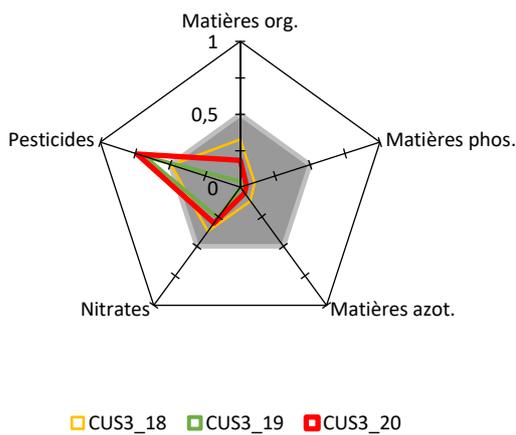


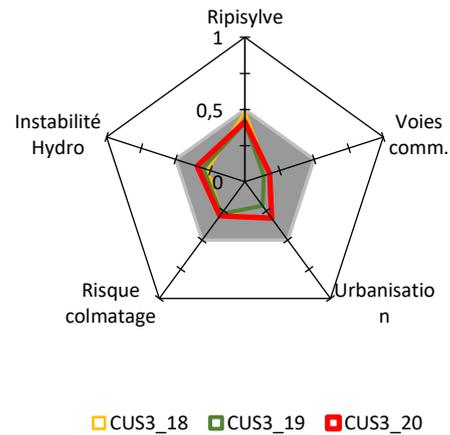
Figure 21. Variabilité et évolution des indices équivalent-IBGN et I2M2 du Cusancin.



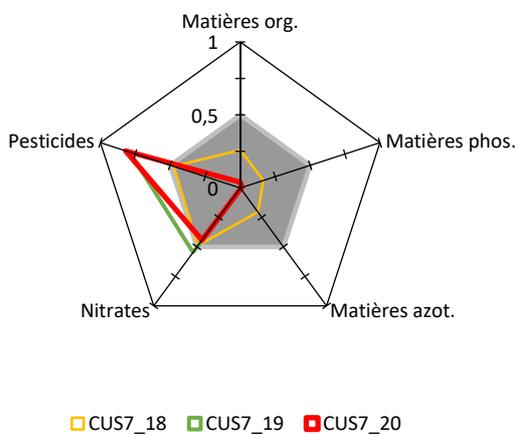
I2M2 - Diagnostique physico-chimie



I2M2 - Diagnostique hydromorphologique



I2M2 - Diagnostique physico-chimie



I2M2 - Diagnostique hydromorphologique

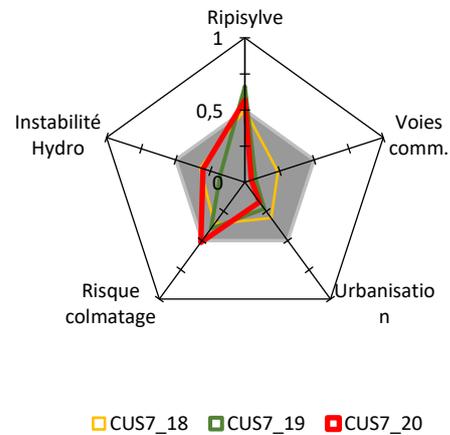


Figure 22. Métriques élémentaires de l'I2M2 et outils diagnostics des stations CUS03 et CUS07.

3. Poissons

Pêche d'inventaire à CUS 03

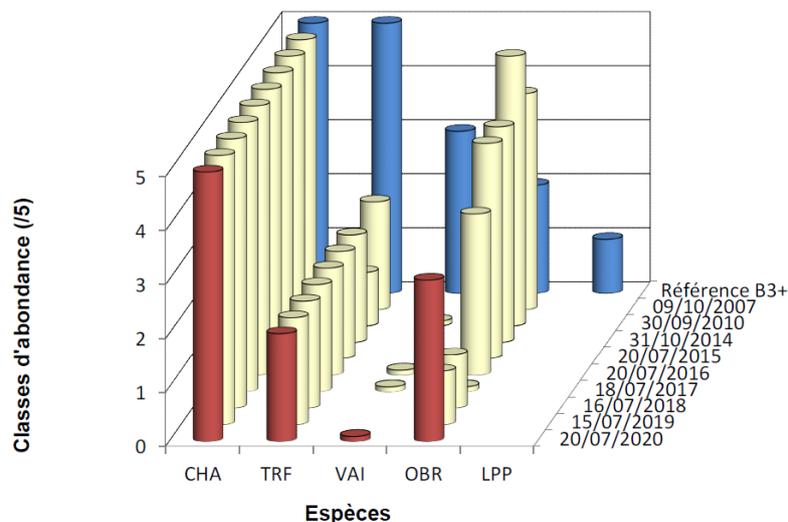


Figure 23. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station CUS03 (extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs).

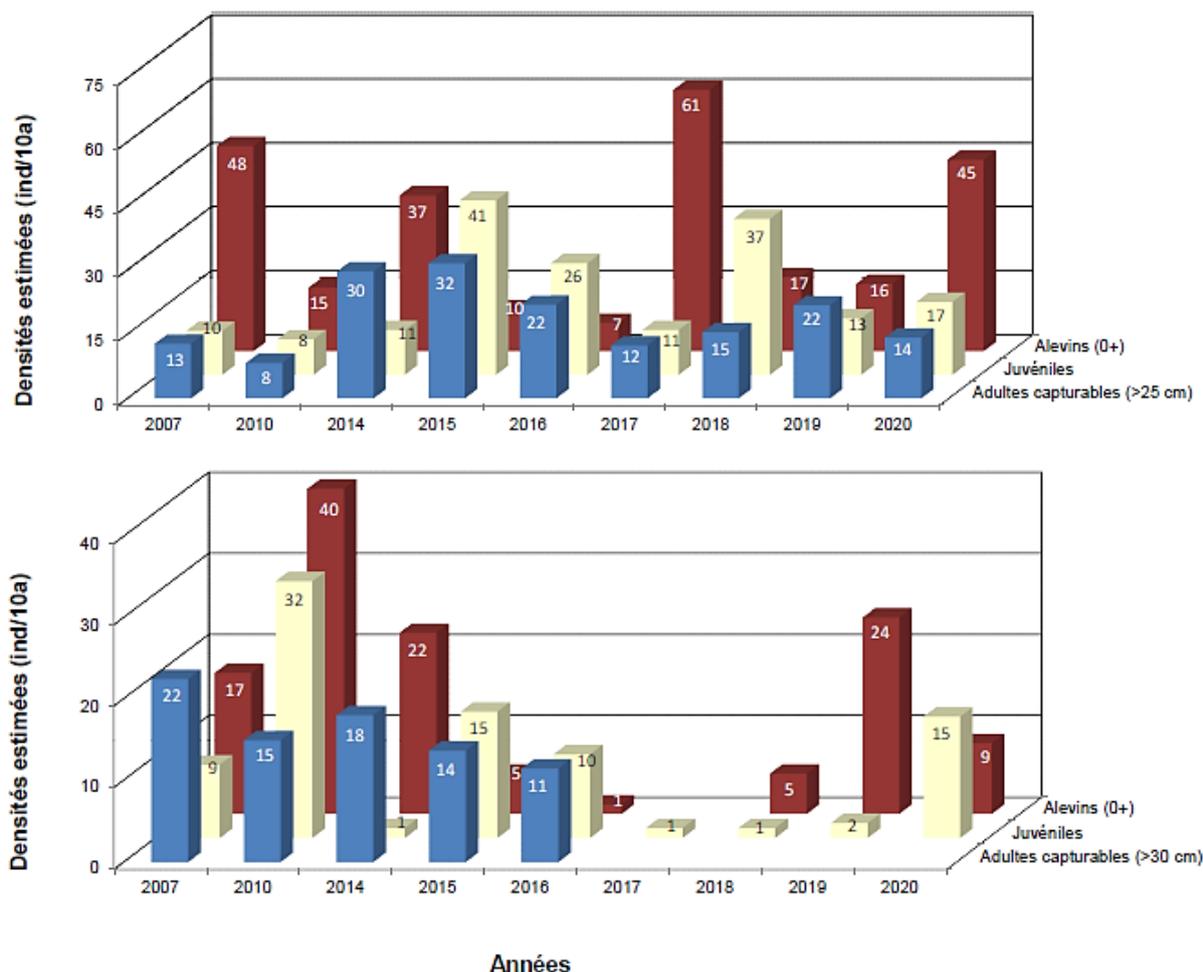


Figure 24. Evolution de la structuration de la population en truites (en haut) et de la population en ombres (en bas) au niveau de la station CUS03.

Les inventaires piscicoles (menées dans le cadre du réseau fédéral de suivi piscicole du Doubs) ont mis en évidence un peuplement conforme à la référence d'un point de vue qualitatif, mais il présente toujours en net déficit quantitatif pour les salmonidés.

L'abondance globale de la population de truite fario demeure relativement stable dans le temps, malgré des succès reproducteurs variables (forts recrutements en 2007, 2014, 2017 puis 2020).

En revanche, la population d'ombres semble en voie d'amélioration en 2020 (cohorte significative en juvéniles 1+ en 2020), ceci faisant suite à un recrutement conséquent en 2019. Toutefois, les géniteurs demeurent toujours absents de la station depuis l'effondrement de 2017, et la situation de de cette espèce reste très délicate sur le Cusancin.

L'absence ou présence relictuelle de la lamproie est pour sa part plutôt à relier à l'inexistence de zones de dépôts sur la station. *In fine*, l'état de conservation du peuplement piscicole dans cette station CUS03 est jugé comme étant globalement un état médiocre plus ou moins stable.

Pêche d'inventaire à CUS 07

Jugé comme médiocre dans sa partie amont, le peuplement piscicole du Cusancin est jugé comme étant encore davantage dégradé dans sa partie aval en un état de conservation mauvais à très mauvais, toutefois en voie de légère d'amélioration.

En effet, les espèces présentes sont conformes à celles attendues, mais elles présentent pour la plupart des déficits quantitatifs sévères. Cela est par exemple le cas pour tous les écostades des truites : présents mais à des abondances très déficitaires et sans évolution notable. Le même type d'observation est réalisée pour l'ombre commun, ce qui constitue en soit déjà une amélioration sensible par rapport aux précédentes observations...

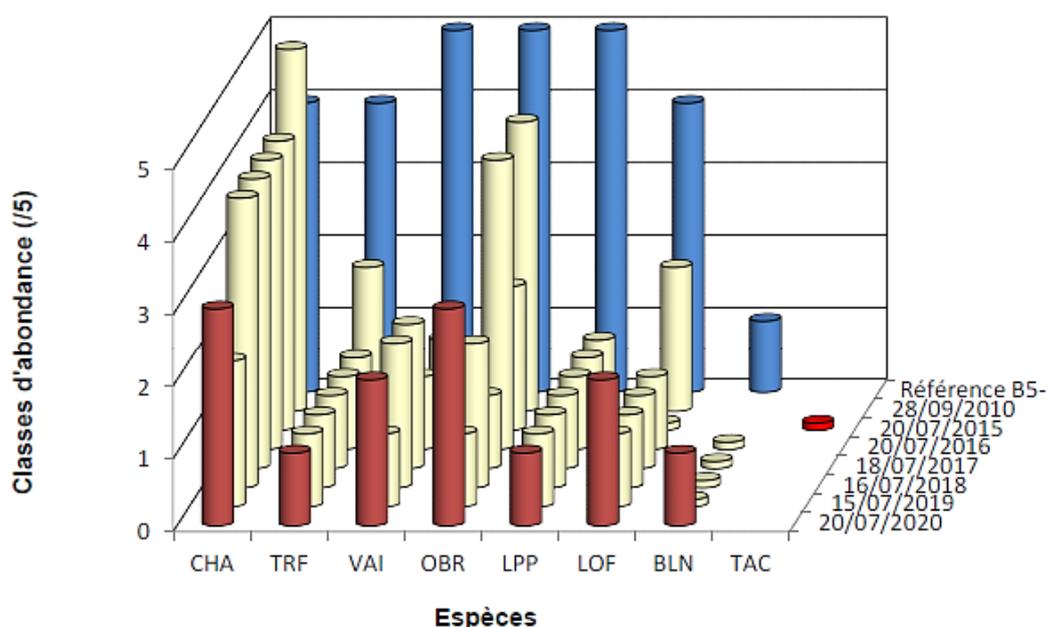


Figure 25. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station CUS07 (extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs).

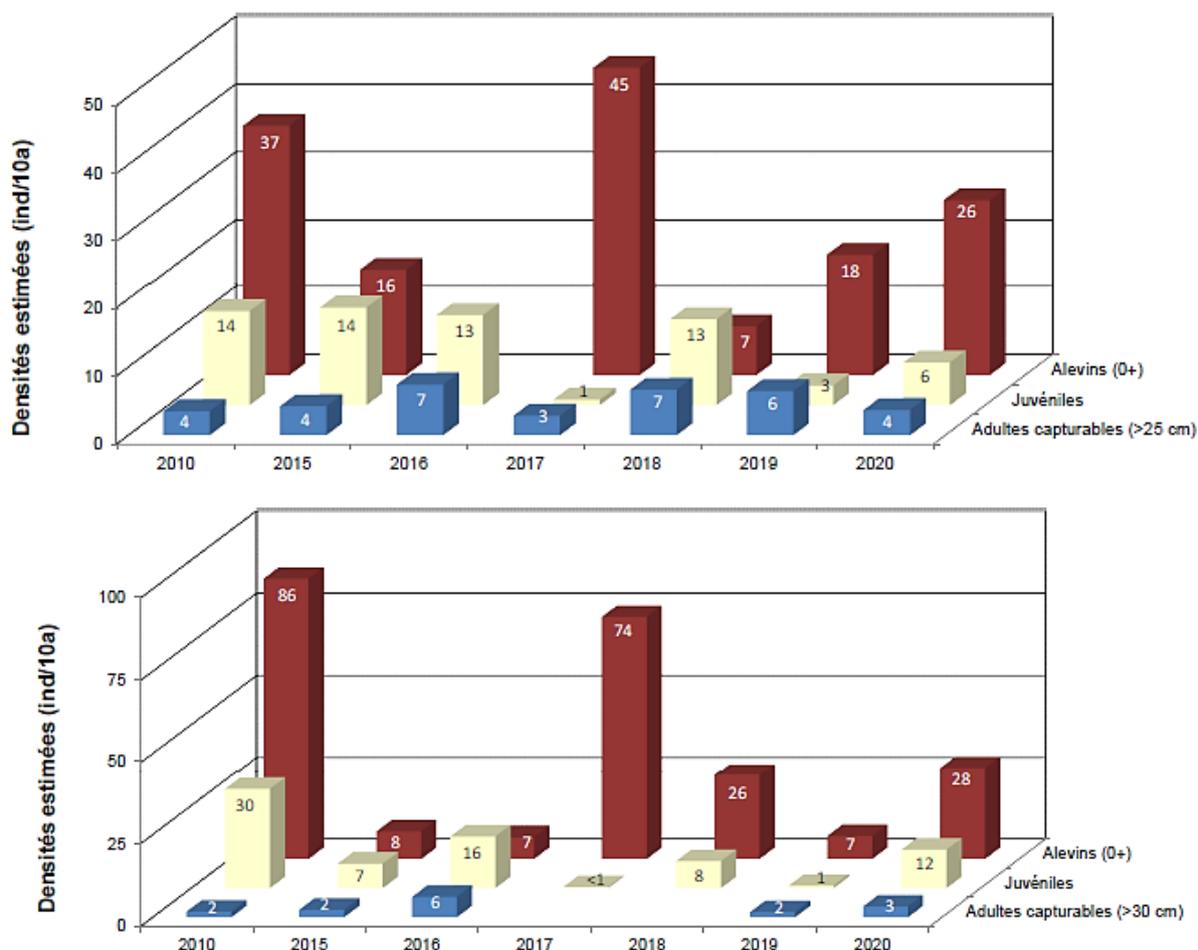


Figure 26. Evolution de la structuration de la population en truites (en haut) et de la population en ombres (en bas) au niveau de la station CUS07.

H. Conclusion

Si selon le référentiel DCE le Cusancin présente une qualité écologique globalement bonne, on constate néanmoins une nette dystrophie liée aux nitrates ainsi qu'une dystrophie phosphorée plus légère mais récurrente, particulièrement dans la partie amont du cours d'eau. Il apparaît donc que la principale voie de contamination par les nutriments (et les « pesticides ») provienne des résurgences karstiques apicales du cours d'eau, i.e. via les plateaux à forte activité agricole (secteur est du BV). Une origine (ou des origines) conjointe(s) de nature domestique ne peut être exclue, bien que cela ne puisse être présentement démontrée.

Cette pression « nitrates » davantage marquée dans la partie amont du cours d'eau tend à l'être un peu plus ces dernières années (contrairement à la partie distale du cours d'eau), peut-être en lien avec les évolutions hydro-climatiques rendant davantage vulnérables les secteurs sous fortes influences karstiques (effet « concentrateur » des sources, potentiellement aggravé par les opérations de drainage). A noter qu'une pression « pesticides » croissante est conjointement constatée.

Ces dysfonctionnements physico-chimiques se traduisent par une micro-flore diatomique de moindre qualité dans la partie amont du cours d'eau, ainsi que par des blooms algaux qui y sont plus fréquents et durables, d'où une plus grande altération de la diversité macrobenthique dans ce secteur. En revanche, concernant la communauté piscicole (et salmonicole en particulier), le constat d'une moindre altération de la partie aval du cours d'eau n'est pas observé, au contraire.

III. Le Dessoubre

Un zoom sur la partie apicale du Dessoubre a été conjointement menée dans le cadre du présent suivi. L'objectif de ce chapitre se concentre uniquement sur les stations récurrentes du suivi de la qualité hydro-écologique. Ces données « patrimoniales » seront par ailleurs reprises et intégrées dans la partie spécifique au focus sur le Dessoubre apical.

A. Localisation

Libellé station	Code
DES01	6020401
DES10	6020460
DES30	6017995
DESSOUBRE A ST-HIPPOLYTE 1	6020500

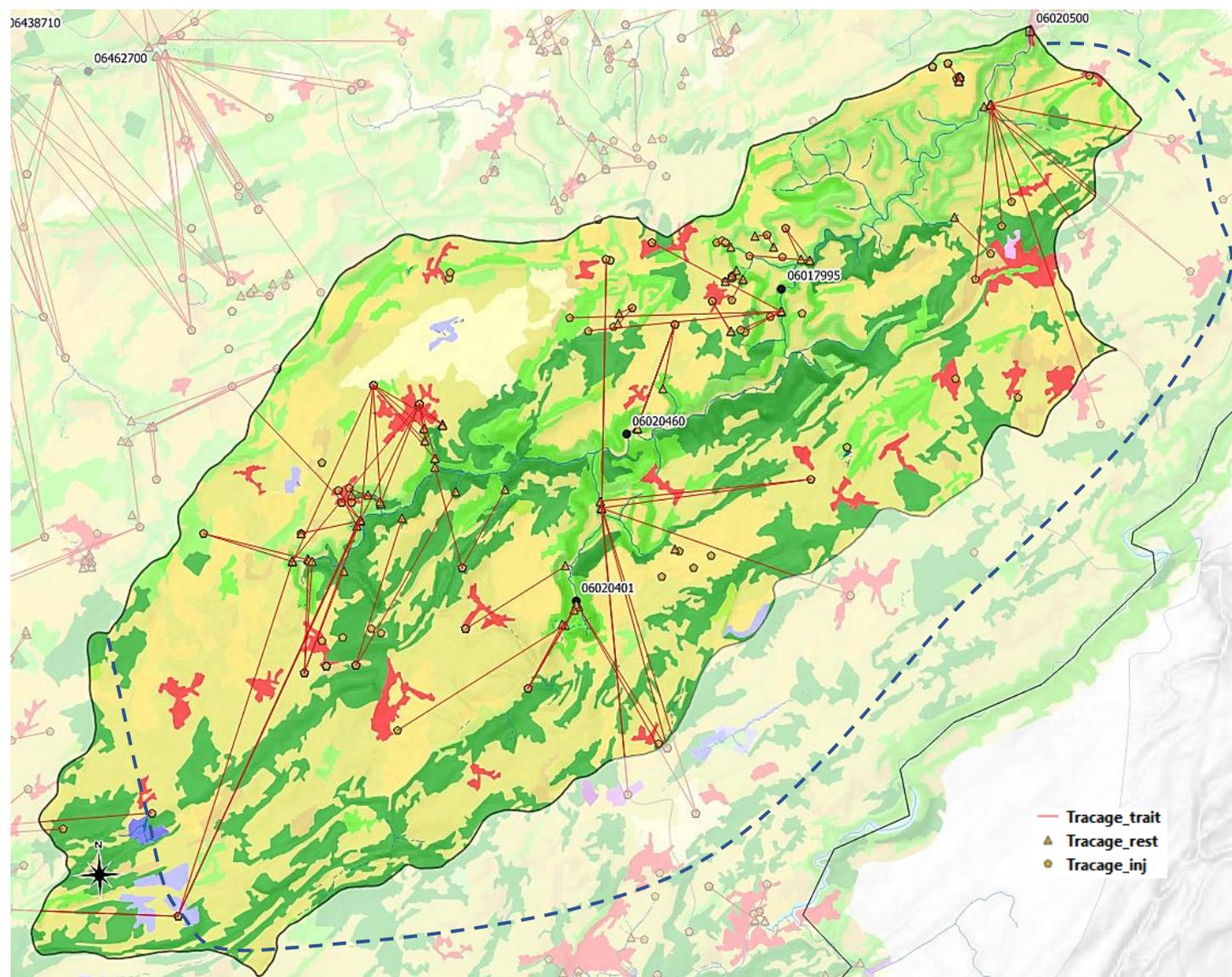
Tableau 16. Stations récurrentes pour le suivi de la qualité hydro-écologique du Dessoubre.

Le fonctionnement hydrogéologique du BV du Dessoubre est complexe. Néanmoins, à large échelle et d'après les multiples traçages d'eaux souterraines, il peut être établi que son BV hydrogéologique est nettement plus étendu sur sa façade est (en direction du Doubs franco-suisse, des Fins à Damprichard) que ne le laisse supposer le BV issu de la BDD Topage.

Dans ce fonctionnement complexe, il semble se dessiner quelques « unités » karstiques avec des restitutions inhérentes à la Réverotte (partie sud-ouest du BV), aux sources du Dessoubre (sud du BV), à la résurgence des 3 pucelles (partie centrale du BV) et le Bief de Bran (plateau de Maîche, partie nord-est du BV).

Les 4 stations suivies sont localisées entre ces différentes zones et sont donc par conséquent plus ou moins intégratrices de différentes parties du BV hydrogéologique.

Les pressions potentielles s'exerçant dans ce BV sont essentiellement centrées autour de l'activité élevage (bovins de façon diffuse, et porcins davantage concentrée vers le plateau de Maîche), ainsi que de rejets domestiques (communes et coopérative fromagères) s'infiltrant souvent dans les systèmes karstiques.



Carte 7. Bassin-versant du Dessoubre : ligne continue = BD Topage ; pointillés = limites estimées (CD Eau Environnement) à partir des traçages des eaux souterraines (traits rouges). Fond de carte = occupation du sol selon la nomenclature CorineLandCover 2018.

B. Contexte hydrologique

Le régime hydrologique du Dessoubre présente une forte réactivité aux épisodes pluvieux. Néanmoins, ce sont surtout l'intensité et la durée des étiages qui ont le plus caractérisé l'hydrologie du Dessoubre ces dernières années, en particulier de juin à novembre 2018 puis juillet à septembre 2020.

Ainsi, 8 campagnes d'échantillonnage parmi les 11 réalisées ces 3 dernières années le furent à de faibles eaux (débit < 2 m³/s), dont 3 en étiage sévère (débit < 1 m³/s). A l'opposé, 2 campagnes furent réalisées à de plus fortes eaux (débit > 10 m³/s), dont un pic à 43,7 m³/s le 25/11/2019.

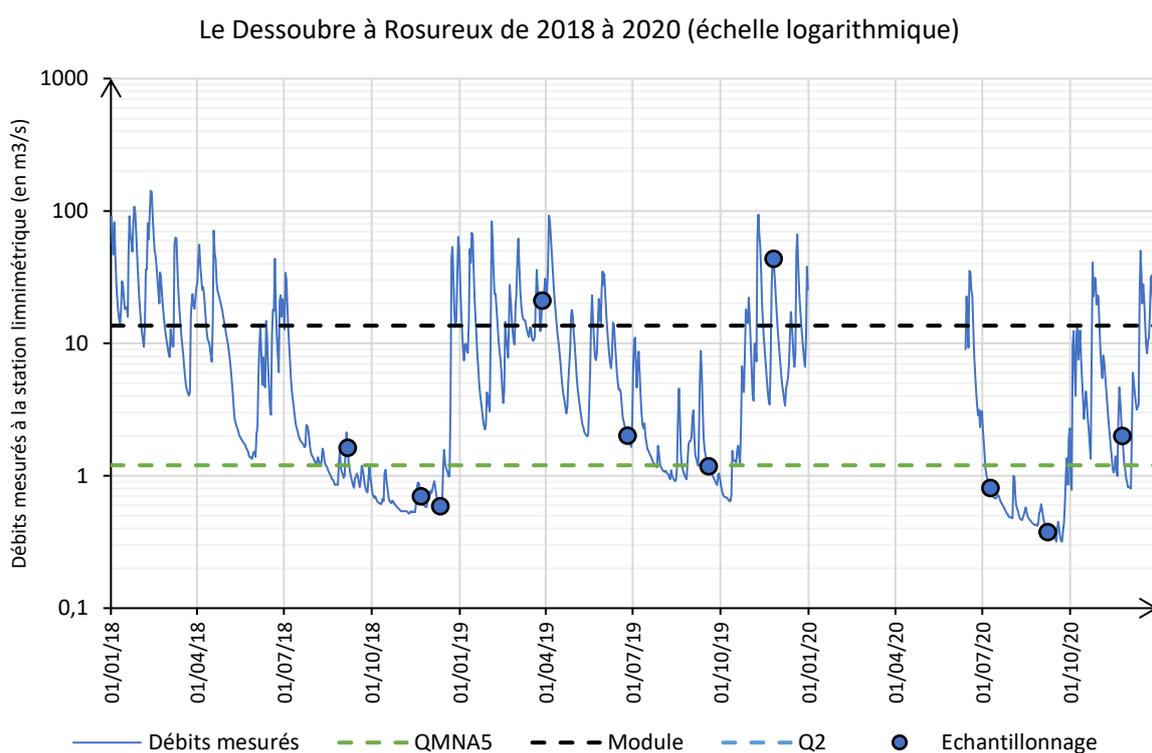


Figure 27. Chronologie des débits mesurés entre le 1er janvier 2018 et le 31 décembre 2020 (3 ans) au sein de la station limnimétrique automatique localisée sur le Dessoubre à Rosureux. Les ronds indiquent les dates d'échantillonnages (pas d'enregistrement disponible le premier semestre 2020 : l'échantillonnage du 19 mai 2020 n'est donc présenté sur la figure).

C. État écologique DCE

DES01	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	EMO	BE	EMO
État biologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	/	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	/	/	TBE	BE	BE	BE
Poissons	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État physico-chimique	/	/	BE	BE	EME	BE	EME
Oxygénation	/	/	TBE	BE	BE	BE	BE
Température	/	/	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	/	/	TBE	BE	EME	BE	EME
Nutriments	/	/	BE	BE	EMO	BE	EMO
Nutriments phosphorés	/	/	BE	BE	EMO	BE	EMO
Nutriments azotés	/	/	BE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	/	/	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	/

DES10	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	EMO	BE	EMO							
État biologique	/	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	/	TBE	TBE	TBE							
Diat.	/	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	/	BE	EMO	BE	EME						
Oxygénation	/	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Température	/	TBE	TBE	TBE							
Acidification	/	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	EMO	BE	EMO
Nutriments	/	BE	BE	EME							
Nutriments phosphorés	/	BE	BE	EME							
Nutriments azotés	/	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	/	Ind.	BE	BE	BE	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	/

DES30	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	Ind.	BE	BE	BE	Ind.
État biologique	/	TBE	TBE	TBE	/
Macro-inv.	/	TBE	TBE	TBE	/
Diat.	/	/	/	/	/
Poissons	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	BE	BE	BE	BE	TBE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	TBE	TBE	TBE	BE	BE
Nutriments	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	BE	BE	BE	BE	TBE
Nutriments azotés	BE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	/

DESSOUBRE A ST-HIPPOLYTE 1	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	BE
État biologique	BE	BE	BE	BE	BE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	TBE	TBE	BE	BE	TBE
Poissons	BE	BE	BE	BE	BE
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	BE	TBE	TBE	TBE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	BE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	BE	BE	BE	BE	BE

Tableau 17. Synthèse des états écologiques DCE tels qu'extraits de la BDD Agence de l'Eau en janvier 2022. L'ordre des tableaux correspond à l'ordre amont-aval des stations le long du linéaire. Le calcul des états écologiques intègre potentiellement les états piscicoles malgré un « avis critiques à dire d'expert » tels que rappelé dans le chapitre relatif à ces organismes.

Selon le référentiel DCE, il semble se dessiner un gradient amont-aval de déclassement des états écologiques (du plus altéré vers le moins altéré). Néanmoins, une part de ces déclassements est imputable au pH, seule la station la plus apicale (DES01) présentant un déclassement en « état moyen » en lien avec les nutriments phosphorés.

Ces observations sont approfondies et discutées dans les chapitres suivants.

D. Pression organique

Il n'est pas constaté de pression organique notable au sein des stations suivies. Tout au plus remarque-t-on une plus grande vulnérabilité aux MES de la station DES10, peut-être en lien avec la proximité de la confluence avec la Réverotte, ainsi que de la station RCS distale, mais dont la plus forte fréquence d'échantillonnage rend plus mathématiquement plus probable la mesure de pics.

Les autres indicateurs présentent pour leurs parts respectives plutôt des valeurs synonymes d'absence de pression organique.

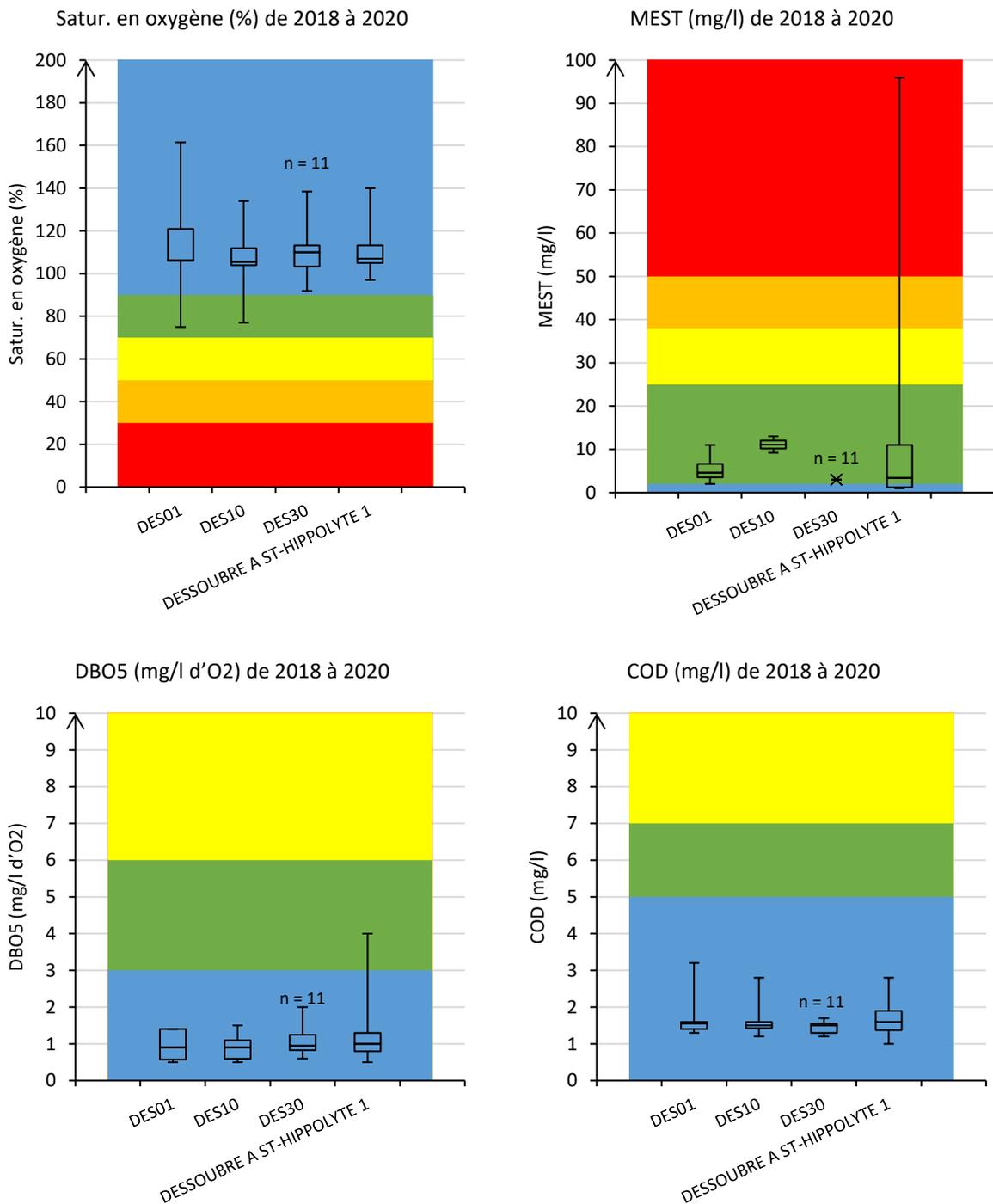


Figure 28. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des mesures des paramètres du bilan de l'oxygène.

E. Trophie

1. Matières azotées

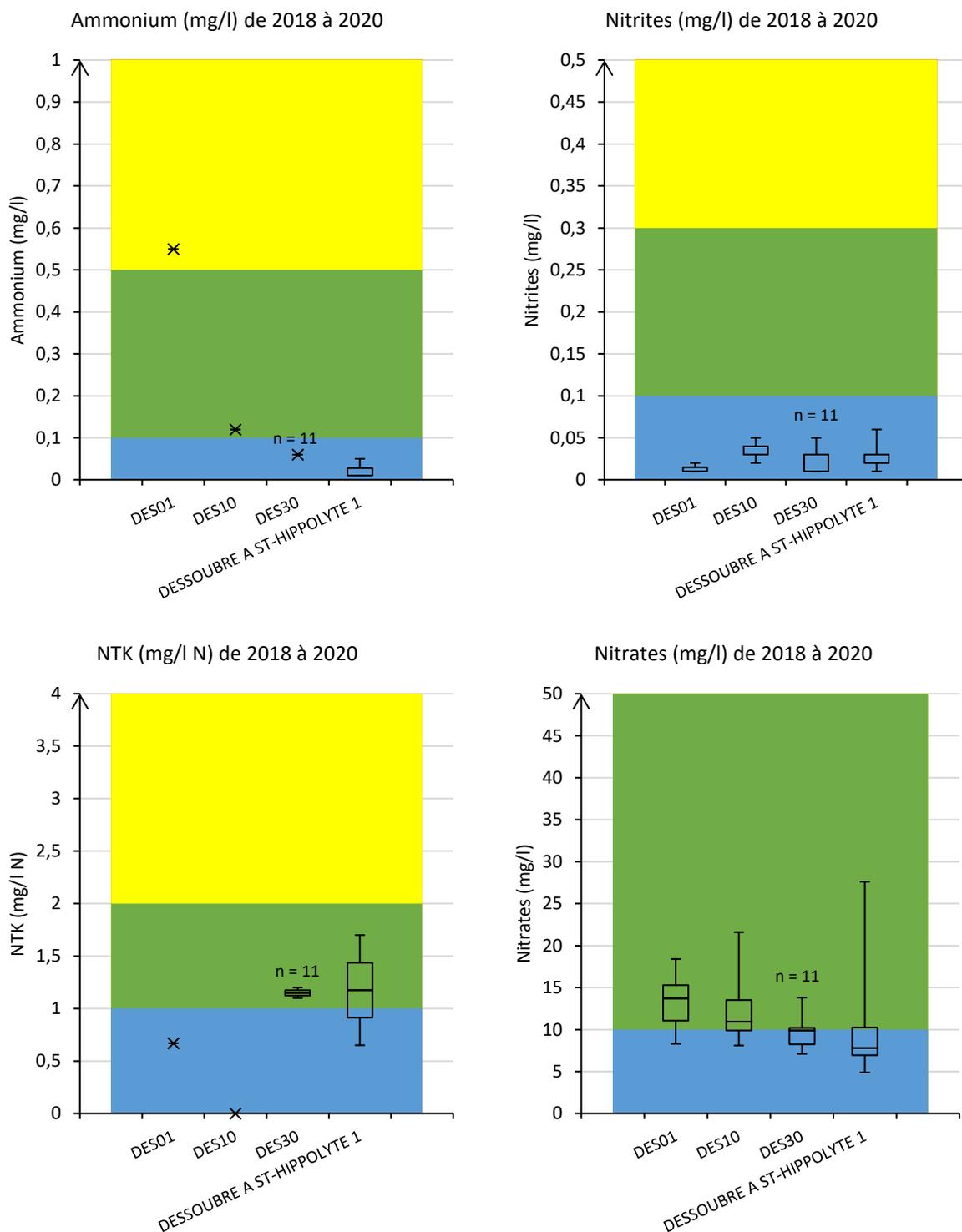


Figure 29. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières azotées (référentiel DCE).

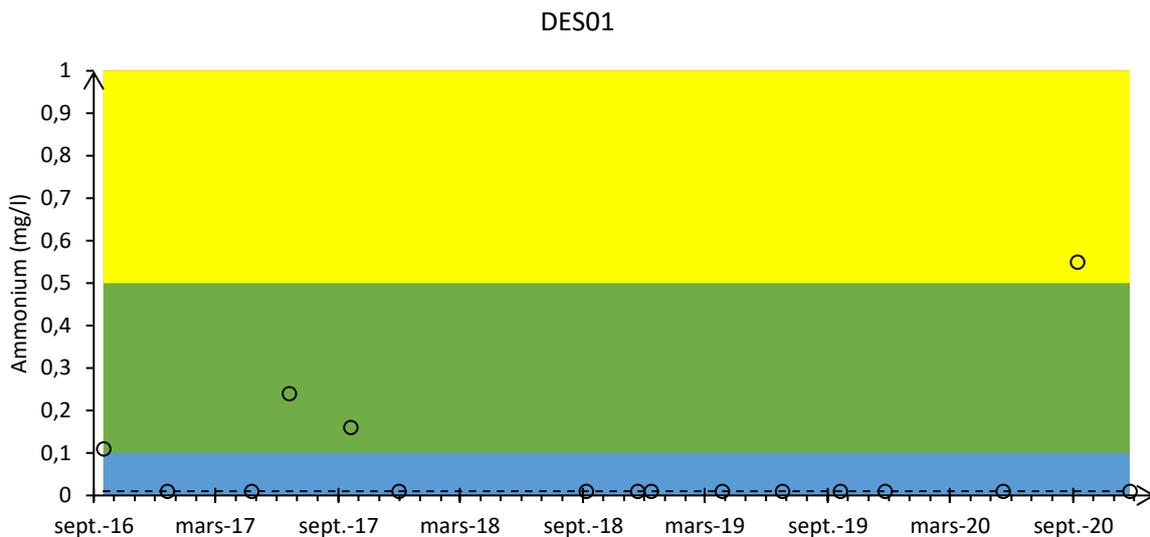


Figure 30. Chronique des concentrations en ammonium mesurées dans la station DES01 (référentiel DCE).

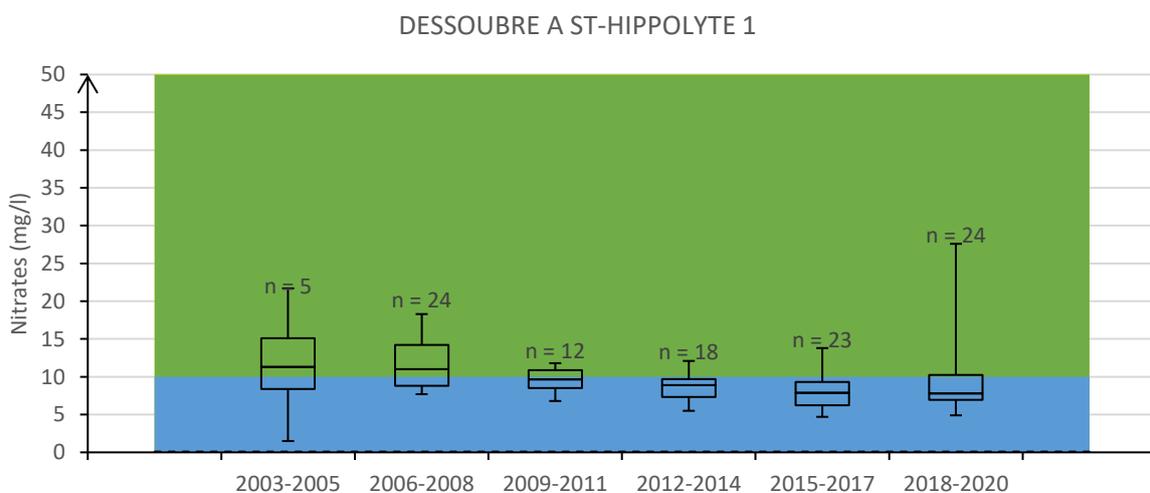
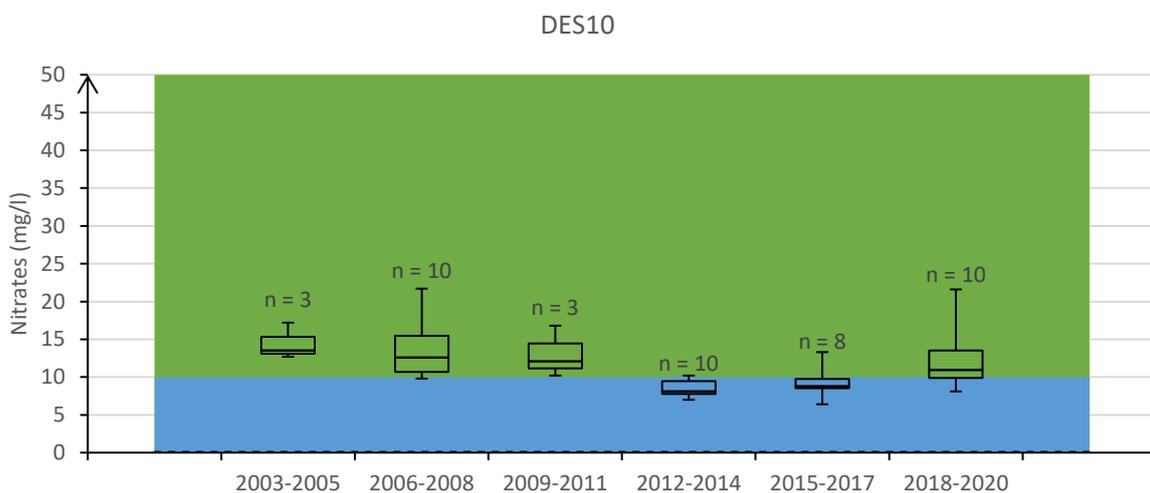


Figure 31. Evolution temporelle de la variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en nitrates dans les stations DES10 et RCS (référentiel DCE).

Concernant l'ammonium, on constate un net gradient décroissant d'amont en aval des pics de concentrations mesurés. Sur un plan « historique », l'intensité de ce pic fut « exceptionnelle » le 07/09/2020 en DES01 (0,55 mg/L, i.e. déclassé en « état moyen »), alors que par contraste aucun pic ne fut mesuré ces 3 dernières années dans la station RCS distale malgré une plus forte fréquence d'échantillonnage. En revanche, aucune contamination notable par les nitrites ne fut observée dans le Dessoubre ces 3 dernières années.

La pression par les nitrates y est aussi décroissante d'amont en aval, mais ne concerne non pas des intensités de pics comme pour l'ammonium, mais plutôt des contaminations chroniques qui passent globalement de 10-15 mg/L dans la partie apicale à 7-10 mg/L dans la partie distale. Cette pollution moyenne à modérée s'est avérée plus en très légère décroissance progressive sur la période 2000-2017 sur l'ensemble du cours d'eau, mais la période 2018-2020 constitue une rupture dans cette décroissance de la pollution du Dessoubre par les nitrates (voire dès 2015-2017 pour la partie apicale). Dans ce contexte il est tentant de faire un rapprochement avec l'accroissement des pressions hydrologiques de ces dernières années, potentiellement favorables à accroître les phénomènes de lessivages et de transferts de ces nutriments.

Enfin, par opposition aux pressions ammonium et nitrates, les teneurs en NTK du Dessoubre tendent à être plus élevées dans sa partie aval. Il semble donc que ce soit plus particulièrement l'azote organique qui soit à l'origine de ce phénomène. La question d'une forte prévalence de la pression « épandage » se pose donc dans ce secteur (intégrant par exemple le plateau de Maîche), des pressions d'origine domestique étant par ailleurs loin d'être exclues comme dans le BV du Bief de Bran par exemple.

2. Matières phosphorées

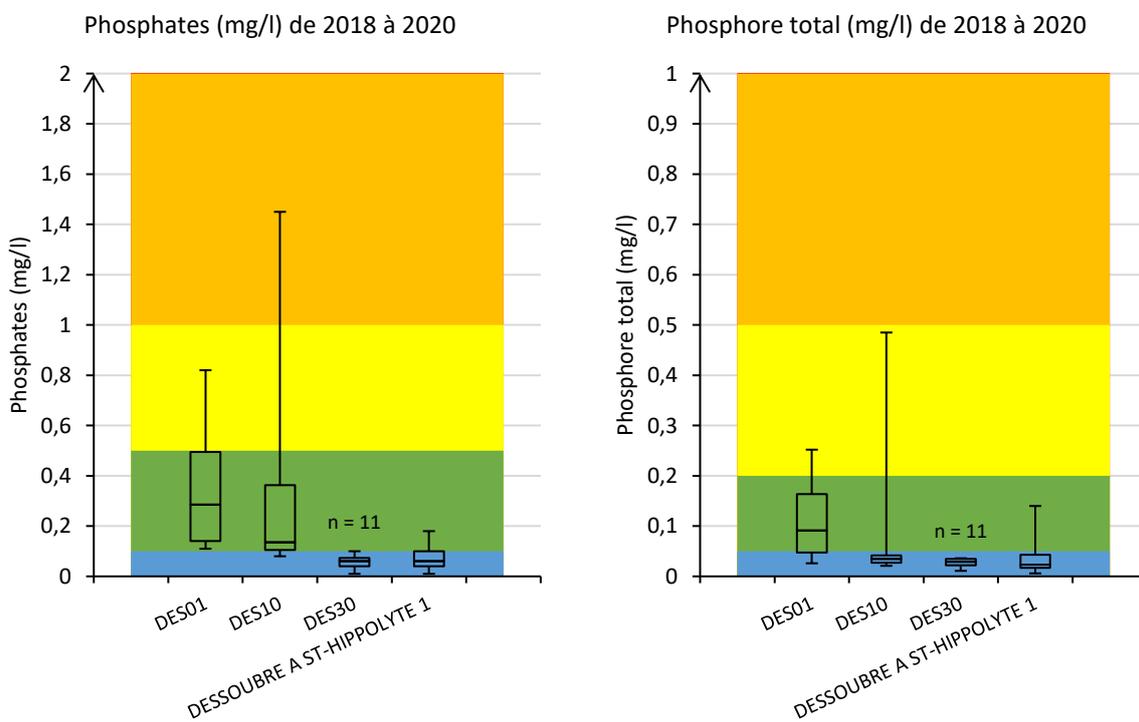


Figure 32. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières phosphorées (référentiel DCE).

Si la pollution par les matières phosphorées demeure chronique mais faible dans la partie aval du Dessoubre, elle s'avère en revanche relativement élevée de façon récurrente dans sa partie amont, et plus encore dans partie apicale, un peu plus concernant les phosphates que le phosphore total.

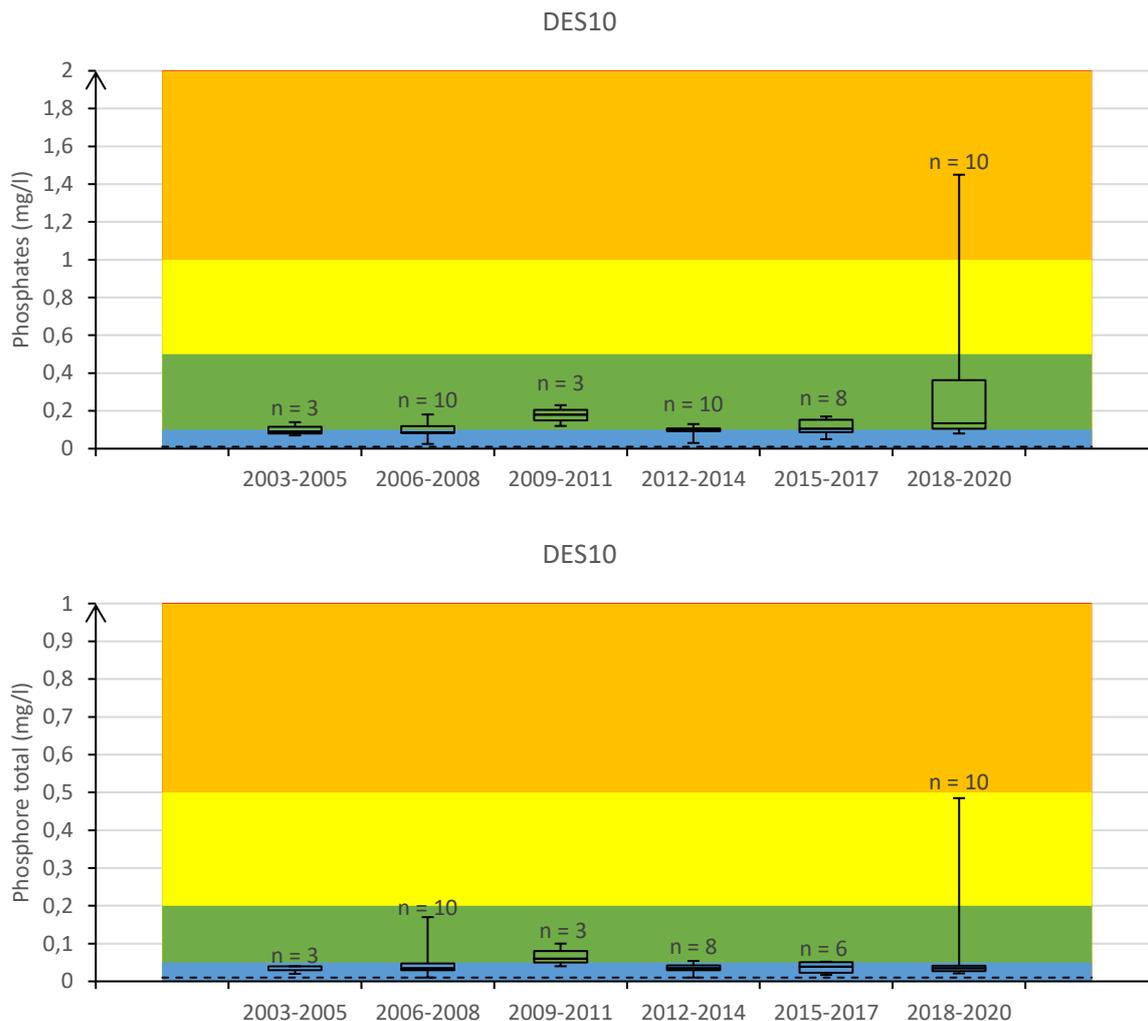


Figure 33. Evolution temporelle de la variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières phosphorées dans la station DES10 (référentiel DCE).

Comme pour les nitrates, il semble que cette pression phosphorée (plus ou moins spécifique à la partie amont voire apicale du cours d'eau) soit plus particulièrement marquée ces dernières années (hormis le léger rebond de 2009-2011). Là aussi la question de l'incidence des évolutions hydro-climatiques récentes se pose quant à l'augmentation du risque et de l'intensité de transferts de ces nutriments à travers le karst.

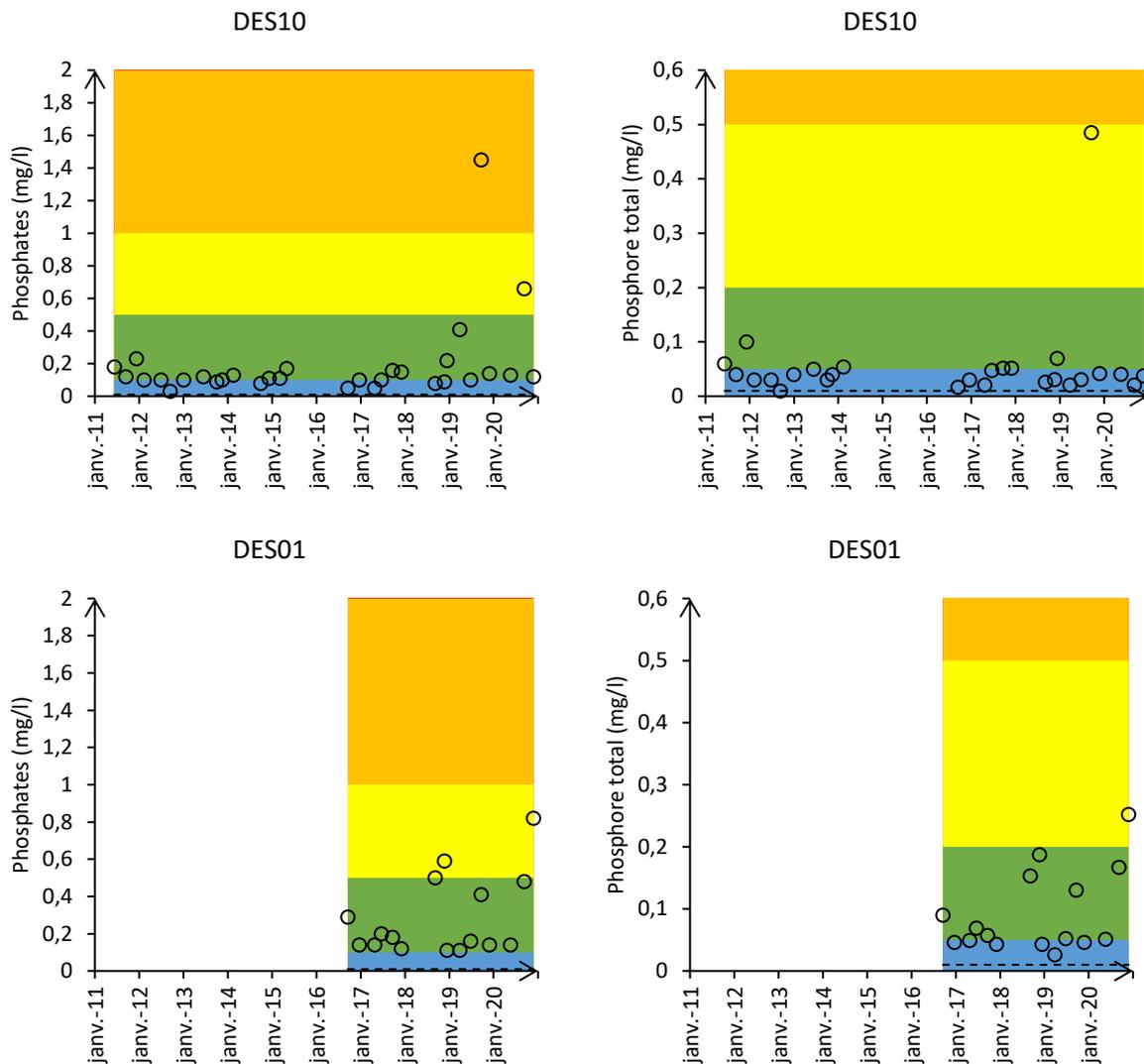


Figure 34. Chroniques des concentrations en matières phosphorées mesurées dans les stations DES01 et DES10 (référentiel DCE).

F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds

Station	Date	Nom	Type	Résultat	Unité
DES01	19/05/2020	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate	0.036	µg/L
	15/07/2020	Métolachlor	Herbicide	0.009	µg/L
	07/09/2020	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate	0.104	µg/L
		Benzotriazole	Micropolluant	0.035	µg/L
		Formaldéhyde	Micropolluant	2	µg/L
	24/11/2020	Glyphosate	Herbicide	0.026	µg/L
DES10	19/05/2020	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate	0.029	µg/L
	15/07/2020	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate	0.043	µg/L
	07/09/2020	Carbamazepine	Médicament	0.009	µg/L
DES30	19/05/2020	AMPA	Herbicide (résidu), phosphonate	0.037	µg/L
	08/09/2020	Carbamazepine	Médicament	0.005	µg/L

Tableau 18. Teneurs (>LQ) en « pesticides » dissous (µg/L) dans DES01, DES10 et DES30 en 2020.

Le profil de contamination du Dessoubre est nettement marqué par une prédominance d'une pression de type domestique plutôt qu'agricole : présence de micropolluants et de substances médicamenteuses, l'AMPA pouvant être issu de la dégradation du glyphosate mais aussi de lessives domestiques et produits de nettoyage.

La pollution par les « pesticides » dissous est davantage prégnante et récurrente dans la partie apicale du Dessoubre (où quelques herbicides laissent aussi suspecter la présence d'une pression agricole connexe à la pression domestiques). Plus en aval, au niveau de DES10 et DES30, perdure une pollution par ces substances semble-t-il essentiellement d'origine domestique.

Cette typologie de pression s'avère récurrente et dans des proportions similaires à travers les années : des micropolluants y ont été quantifiés dans cette même station DES10 à 4 reprises en 2017, 5 reprises en 2016, 1 reprise en 2015, 2 reprises en 2014 et 3 reprises en 2013 (*versus* 3 reprises en 2020).

En comparant ces observations issues des stations départementales avec celles issues de la station RCS en fermeture de bassin (autre programme analytique et autre fréquence d'échantillonnage), on constate à l'inverse une « envolée » du taux de quantification en 2018 par rapport à ce qui était mesuré en 2015 (indépendamment du nombre de substances recherchées), contrastant ainsi avec les précédentes observations mais en cohérence avec des phénomènes similaires constatés sur d'autres stations RCS et patrimoniales du département.

A noter qu'aucun des 138 « pesticides » recherchés sur sédiment n'a été quantifié au sein des 3 stations du réseau départemental en 2020.

Les teneurs en métaux lourds bio-accumulés en 2020 dans les bryophytes du Dessoubre sont globalement faibles. Dans ce contexte la structuration spatiale est peu ostensible, hormis une croissance longitudinale des teneurs en As, Cd et Zn ; la station DES01 étant donc davantage préservée que les stations DES10 et DES30, ces dernières demeurant toutefois encore relativement peu contaminées par ce ETM.

La station DES10 étant celle disposant du plus grand recul historique, on remarque que ces observations de 2020 s'inscrivent dans des dynamiques de teneurs faibles similaires lors de la période 2011-2017. On constate toutefois que suite aux pics modérés de 2013 (constatés pour tous les ETM) puis à leurs résorptions progressives jusqu'à 2016-2017, les teneurs de 2020 se situe alors dans un rebond modéré (sans atteindre ceux de 2013). Ce phénomène est à nuancer compte tenu des teneurs demeurant globalement faibles de ces métaux lourds bio-accumulés.

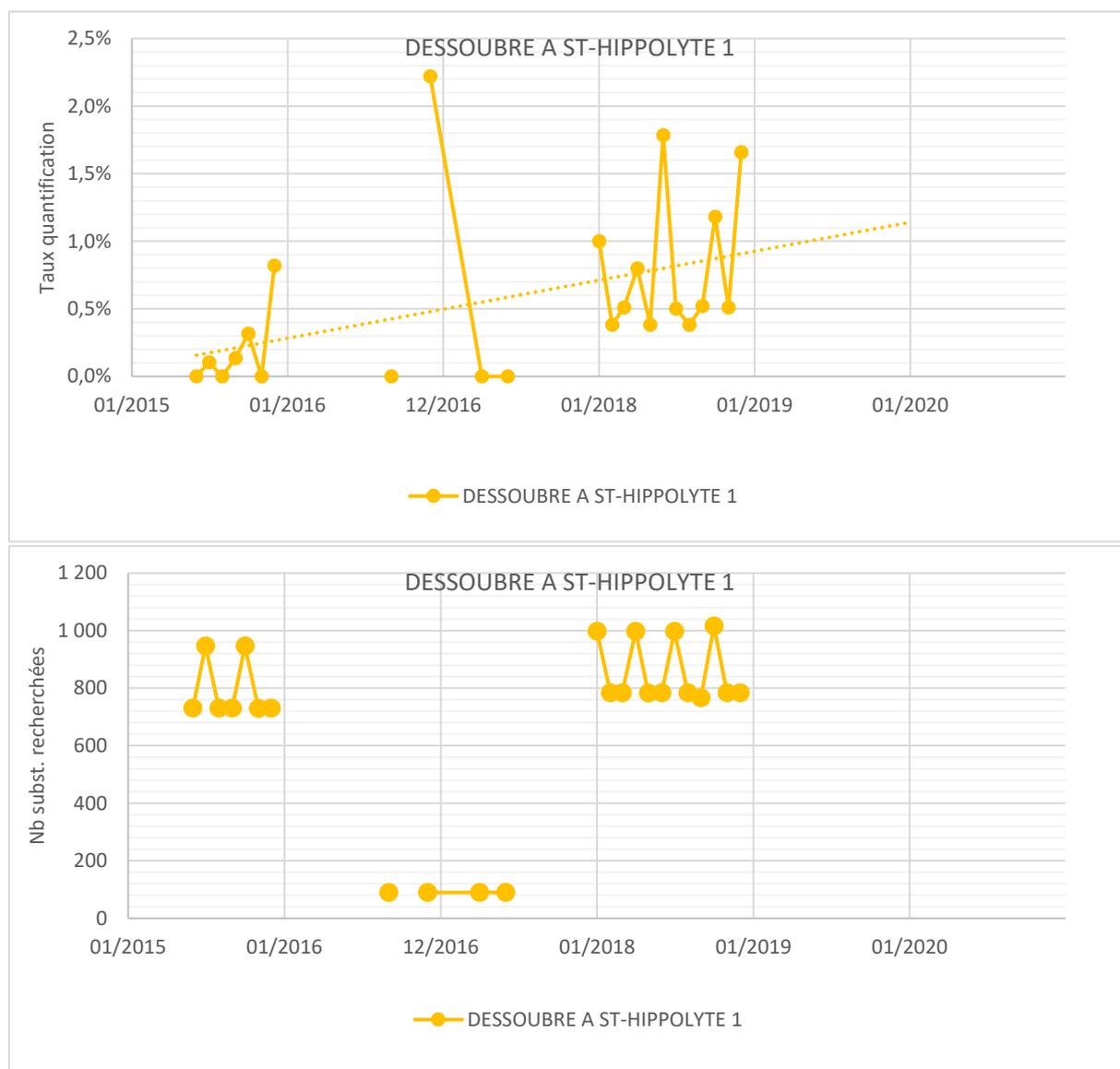


Figure 35. Evolution depuis 2015 du taux de quantification de micropolluants dissous (pesticides compris) dans la station RCS en fermeture de bassin (en haut), et du nombre de substances recherchées (en bas).

Support = bryophytes	DES01	DES10	DES30	Unité	LQ
Arsenic total	0.78	0.90	1.96	mg/(kg MS)	0.1
Cadmium total	0.15	0.24	0.29	mg/(kg MS)	0.05
Chrome total	2.23	2.78	2.20	mg/(kg MS)	0.25
Cuivre total	4.17	7.73	4.92	mg/(kg MS)	0.25
Mercure total	<0.048	<0.047	<0.048	mg/(kg MS)	0.05
Nickel total	2.57	5.14	3.39	mg/(kg MS)	0.25
Plomb total	0.58	0.85	0.86	mg/(kg MS)	0.1
Etain total	<0.24	<0.24	<0.24	mg/(kg MS)	0.25
Zinc total	16.96	32.99	45.85	mg/(kg MS)	0.5

Tableau 19. Teneurs en métaux lourds bio-accumulées en 2020 dans les bryophytes des stations DES01, DES10 et DES30. Couleurs = classes de qualité du référentiel SEQ-Eau.

G. Hydrobiologie

1. Diatomées

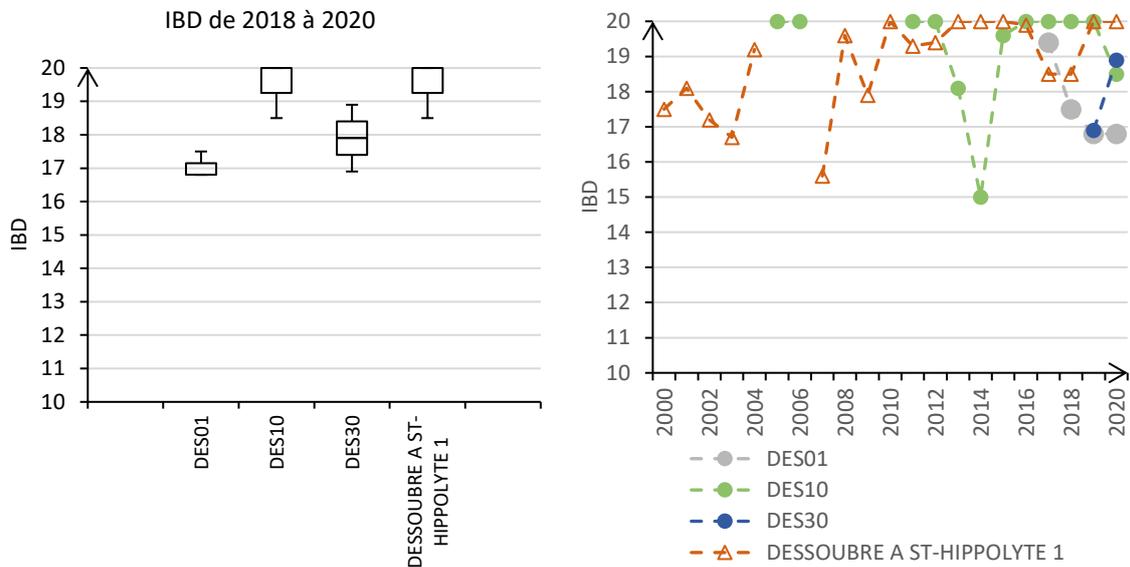


Figure 36. Variabilité et évolution temporelle de l'IBD dans le Dessoubre.

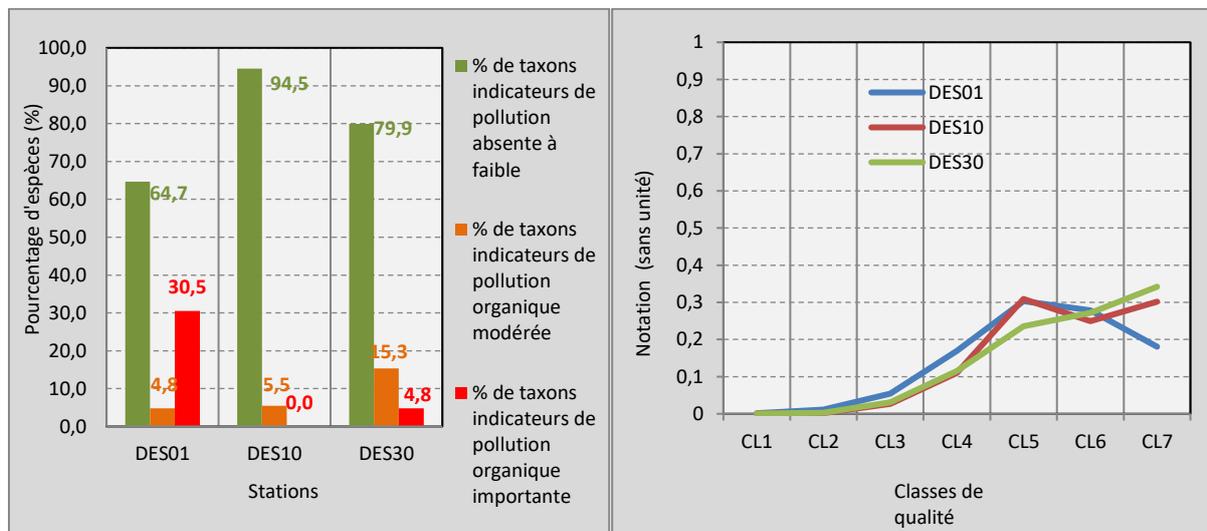


Figure 37. Éléments de caractérisation de la qualité diatomique du Dessoubre en 2020.

La qualité diatomique du Dessoubre est davantage altérée dans sa partie apicale, particulièrement depuis 2018. Les années 2019-2020 constitue ainsi un plus bas pour l'IBD de DES01 avec une classe de sensibilité dominante d'un rang 5/7 et 30% des taxons qui sont indicateurs d'une pression organique importante (bien que cela ne soit pas corroboré par les analyses physico-chimiques).

La structuration de la population diatomique de DES10 en 2020 demeure altérée mais dans des proportions moindres que DES01 (pas d'indication de pression organique mais classe de sensibilité de rang 5/7 encore prégnante). Toutefois, habituellement, cette qualité diatomique de DES10 demeure souvent excellente.

La qualité diatomique du Dessoubre plus en aval s'avère habituellement moins préservée qu'en DES10 mais mieux qu'en DES01. En fermeture de bassin, la dynamique historique indique une nette amélioration depuis le début de la décennie 2010.

Il semble donc que les multiples dysfonctionnements qualitatifs observés dans la partie apicale du Dessoubre se traduisent par une forte altération de la micro-flore benthique, particulièrement ces dernières années (lien avec les pressions hydrologiques croissantes ?). L'indication d'une forte pression organique dans ce secteur est vraisemblablement à relier aux forts recouvrements algaux estivaux qui y sont particulièrement fréquents et durables.

Si une nette amélioration est constatée à l'aval de la confluence avec la Réverotte (DES10), la qualité diatomique demeure de nouveau plutôt moins bonne sur la partie aval du Dessoubre, d'où la présomption de pressions physico-chimiques additionnelles qui interviennent entre les stations DES10 et DES30 (mais à l'intensité moindre qu'au niveau de la partie apicale).

2. Macro-invertébrés

DES01	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,776	0,757	0,729	0,754	
IBGN-eq	17	14	13	15	0,976
Robustesse positive	18	15	14	16	
Robustesse négative	16	14	12	14	
Groupe Indicateur	8	7	7	7	
Variété taxonomique	35	27	23	28	
Variété totale (DCE)	44	33	34	37	

DES10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,825	0,798	0,806	0,810	
IBGN-eq	18	17	15	17	1,119
Robustesse positive	19	18	15	17	
Robustesse négative	16	16	13	15	
Groupe Indicateur	9	8	7	8	
Variété taxonomique	36	35	29	33	
Variété totale (DCE)	37	42	40	40	

DES30	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,868	0,782	0,800	0,817	
IBGN-eq	18	19	17	18	1,214
Robustesse positive	20	20	17	19	
Robustesse négative	17	18	15	17	
Groupe Indicateur	8	8	8	8	
Variété taxonomique	40	44	33	39	
Variété totale (DCE)	49	54	42	48	

Tableau 20. Indicateurs de la qualité macrobenthique u Dessoubre ces 3 dernières années (classes d'état du référentiel DCE).

Si l'ensemble des états macrobenthiques demeurent tous classés en « très bon état » (hormis selon l'équivalent-IBGN de DES01 en 2020), on constate néanmoins que l'état macrobenthique du Dessoubre est fortement structuré longitudinalement depuis un amont altéré vers une fermeture de bassin davantage préservée, mais avec des nuances selon l'indice considéré :

- Equivalent-IBGN : forte altération apicale puis amélioration progressive jusqu'à la fermeture de bassin ; forte dégradation généralisée ces 2 dernières années, 2020 constituant un « plus bas » hormis pour la station RCS dont la valeur de l'indice a plutôt crû ces dernières années.
- I2M2 : contraste entre stations moins marqué mais avec une situation apicale demeurant la plus dégradée, puis de nouveau une décroissance de la qualité macrobenthique depuis DES10 vers la fermeture de bassin. L'évolution temporelle récente est moins marquée (légère altération croissante), mais nette amélioration pour la station RCS entre 2015 et 2017.

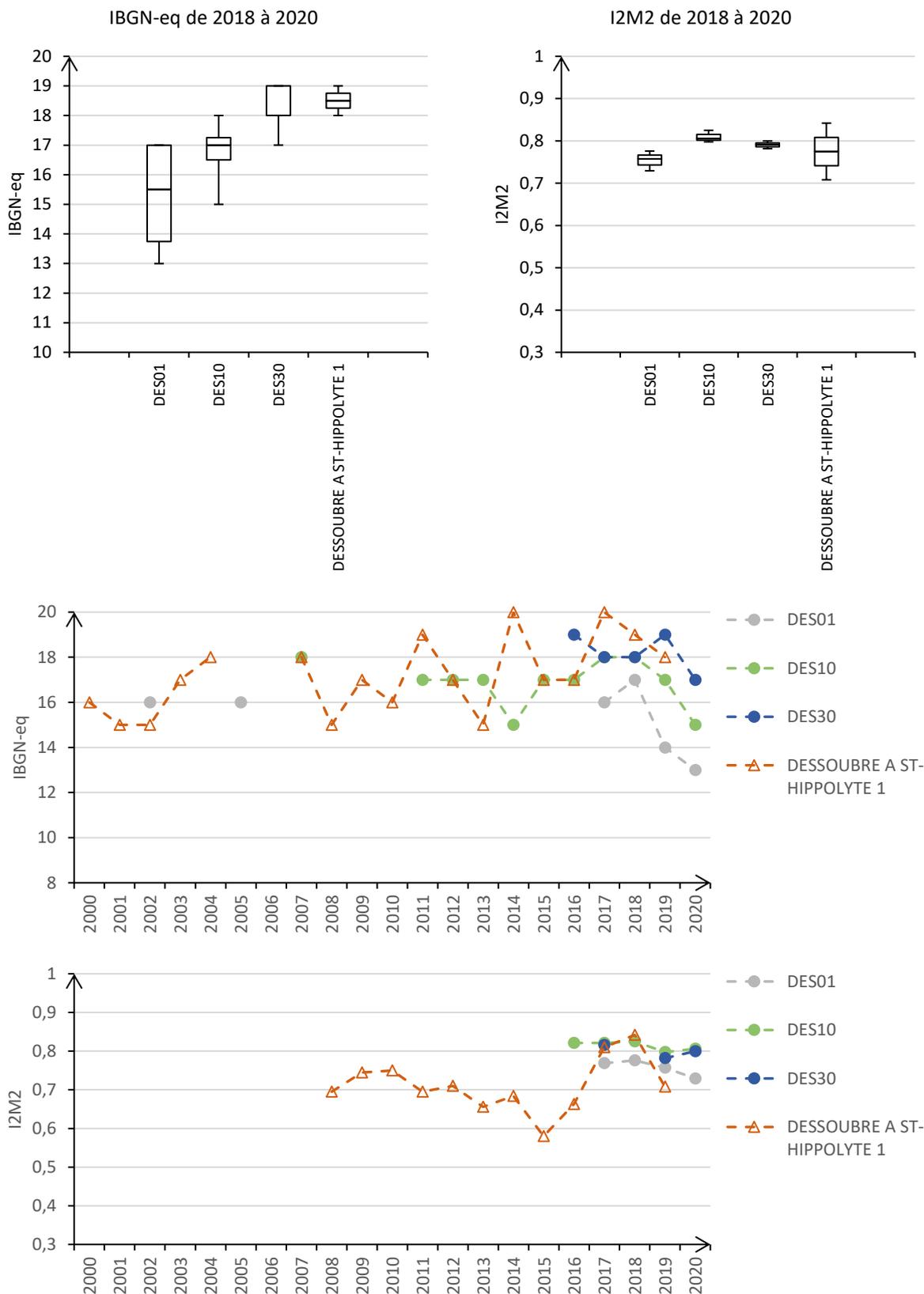


Figure 38. Variabilité et évolution de l'équivalent-IBGN et de l'I2M2 du Dessoubre.

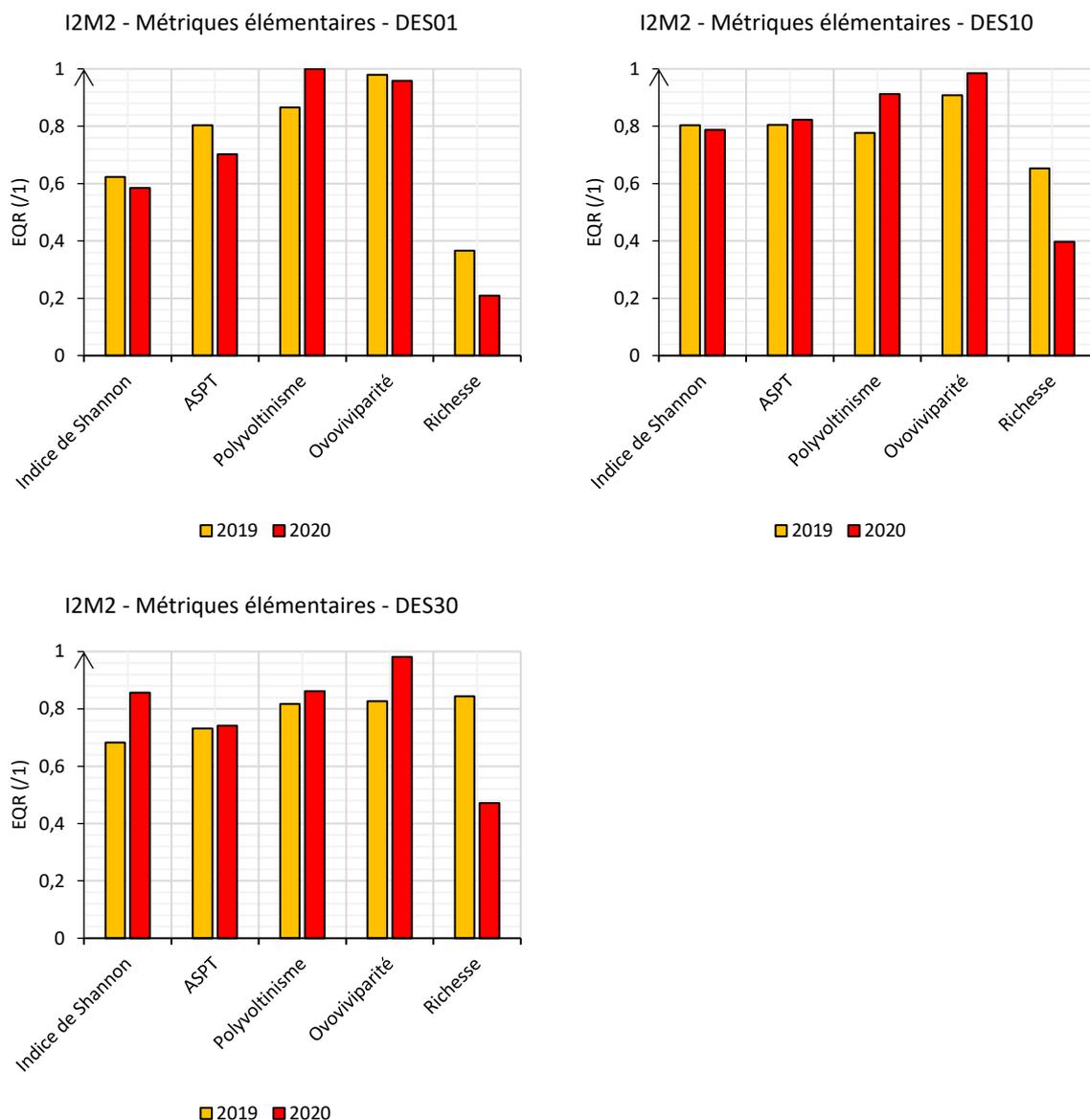


Figure 39. Métriques élémentaires de l’I2M2 des 3 stations départementales du Dessoubre en 2019 et 2020.

Les rangs des groupes indicateurs retenus sont plutôt stables dans les 4 stations, bien qu’en décroissance ces dernières années dans la partie amont (DES01 et DES10). On remarque (dans l’ensemble du cours d’eau) les faibles densités ou l’absence récurrente des taxons les plus sensibles potentiellement présents, plus encore dans la partie apicale (DES01 où les abondances totales sont pourtant élevées) mais un peu moins à l’aval de la confluence avec la Réverotte (DES10), corroborant ainsi les observations diatomiques.

Néanmoins, plutôt qu’à la sensibilité des peuplements en place, les structurations macrobenthiques sont surtout liées aux variations de la richesse taxonomique. Cette dernière est croissante d’amont en aval, avec une évolution temporelle plutôt négative dans la partie amont et positive en fermeture de bassin.

Une hypothèse explicative de ce phénomène serait d’une part la présence d’un impact du colmatage algal plus fréquent dans la partie apicale du cours d’eau, qui atteint aussi DES10 certaines années, et d’autre part une possible dérive typologique de la fermeture de bassin favorable à l’installation d’un plus grand nombre de taxons mais pas nécessairement plus qualitatifs.

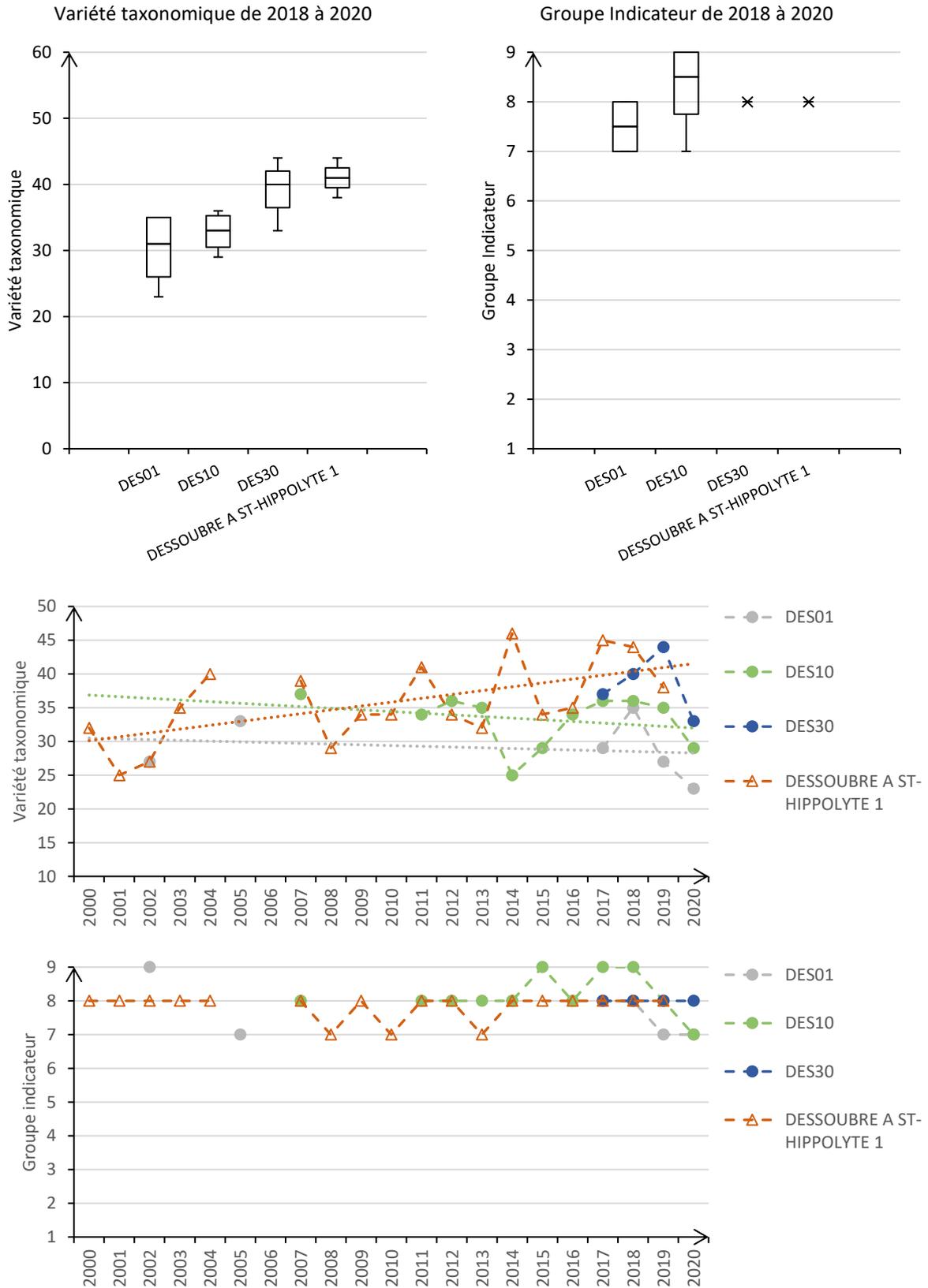
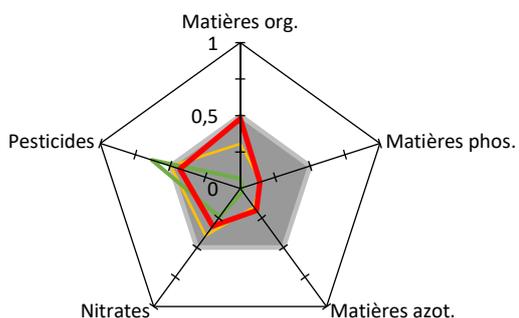


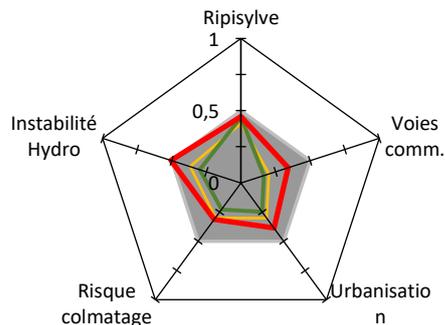
Figure 40. Variabilité et évolution des métriques « groupe indicateur » et « variété taxonomique » du Dessoubre.

I2M2 - Diagnostique physico-chimie



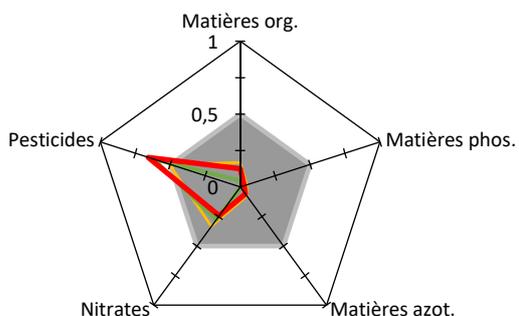
DES01_18 DES01_19 DES01_20

I2M2 - Diagnostique hydromorphologique



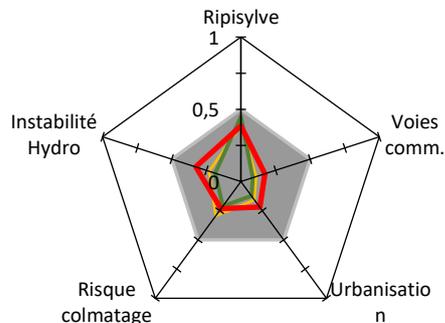
DES01_18 DES01_19 DES01_20

I2M2 - Diagnostique physico-chimie



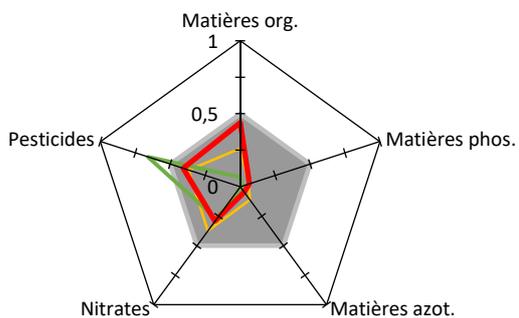
DES10_18 DES10_19 DES10_20

I2M2 - Diagnostique hydromorphologique



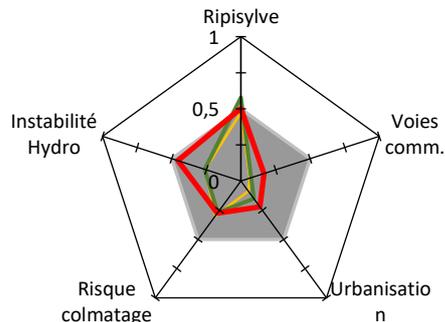
DES10_18 DES10_19 DES10_20

I2M2 - Diagnostique physico-chimie



DES30_18 DES30_19 DES30_20

I2M2 - Diagnostique hydromorphologique



DES30_18 DES30_19 DES30_20

Figure 41. Outils diagnostiques (probabilités de pressions qualitatives ou hydromorphologiques) de 2018 à 2020 des 3 stations du réseau départemental localisés sur le Dessoubre.

Il n'est pas mis en évidence de pression ostensible, hormis peut-être les « pesticides » dans DES10.

3. Poissons

Pêche d'inventaire à DES01

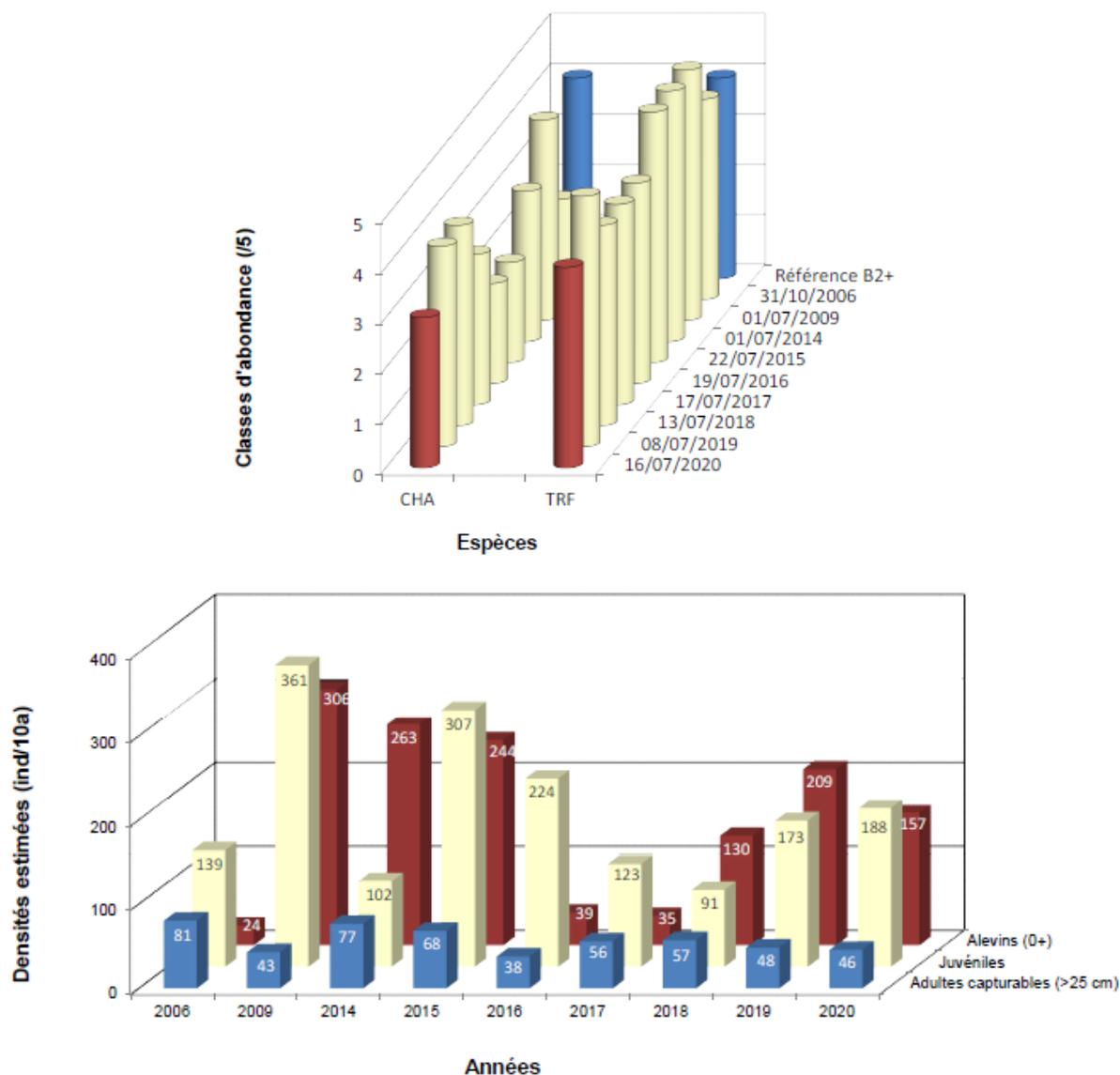


Figure 42. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station DES01 (extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs).

A *contrario* des communautés macrobenthiques et diatomiques, le peuplement piscicole de cette tête de bassin est globalement conforme à la référence d'un point de vue qualitatif et quantitatif. La biomasse de truites reste élevée grâce aux recrutements de bon niveau de ces dernières années, bien que nettement en-deçà de ce qui était observé en 2009-2015.

Cette station DES01 constitue d'une des dernières stations de suivi piscicole du département (grand cours d'eau karstique) dont les abondances en truites sont proches du référentiel.

Pêche d'inventaire à DES10

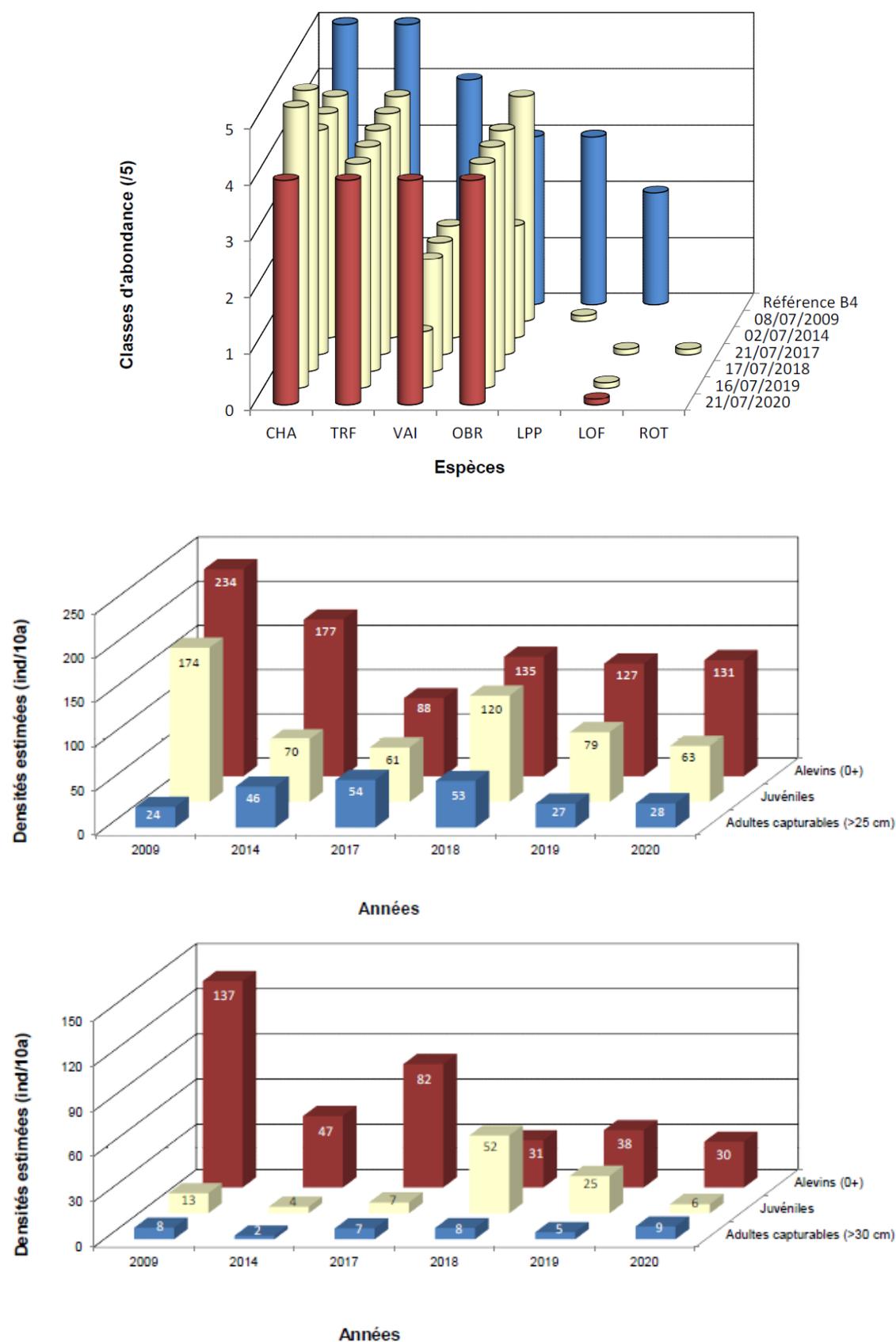


Figure 43. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station DES10 (haut), et structuration du peuplement en truites (centre) et en ombres (bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

Le peuplement piscicole de DES10 est globalement conforme à la référence d'un point de vue qualitatif, mais la plupart des espèces montrent des déficits quantitatifs plus ou moins modérés. L'état de conservation piscicole de cette station est globalement jugé comme étant moyen à bon.

Ainsi, bien que non encore dramatique, les densités numériques et pondérales en truites tendent à poursuivre une érosion progressive engagée depuis 2019. Par ailleurs, l'abondance en juvéniles d'ombre est redevenu faible suite à deux années 2018 et 2019 davantage favorables à cet écostade (à noter le positionnement très apical de la station par rapport au référent typologique de cette espèce).

L'inventaire 2020 a par ailleurs été à nouveau l'occasion d'observer (par la fédération département de pêche du Doubs) un débit réservé réduit sur la station (qui est un court-circuit), l'essentiel du débit à l'étiage transitant toujours par le canal du moulin de Belvoir sans régulation. Ce point concoure fortement à une dégradation des qualités habitationnelles du tronçon.

Pêche d'inventaire à DES30

Le peuplement piscicole du Dessoubre à Vaucluse présent un état de conservation moyen à médiocre, stable voire en voie de dégradation. Les peuplements sont conformes à la référence d'un point de vue qualitatif, mais la plupart des espèces disposent de déficits quantitatifs sévères ne s'améliorant pas depuis plusieurs années.

Ainsi, les truites présentent des biomasses et des recrutements particulièrement faibles, ceci de façon récurrente depuis l'effondrement de 2014.

Ces mêmes évènements de 2014 ont conduit à un effondrement de la population d'ombres, dont les recrutements plus significatifs depuis 2017 (mais demeurant néanmoins modérés) ne permettent pas de retrouver une population en juvéniles et géniteurs satisfaisante (1 seul géniteur capturé en 2020). Le devenir de cette espèce dans ce secteur du Dessoubre demeure donc dans un état critique.

A noter par ailleurs la présence d'une population bien implantée en écrevisses signal.

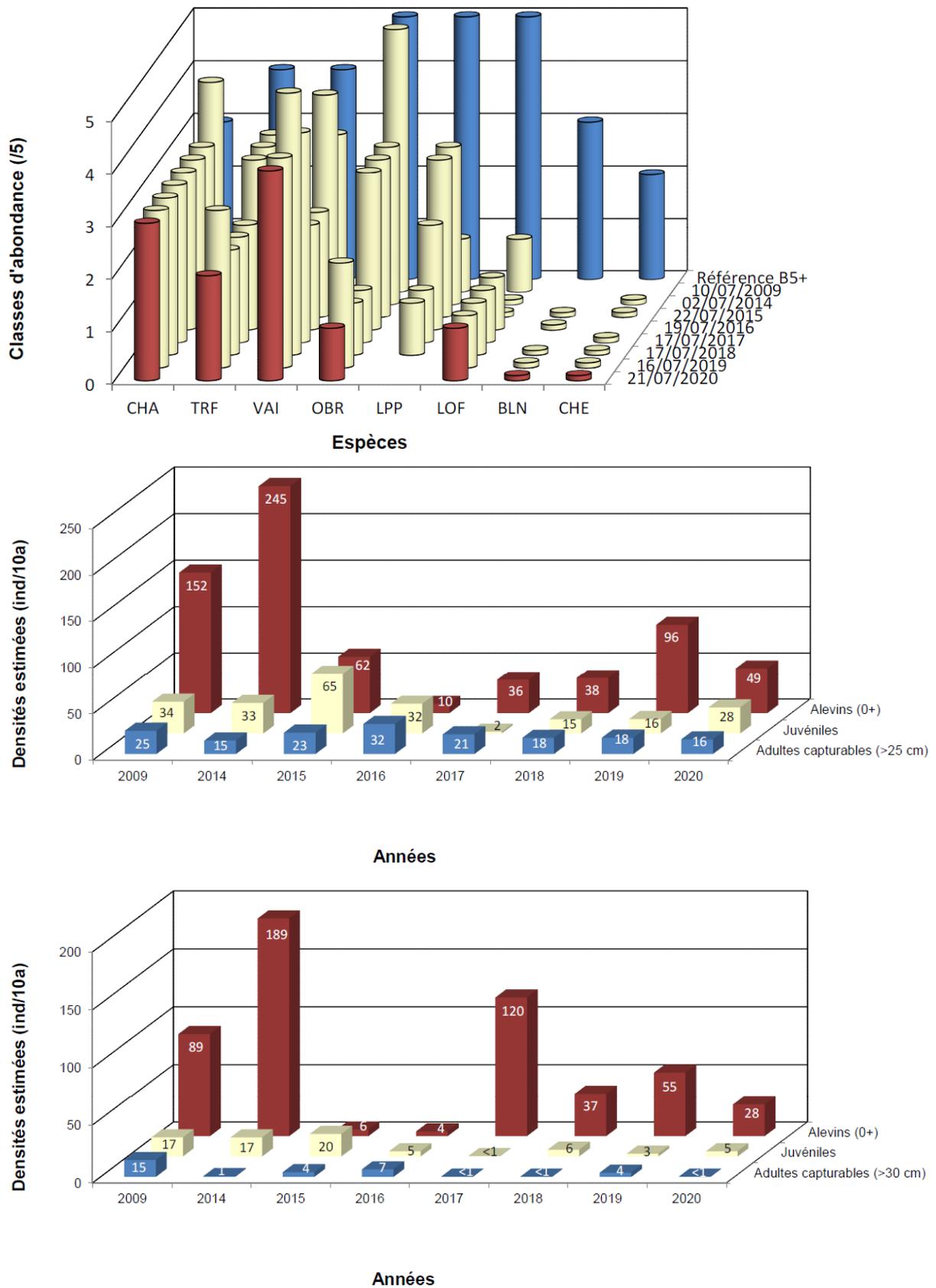


Figure 44. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station DES30 (haut), et structuration du peuplement en truites (centre) et en ombres (bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

H. Conclusion

Malgré des « bons états écologiques 2020 » DCE, des dysfonctionnements qualitatifs sont identifiés dans le Dessoubre, avec une structuration spatiale marquée :

- Partie apicale (DES01) : plus fortes altérations physico-chimiques (dont pesticides) et hydrobiologiques (hors poissons). Dysfonctionnements en croissance ces dernières années.
- Aval confluence Réverotte (DES10) : nette améliorations qualitatives, mais dystrophie phosphorée demeurant encore prégnante. Forts potentiels hydrobiologiques non atteints chaque année.
- Dessoubre à Vaicluse (DS30) : pression « azote organique » (modérée), possible légère contamination par les métaux lourds, et multiples dysfonctionnements hydrobiologiques (non optimaux, et en décroissance ces dernières années).
- Fermeture de bassin (RCS) : moindres pressions trophiques, amélioration diatomique depuis environ 2010 et croissance de la variété macrobenthique.

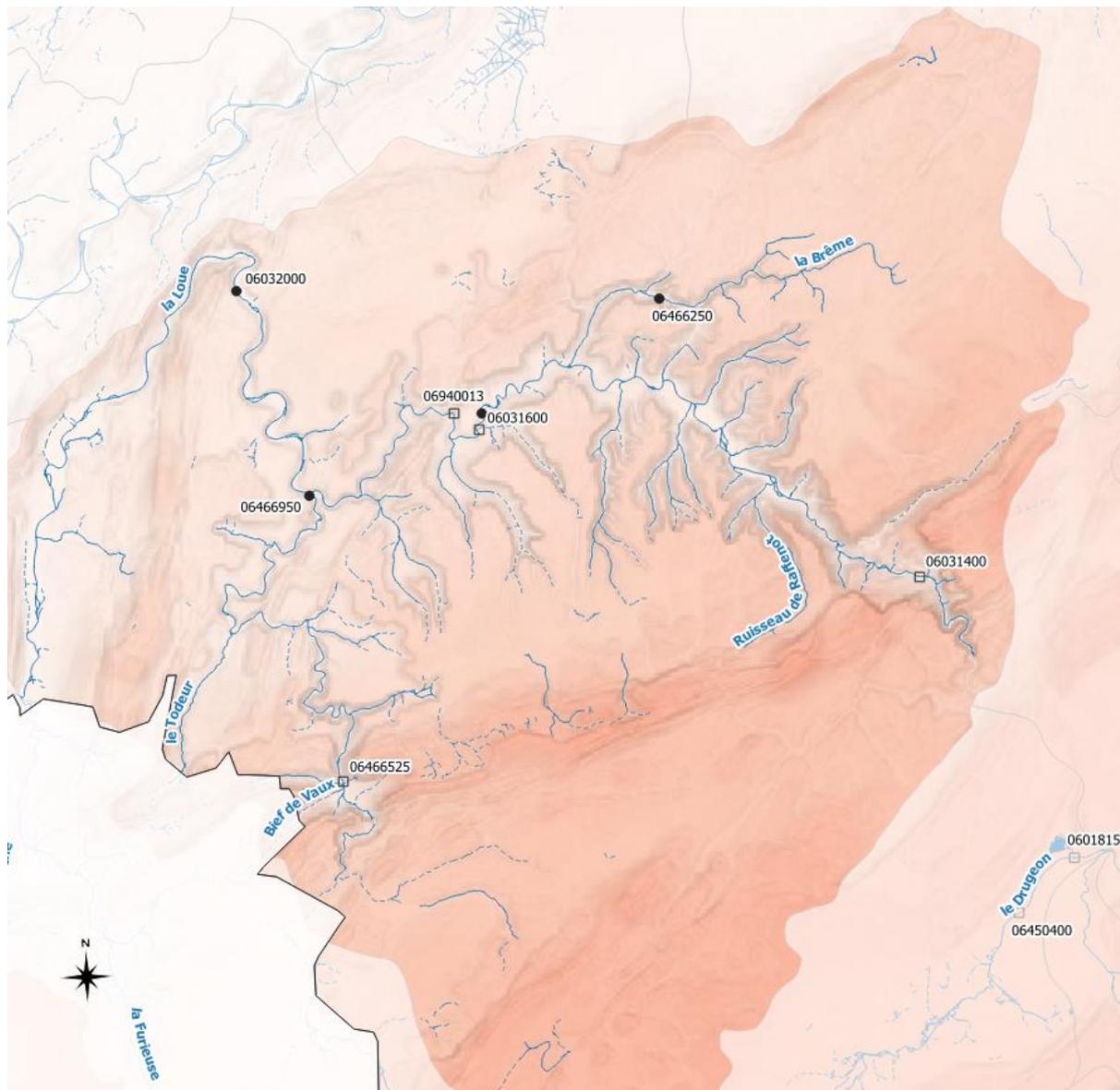
Ces observations résultent potentiellement de la conjonction de plusieurs phénomènes :

- Fortes pollutions d'origines domestiques et agricoles via les sources karstiques du Dessoubre, induisant de multiples dystrophies (très marquée pour les matières phosphorées) et une contamination récurrente par les micropolluants.
- Colmatage par des blooms algaux fréquents et durables dans la partie apicale du Dessoubre, plus encore ces dernières années (sécheresses), qui certaines années s'étendent à la station DES10 en aval de la confluence avec la Réverotte.
- Tendance à une diminution longitudinale des pressions apicales, mais maintien d'une légère pression domestique et « apparition » d'une pression « azote organique » possiblement en lien avec une augmentation de la problématique « épandages ».
- Amélioration qualitative en fermeture de bassin jusqu'au début des années 2010, puis dérive typologique induisant une augmentation d'une variété macrobenthique non nécessairement qualitative.

Une partie du présent rapport est consacrée à la problématique qualitative du Dessoubre apicale.

IV. Vallée de la Loue

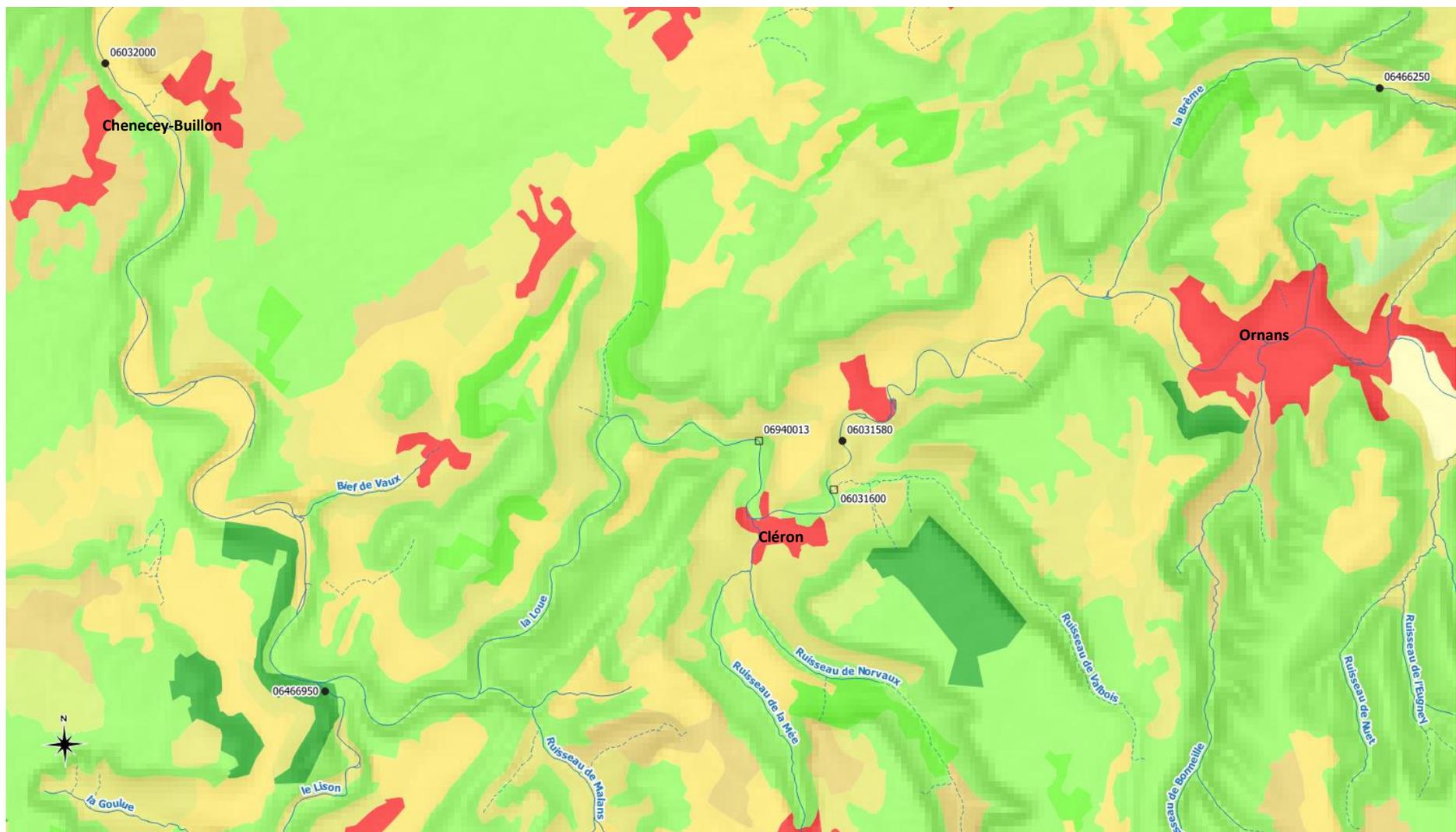
A. Localisation



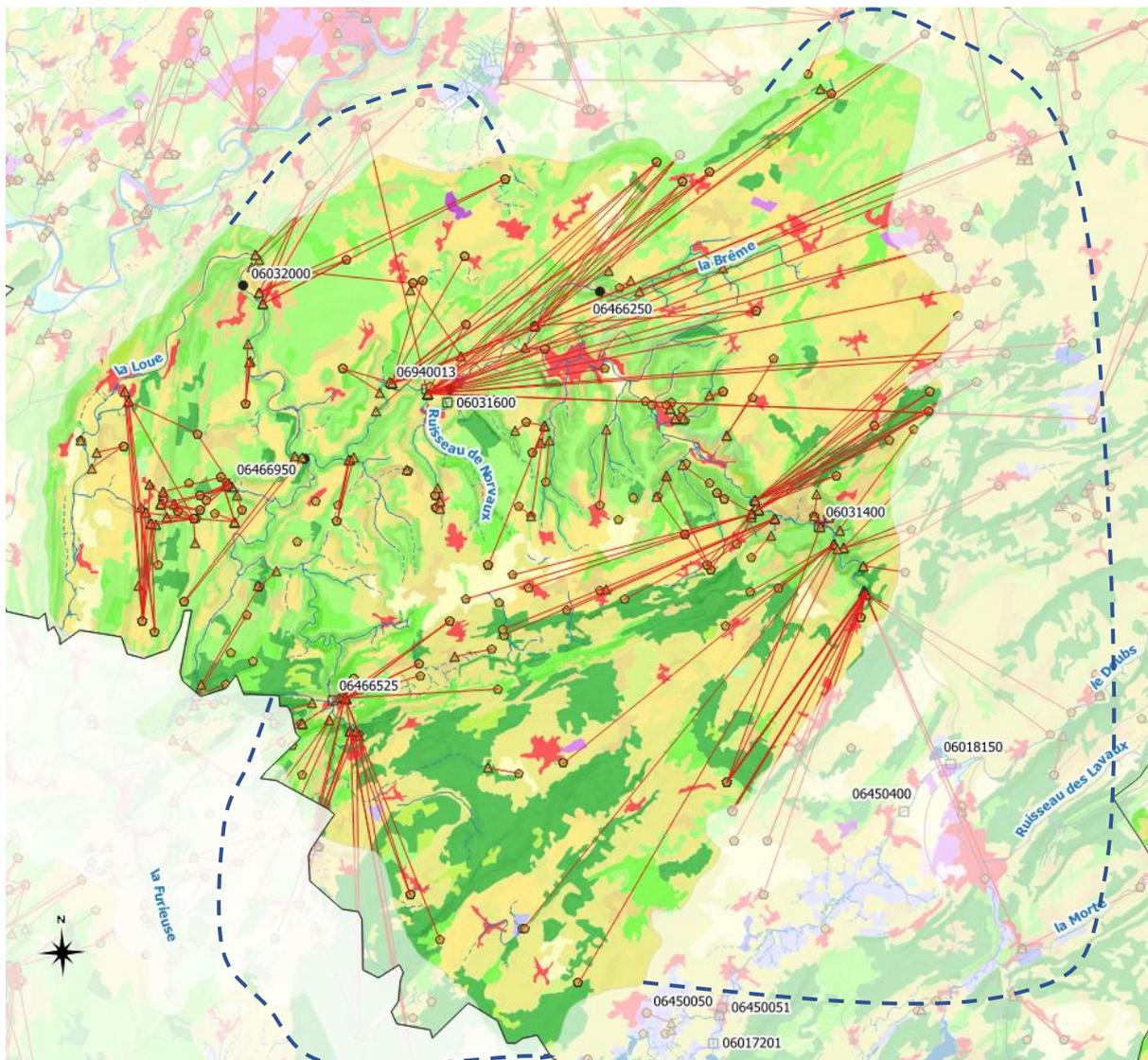
Libellé station	Code
LOUE A MOUTHIER-HAUTE-PIERRE 1	06031400
LOU20	06031580
LOUE A CLERON 3	06940013
LOU10	06032000
BRE10	06466250
VALBOIS (RUISSEAU DE) A CLERON	06031600
LISON A NANS SOUS SAINTE ANNE 5	06466525
LOU-S13	06466950

Carte 8. Localisation des stations de suivi qualitatif des ESU du BV de la Loue (extrait BDD Naïades). Fond de carte = altitude.

Parmi les 8 stations de suivis qualitatifs du BV doubiste de la Loue, 4 sont localisées sur la Loue *stricto sensu*, 2 sur le Lison (source et fermeture de bassin, 1 sur la Brême et 1 sur le ruisseau de Valbois. A noter toutefois que les données relatives à cette dernière sont très succinctes.



Carte 9. Occupation du sol à proximité de la Loue (hors partie apicale). Fond de carte = nomenclature CorineLandCover 2018.



Carte 10. Vue globale du BV de la Loue selon la BDD Topage (non opacifié) et en considérant les traçages des eaux souterraines (BV hydrogéologique estimé – par CD Eau Environnement – délimité par pointillés). Fond de carte = nomenclature CorineLandCover2018.

L'occupation du sol à proximité des stations de suivi est à la fois forestière, agricole (pâturages) et urbanisée (Ornans, Cléron, Chenecey-Buillon...). Néanmoins, en considérant les circulations karstiques, on constate que le BV hydrogéologique est nettement plus étendue (il intègre par exemple l'agglomération pontissalienne), mais avec une typologie d'occupation du sol globalement similaire (avec quelques zones de grandes cultures et zones humides).

Certains points de ce BV hydrogéologiques concentrent plus particulièrement les restitutions des ESO karstiques :

- La source de la Loue (sud-est du BV avec agglomération pontissalienne, connectivité avec une partie du Doubs) ;
- Résurgences de Vuillafans-Mongesoye (centre du BV) ;
- Source du Maine à l'aval de Cléron (nord-est du BV) ;
- La source du Lison (sud du BV).

B. Contexte hydrologique

Malgré des tailles contrastées, la dynamique hydrologique de chacun des deux hydrosystèmes Lison et Loue sont très similaires, validant ainsi la pertinence de l'intégration d'une synthèse qualitative commune dans un même chapitre relatif au bassin de la Loue.

Lors de ces 3 dernières années, les campagnes d'échantillonnage se répartissent dans différents contextes hydrologiques, avec une prédominance des contextes de basses eaux liés aux épisodes récurrents de canicules/sécheresse (très marqué et durable en 2018) : 3 campagnes/11 avec un débit <QMNA5. A l'opposé, 3 campagnes/11 furent réalisées avec un débit >module.

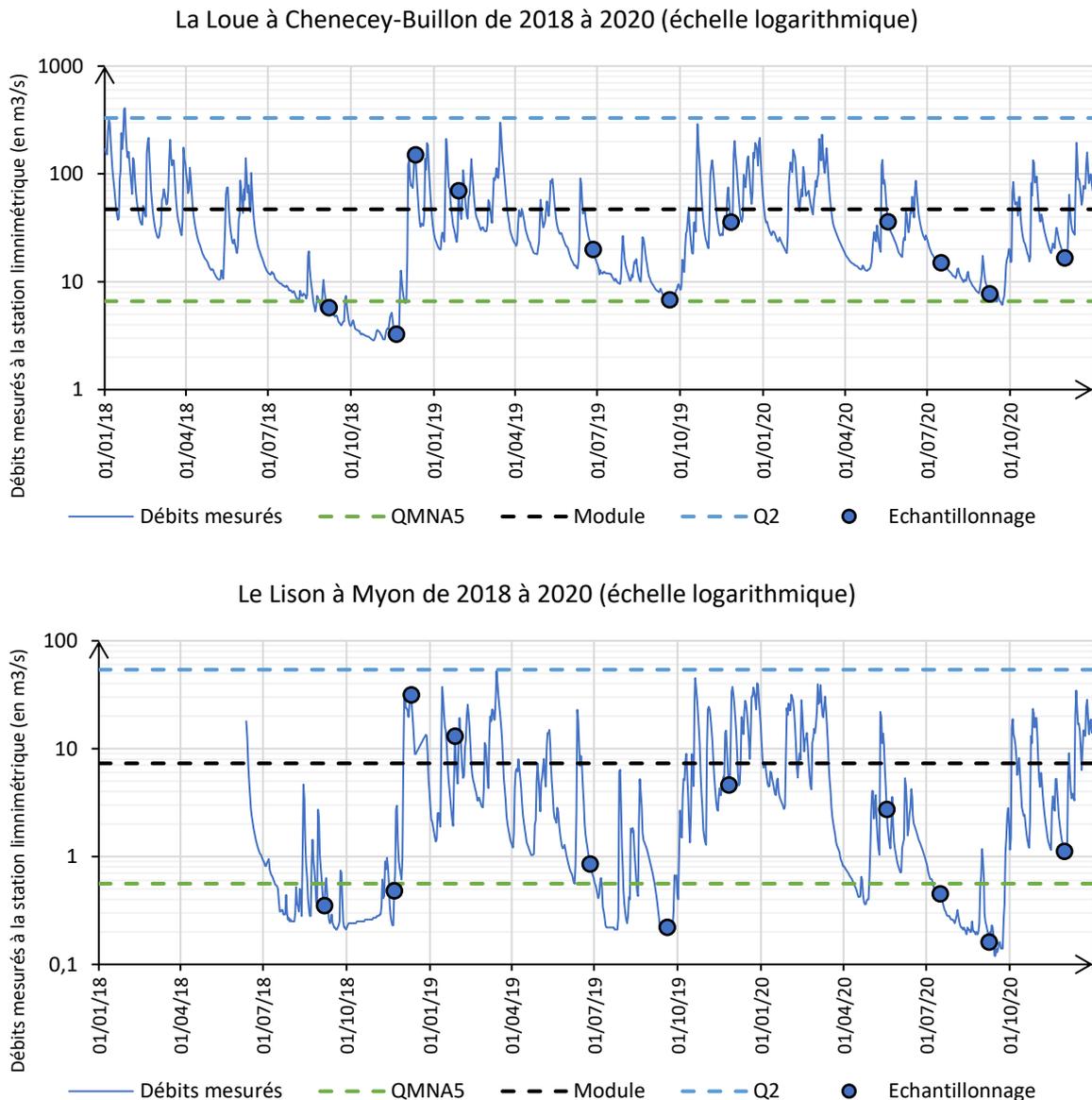


Figure 45. Chronologie des débits mesurés entre le 1er janvier 2018 et le 31 décembre 2020 (3 ans) au sein de la station limnimétrique automatique localisée sur Le Lison à Myons et sur la Loue à Chenecey-Buillon. Les ronds indiquent les dates d'échantillonnages.

Il n'a pas été observé de crue exceptionnelle lors de ces 3 dernières années, où, à l'inverse, les durées et l'intensité des sécheresses furent récurrentes, intenses et durables, particulièrement en 2018 pour la Loue et aussi en 2020 pour la Lison.

C. État écologique DCE

LOUE A MOUTHIER-HAUTE-PIERRE 1	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	EMO	EMO	BE	BE	BE
État biologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	EMO	EMO	BE	TBE	TBE
Macro-inv.	TBE										
Diat.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	EMO	EMO	BE	TBE	TBE
Poissons	BE	BE	BE	BE	BE	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température	TBE										
Acidification	TBE										
Nutriments	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	TBE	BE	BE								
Polluants spécifiques	BE										

LOU20	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	Ind.	BE	BE	BE	BE
État biologique	/	TBE	TBE	BE	BE
Macro-inv.	/	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	/	TBE	TBE	BE	BE
Poissons	/	/	/	/	/
État physico-chimique	TBE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	BE	BE	TBE	TBE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	TBE	TBE	TBE	TBE	BE
Nutriments azotés	TBE	BE	BE	BE	BE
Polluants spécifiques	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	/

LOUE A CLERON 3	2016	2017	2018	2019	2020
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	BE
État biologique	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	TBE	TBE	TBE	/	/
Poissons	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	/	/
Oxygénation	BE	BE	BE	/	/
Température	TBE	TBE	TBE	/	/
Acidification	TBE	TBE	TBE	/	/
Nutriments	TBE	TBE	TBE	/	/
Nutriments phosphorés	TBE	TBE	TBE	/	/
Nutriments azotés	TBE	TBE	TBE	/	/
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/

LOU10	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE										
État biologique	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	TBE										
Diat.	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	TBE	BE									
Oxygénation	TBE	BE	BE	TBE	TBE						
Température	TBE										
Acidification	TBE	BE	BE	BE							
Nutriments	TBE	BE									
Nutriments phosphorés	TBE	BE									
Nutriments azotés	TBE	BE	BE	BE	TBE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Polluants spécifiques	/	Ind.	BE	BE	BE	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	/

BRE10	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE										
État biologique	BE	TBE	BE								
Macro-inv.	TBE										
Diat.	BE	TBE	BE								
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE										
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	BE							
Température	TBE										
Acidification	TBE	BE	TBE	BE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Nutriments	BE										
Nutriments phosphorés	TBE	BE	TBE	TBE							
Nutriments azotés	BE										
Polluants spécifiques	/	Ind.	BE	BE	BE	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	/

LISON A NANS SOUS SAINTE ANNE 5	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	BE	BE	BE	BE	BE	BE
État biologique	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	BE	BE	BE	BE	BE	BE
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Température	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Acidification	BE	BE	BE	BE	BE	TBE
Nutriments	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments phosphorés	TBE	BE	BE	BE	BE	BE
Nutriments azotés	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Polluants spécifiques	/	/	/	/	/	/

LOU-S13	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Résultante écologique	EMO	EMO	EMO	EMO	BE						
État biologique	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Macro-inv.	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE
Diat.	BE	BE	TBE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Poissons	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
État physico-chimique	EMO	EME	EMO	EME	BE						
Oxygénation	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE	BE
Température	EMO	EMO	EMO	BE	BE	TBE	TBE	BE	BE	TBE	TBE
Acidification	BE	EME	BE	EME	TBE	TBE	TBE	TBE	BE	BE	BE
Nutriments	/	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Nutriments phosphorés	/	BE	BE	BE	BE	BE	BE	TBE	TBE	TBE	TBE
Nutriments azotés	/	BE	BE	BE	TBE						
Polluants spécifiques	/	Ind.	BE	BE	BE	Ind.	Ind.	BE	BE	BE	/

Tableau 21. Synthèse des états écologiques DCE tels qu'extraits de la BDD Agence de l'Eau en janvier 2022. L'ordre des tableaux correspond à l'ordre amont-aval des stations le long du linéaire. Le calcul des états écologiques intègre potentiellement les états piscicoles malgré un « avis critiques à dire d'expert » tels que rappelé dans le chapitre relatif à ces organismes.

Selon le référentiel DCE, hormis un déclassement de l'état diatomique de la source de la Loue en 2017 et 2018, toutes les autres composantes des état écologiques des 7 stations considérées conservent *a minima* un « bon état » depuis 2016.

Comme souligné dans les chapitres précédents, ceci illustre les limites d'une évaluation de la qualité des milieux aquatiques sur la seule approche DCE (dont ce n'est pas la finalité essentielle), et donc la nécessité de compléter ces informations par des expertises complémentaires, objet des chapitres suivants.

D. Pression organique

Remarque :

L'hétérogénéité spatiale et temporelle des efforts d'échantillonnage particulièrement marquée lors de la période 2018-2020 doit être considérée dans le cadre de l'interprétation des mesures physico-chimiques : 11 campagnes sont disponibles lors de cette période au sein des stations LOU20, BRE10 et LOUS13, 24 pour la station RCS à la source de la Loue, 149 pour la source du Lison à Nans-sous-Sainte-Anne, et 164 pour la station LOU10 (ces deux dernières stations cumulant les données issues du réseau QUARSTIC). Cette hétérogénéité de données est surtout potentiellement impactante sur la probabilité de quantification de minima et maxima extrêmes, mais moins incidente sur la distribution des quartiles des teneurs.

Cette hétérogénéité des jeux de données est aussi observée d'un point de vue temporelle. Ainsi, pour la station LOU10, on passe de 3 à 11 données /3 ans avant 2015 *versus* 166 à 486 données /3 ans depuis.

En outre, la très grande majorité des données « surnuméraires » issues du réseau QUARSTIC ont fait appel à un laboratoire d'analyses différent de celui issu des échantillonnages plus ponctuels. Ceci, en revanche, est susceptible d'engendrer un léger biais de distribution des valeurs de certains paramètres, ce qui serait davantage ostensible pour les concentrations les plus basses.

Les états écologiques des stations départementales n'intègrent pas les données QUARSTIC (LOU10). Les états écologiques des stations Agence n'intègrent pour leur part ces données que si elles ont été préalablement validées (Lison apical).

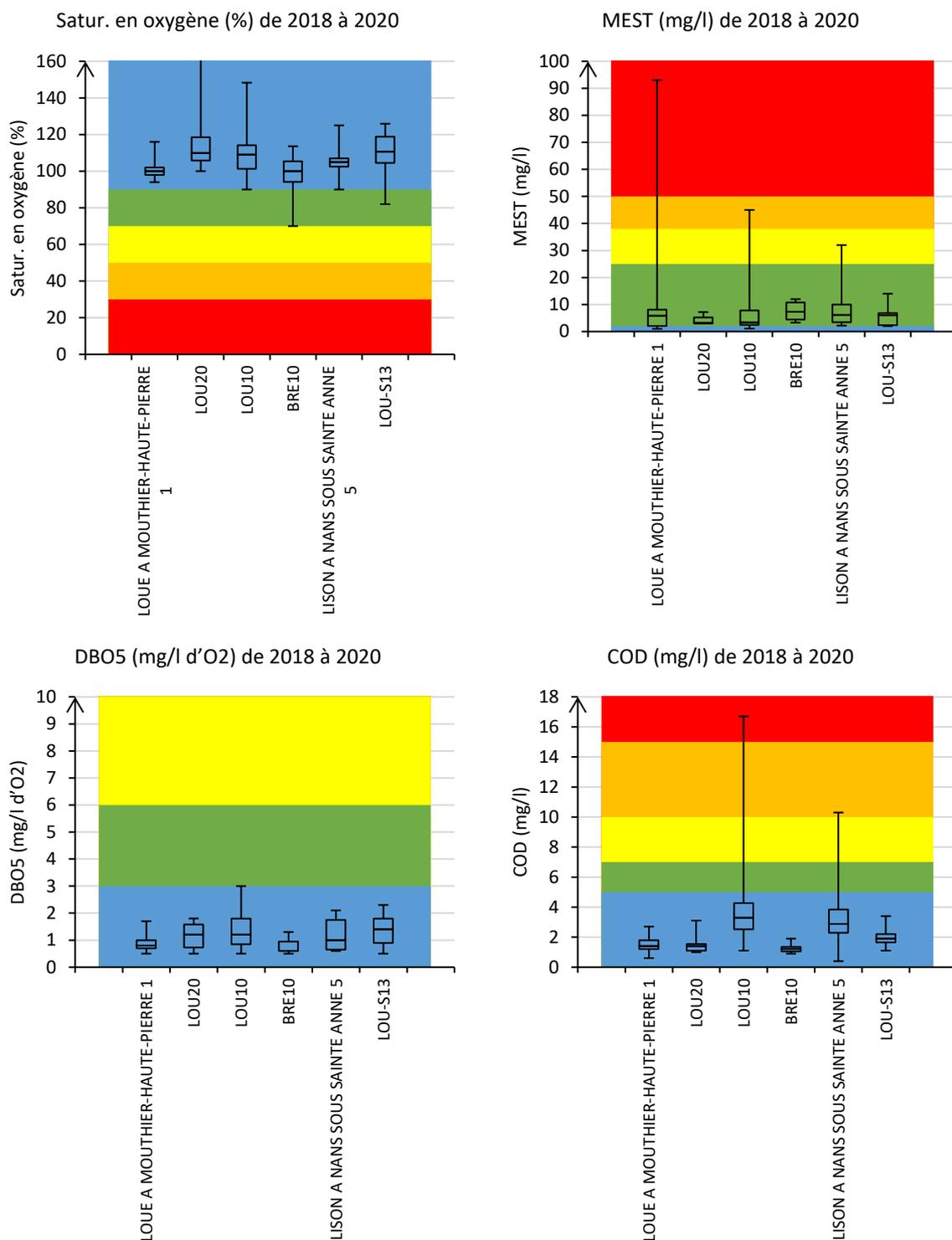


Figure 46. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des mesures des paramètres du bilan de l'oxygène.

Il n'est pas constaté de pression organique récurrente particulièrement ostensible dans les stations suivies. Un questionnement est toutefois soulevé quant aux teneurs en COD dans les stations LOU10 et la source du Lison, mais il ne peut être conclusif compte tenu des biais précédemment formulés.

La vraisemblance de ce biais est d'ailleurs accrue en considérant l'évolution temporelle des teneurs en COD dans la station LOU10 (figure suivante).

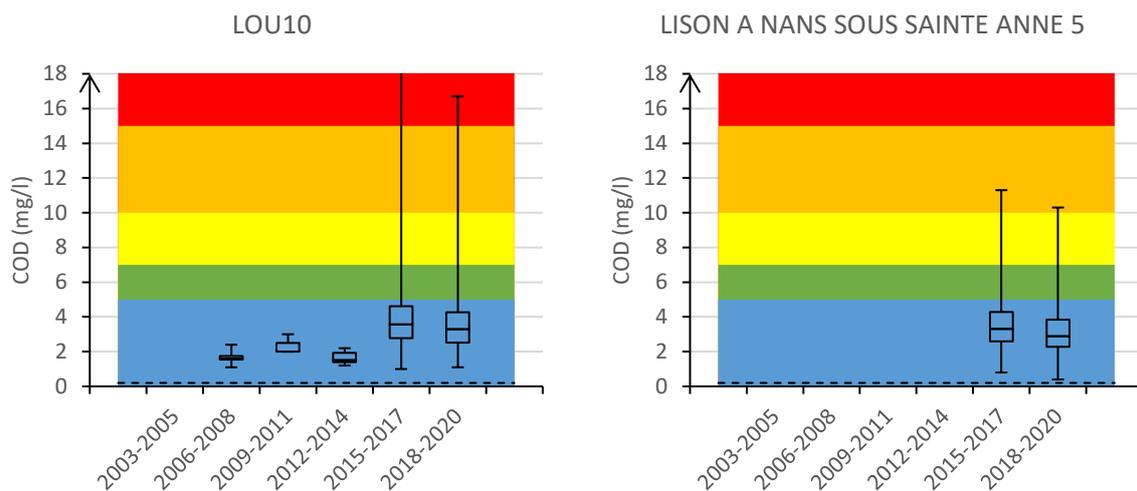


Figure 47. Evolution de variabilité triennale (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en carbone organique dissous dans les stations LOU10 et la source du Lison (référentiel DCE).

E. Trophie

Les remarques et biais potentiels soulignés pour les paramètres liés à la pression organique sont également avérés pour l'évaluation des pressions trophiques.

1. Matières azotées

Au cours de ces 3 dernières années il n'a pas été constaté de contamination du BV par l'ammonium ou les nitrites, contrairement au NTK (et donc à l'azote organique) au sein de LOU10 et plus encore au niveau de la source du Lison.

La différence avec les autres stations est particulièrement notable pour ce paramètre NTK, et est sans nul doute à rapprocher des différences de performances des laboratoires : ni les localisations de ces 2 stations ni la plus grande fréquence de mesures ne permettent d'expliquer ces différences de distribution. Dans ces conditions, il est délicat d'être conclusif quant à la probabilité de pression vis-à-vis de ce paramètre dans ce BV.

Concernant les nitrates, la pollution est globalement modérée (3 à 8 mg/L), saisonnièrement moyenne avec des pics pouvant atteindre 10-17 mg/L, avec une décroissante d'amont en aval pour la Loue mais à l'inverse croissante le long du Lison.

Globalement, à l'échelle du BV, la station BRE10 s'avère nettement comme étant la plus contaminée par ces nitrates, avec des teneurs dépassant de façon chronique les 10 mg/L et un pic à 28 mg/L. La croissance de cette pollution initiée en 2015-2017 s'est accélérée lors de la période 2018-2020. La coïncidence avec les évolutions hydro-climatiques de ces dernières années interrogent donc quant à un éventuel lien de causalité pour les secteurs déjà initialement soumis à une vulnérabilité particulière pour ce nutriment.

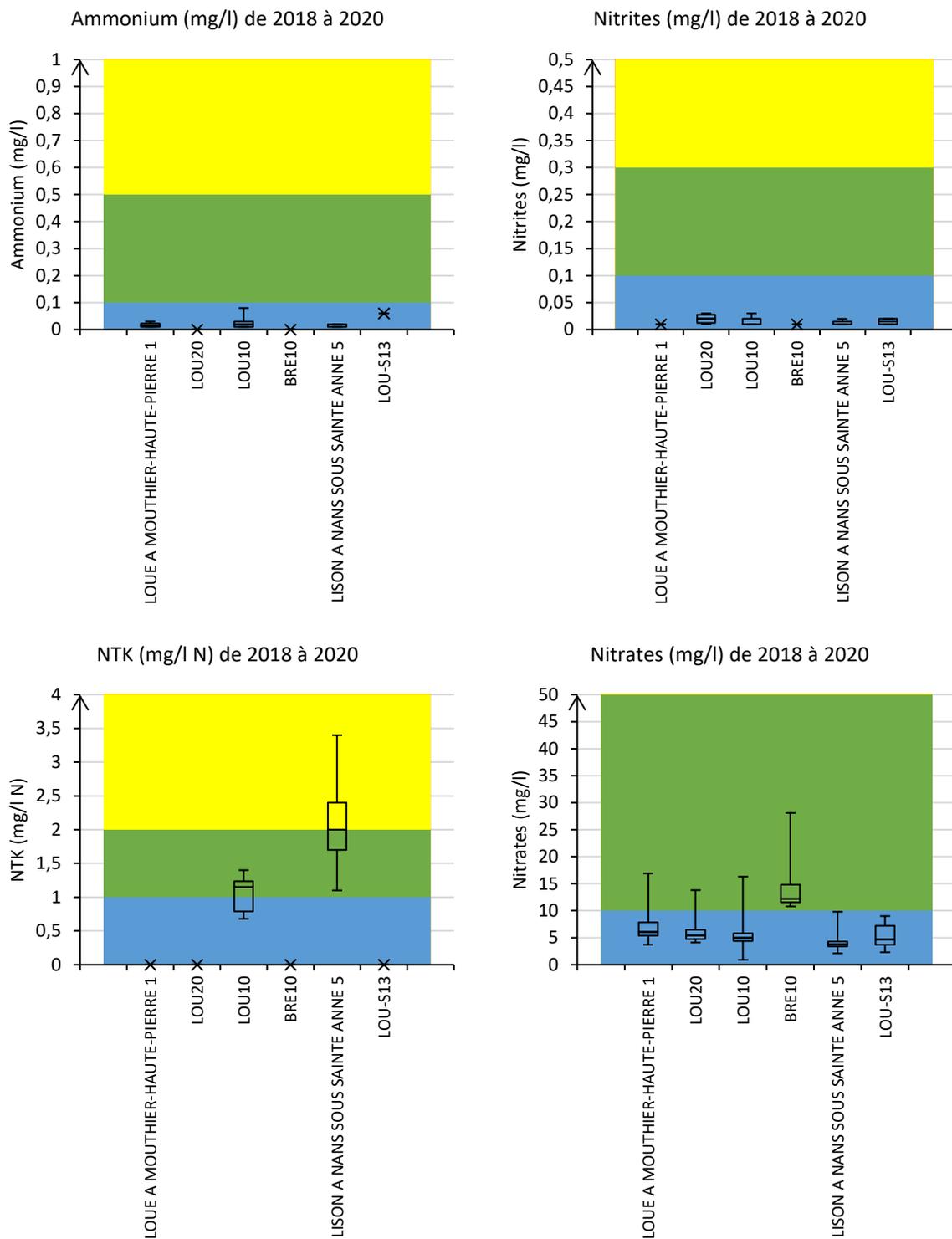


Figure 48. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières azotées (référentiel DCE).

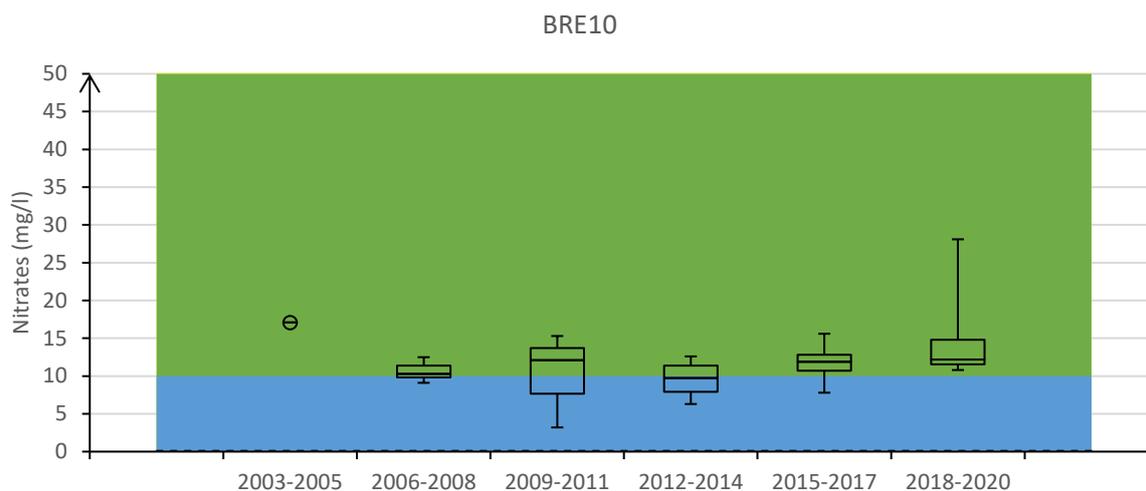


Figure 49. Evolution de la variabilité triennale (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en nitrates dans la station BRE10 (référentiel DCE).

2. Matières phosphorées

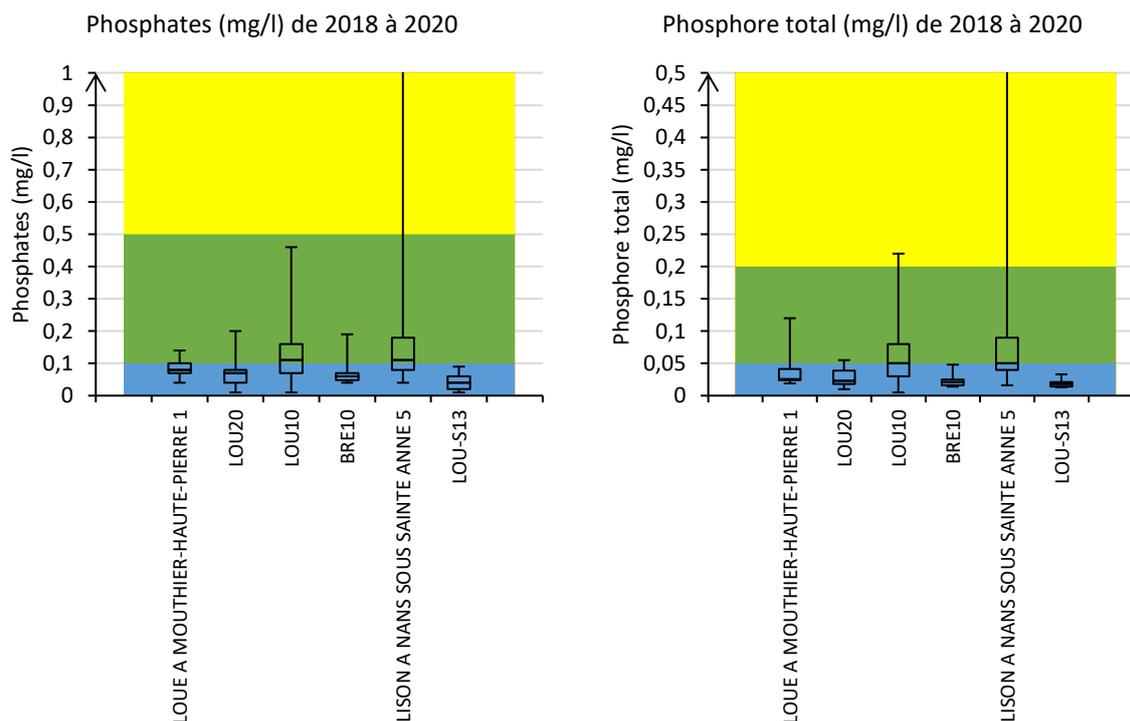


Figure 50. Variabilité (min, quartile 25%, médiane, quartile 75%, max) des teneurs en matières phosphorées (référentiel DCE).

Comme pour le COD (et le NTK mais dans des proportions moindres), la particularité de la trophie phosphorée des stations LOU10 et source du Lison questionne quant à la présence d'un probable biais.

Néanmoins, on constate la prévalence d'une dystrophie phosphorée opérant de façon modérée mais chronique dès la source de la Loue, puis qui tend à se réduire plus en aval (Cléron). Cette légère pollution phosphorée est aussi observée dans BRE10 mais très peu en fermeture de bassin du Lison.

F. Pesticides et autres micropolluants, métaux lourds

Station	Date	Nom	Résultat	Unité	Typologie
BRE10	18/05/2020	AMPA	0.021	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
		Bromacile	0.005	µg/L	Herbicide
		Diflufenican	0.009	µg/L	Herbicide
		Oxadixyl	0.007	µg/L	Fongicide
	15/07/2020	Imidaclopride	0.037	µg/L	Insecticide
30/11/2020	Chlortoluron	0.026	µg/L	Herbicide	
LOU10	18/05/2020	AMPA	0.031	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
		Métolachlor	0.033	µg/L	Herbicide
	16/07/2020	Carbamazepine	0.006	µg/L	Médicament
	08/09/2020	Benzotriazole	0.051	µg/L	Micropolluant
		Carbamazepine	0.017	µg/L	Médicament
		Formaldéhyde	1	µg/L	Micropolluant
30/11/2020	AMPA	0.024	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate	
LOU20	18/05/2020	AMPA	0.033	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
	16/07/2020	AMPA	0.029	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
		Benzotriazole	0.025	µg/L	Micropolluant
		Carbamazepine	0.007	µg/L	Médicament
	08/09/2020	AMPA	0.051	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
		Benzotriazole	0.066	µg/L	Micropolluant
		Carbamazepine	0.017	µg/L	Médicament
	30/11/2020	AMPA	0.026	µg/L	Herbicide (résidu), phosphonate
LOUS13	18/05/2020	Métolachlor	0.008	µg/L	Herbicide
	08/09/2020	Benzotriazole	0.067	µg/L	Micropolluant
		Carbamazepine	0.021	µg/L	Médicament
		Formaldéhyde	1	µg/L	Micropolluant

Tableau 22. « Pesticides » dissous quantifiés lors des 4 campagnes de 2020 au sein des 4 stations du réseau départemental.

Les 4 stations investiguées présentent des contaminations récurrentes à chroniques par les « pesticides » *lato sensu* en 2020. Néanmoins, les profils de pollution divergent assez nettement :

- BRE10 : pression de nature essentiellement « agricole » via des substances de type PPP (Produits PhytoPharmaceutiques) ; pollution surtout observée au printemps ;
- LOU20 et LOU10 : pressions essentiellement de nature « domestique » et/ou « industrielle » composées de substances médicamenteuses, de phosphonates et de micropolluants ; pollution chronique mais davantage ostensible en basses eaux (moindre dilution de rejets) ;
- LOUS13 (fermeture de bassin du Lison) : profil similaire à celui de LOU20 et LOU10 mais un peu moins prégnante.

Sur le plan « historique », en considérant la station LOU10, l'intensité de ce type de pollution en 2020 ne fut pas observée jusqu'à présent, i.e. comparativement à la période 2011-2017, et encore moins si l'on considère la typologie « pression domestique » (synthèse micropolluants 2018). Il paraît donc hautement probable que les sécheresses de ces dernières années tendent à faire croître cette pression via une réduction des phénomènes de dilution, qui plus est lors des périodes de plus grande vulnérabilité hydro-écologique.

Un phénomène similaire est constaté au niveau de BRE10 où une pollution déjà constatée lors de la période 2011-2017, avec une croissance de celle-ci déjà initiée en 2017, se trouve encore davantage affirmée en 2020...

Si la fermeture de bassin du Lison (LOUS13) est effectivement historiquement moins polluée que LOU10 et BRE10, en revanche, comme pour ces dernières, 2020 fut nettement moins préservé que 2011-2017 (où en général se furent 0 à 2 quantification(s) /an vs 4 quantifications en 2020).

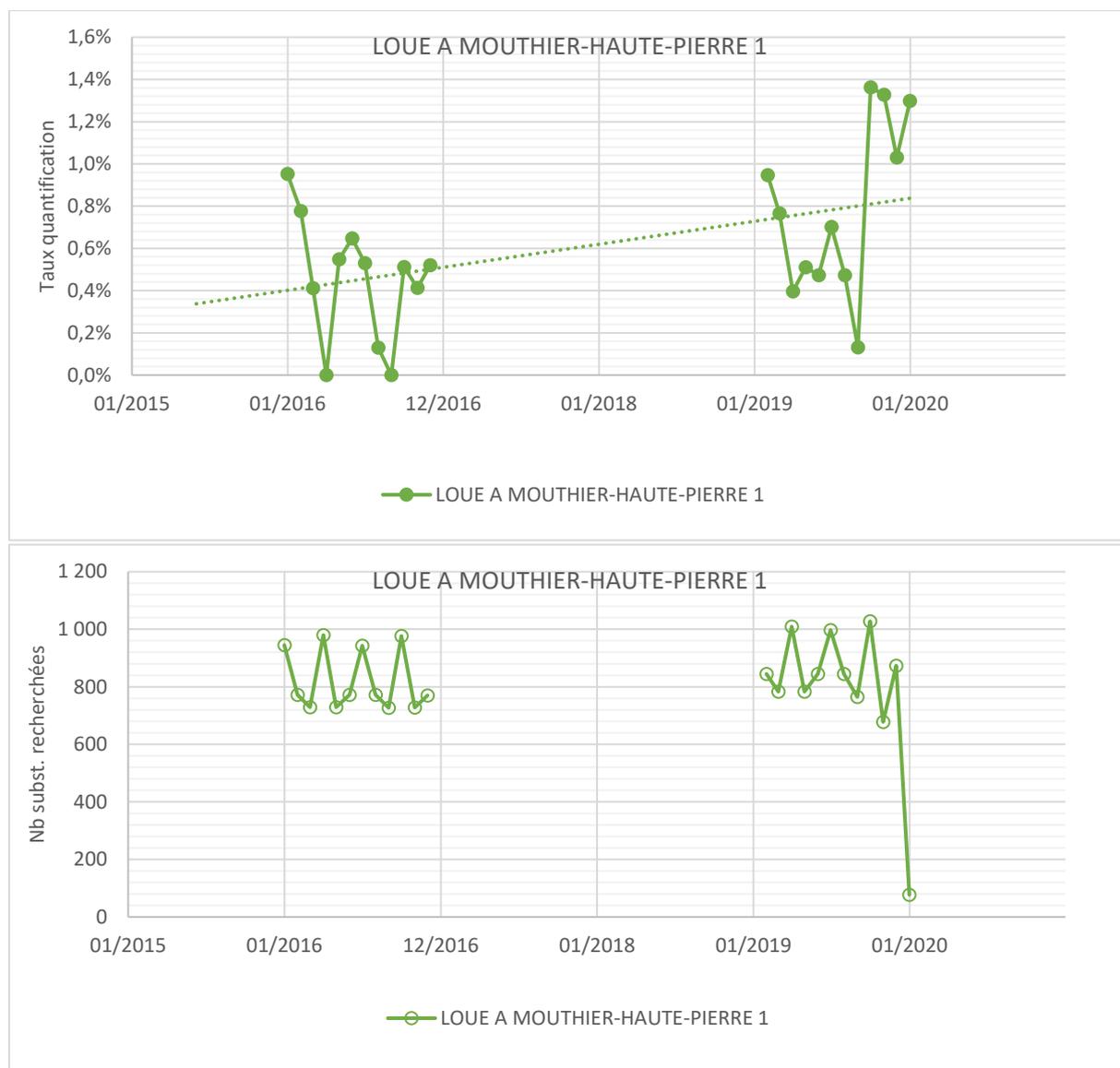


Figure 51. Evolution depuis 2015 du taux de quantification de micropolluants dissous (pesticides compris) dans la station RCS en tête de bassin (en haut), et du nombre de substances recherchées (en bas).

En comparant ces observations issues des stations départementales avec celles issues de la station RCS en tête de bassin (autre programme analytique et autre fréquence d'échantillonnage), on constate aussi une « envolée » du taux de quantification en 2019 par rapport à ce qui était mesuré en 2016 (indépendamment du nombre de substances recherchées qui est demeuré similaire entre ces 2 périodes), corroborant ainsi les précédentes observations ayant trait à un phénomène globalisé plutôt que localisé (phénomène par ailleurs constaté sur d'autres stations RCS et patrimoniales dans le département).

HAP sur sédiment le 08/09/2020	BRE10	LOU10	LOU20	LOUS13
Anthracène			26	10
Benzo (a) anthracène		33	147	50
Benzo (a) pyrène		38	143	43
Benzo (b) fluoranthène		34	117	36
Benzo (ghi) pérylène		33	107	29
Benzo (k) fluoranthène		18	67	20
Chrysène	14	50	206	73
Dibenzo (a,h) anthracène			35	
Fluoranthène	21	62	273	95
Indéno (1,2,3 cd) pyrène		22	99	24
Phénanthrène	11	26	112	36
Pyrène	20	62	231	94
Total HAP quantifiés	66	378	1563	510

Tableau 23. Teneurs en HAP quantifiés dans les sédiments échantillonnées en 2020. Couleur : classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau.

A l'inverse de la contamination des milieux par les « pesticides », la contamination des sédiments par les HAP fut en 2020 à un niveau globalement bas par rapport aux données historiques (2011-2017), avec par conséquent un questionnement quant à un éventuel lien avec les récentes évolutions hydro-climatiques :

- Un plus bas pour LOU10 (avec 2016).
- BRE10 : niveau très faible, plus bas historique.
- LOUS13 : dans la moyenne basse.

LOU20 est de loin la station la plus contaminée par les HAP (> 4 x plus que LOU10 par exemple). Néanmoins, du fait de l'absence de donnée « historique », il n'est pas possible de dégager une tendance évolutive quant à cette pollution.

BDE sur sédiment le 08/09/2020	BRE10	LOU10	LOU20	LOUS13
2,2',4- tribromodiphényléther (BDE17)		0,03		
2,2',4,4',5- pentabromodiphényléther (BDE99)		0,52		
2,2',4,4',5,6- hexabromodiphényléther (BDE153)		0,054		
2,2',4,4',5,6'- hexabromodiphényléther (BDE154)		0,054		
2,2',4,4',6- pentabromodiphényléther (BDE100)		0,13		
Octabromodiphényléther (BDE203)		0,092		
Total BDE quantifiés	0	0,88	0	0

Tableau 24. Teneurs en micropolluants hors-HAP quantifiés dans les sédiments échantillonnés en 2020. BDE : famille de substances organobromées.

Si l'absence de contamination par les micropolluants (hors HAP) du sédiment des stations BRE10 et LOUS13 est de nouveau confirmée en 2020 comme lors de la période 2011-2017 (première mesure pour LOU20), en revanche, la station LOU10 s'avère fortement polluée par des organobromés.

Il s'agit de substances ignifuges pour plastiques et textiles, et constituent à ce titre des marqueurs d'une pression « domestique/industrielle ». Par le passé, seul du phtalate (et des nonylphénols) avaient été quantifiés dans le sédiment de la station en 2011-2013 : cette typologie de pression n'est donc pas nouvelle dans cette station, mais elle s'est considérablement récemment accentuée.

Support = bryophytes	LOU20	LOU10	LOUS13	BRE10	Unité
Arsenic total	0.59	0.99	0.76	0.28	mg/(kg MS)
Cadmium total	0.05	0.09	0.05	0.14	mg/(kg MS)
Chrome total	0.94	1.27	1.33	1.33	mg/(kg MS)
Cuivre total	3.41	4.14	3.23	4.65	mg/(kg MS)
Mercure total	< 0.049	< 0.047	< 0.047	< 0.047	mg/(kg MS)
Nickel total	1.58	2.02	1.99	4.08	mg/(kg MS)
Plomb total	0.44	0.80	0.43	0.38	mg/(kg MS)
Etain total	<0.25	<0.24	<0.24	<0.24	mg/(kg MS)
Zinc total	15.32	34.84	10.92	54.55	mg/(kg MS)

Tableau 25. Teneurs en métaux lourds bioaccumulés dans les bryophytes échantillonnées en 2020. Couleur : classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau.

Les teneurs en métaux lourds bioaccumulés dans les peuplements de bryophytes des 4 stations considérées sont globalement faibles, et nettement en-deçà des seuils de déclassement selon le référentiel SEQ-Eau. Sur le plan « historique », ce constat de « très bonne qualité » se trouve renforcée via une tendance positive :

- LOU10, BRE10 : plus bas historique en 2020 comparativement à la période 2011-2017, période où déjà une décroissance des teneurs bryophytiques en ETM semblait déjà bien engagée ;
- LOUS13 : point bas en 2020 à un niveau souvent observé en 2011-2017 (hormis pic de 2015, voire 2012).

G. Hydrobiologie

1. Diatomées

LOU20	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence IBD (2007) =20 - Valeur minimale IBD (2007) =5					
IBD	19,7	17,40	19,5	18,9	0,940
IPS	18,7	16,3	18,9	17,97	
% taxa indicateurs de pollution organique					
Nulle à faible	88,7	73,5	95,3		
Modérée	10,8	15,6	4,7		
Importante	0,5	10,9	2		

LOU10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence IBD (2007) =20 - Valeur minimale IBD (2007) =5					
IBD	19,7	18,70	20,0	19,5	0,972
IPS	17,8	16,7	18,2	17,57	
% taxa indicateurs de pollution organique					
Nulle à faible	94,5	86,8	98		
Modérée	4,3	3,8	1,5		
Importante	1,2	9,4	0,7		

BRE10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence IBD (2007) =20 - Valeur minimale IBD (2007) =5					
IBD	19,4	18,50	18,5	18,8	0,937
IPS	16,9	17,2	16,1	16,73	
% taxa indicateurs de pollution organique					
Nulle à faible	94,7	88,8	96,3		
Modérée	4,1	7,4	3,7		
Importante	1,2	3,8	2,5		

LOU-S13	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence IBD (2007) =20 - Valeur minimale IBD (2007) =5					
IBD	19,6	20,00	20,0	19,9	0,993
IPS	18,1	17,5	18	17,87	
% taxa indicateurs de pollution organique					
Nulle à faible	96	95,5	99,8		
Modérée	3,3	2,1	0,2		
Importante	0,7	2,4	0,7		

Tableau 26. Indicateurs de la qualité diatomique des 4 stations du réseau patrimonial dans le BV de la Loue ces 3 dernières années. Les couleurs correspondent aux classes d'état selon le référentiel DCE.

Les états diatomiques oscillent entre un « très bon état », surtout observé dans le Lison, et un déclassement en un « bon état », particulièrement récurrent dans la station BRE10, la Loue (LOU10 et LOU20) étant dans une position intermédiaire.

En observant plus spécifiquement les proportions d'individus tolérants à la pression organique, on remarque que la station LOU20 paraît plus particulièrement soumise à ce type de pression, alors que les données physico-chimiques ne permettent pas de corroborer ce phénomène.

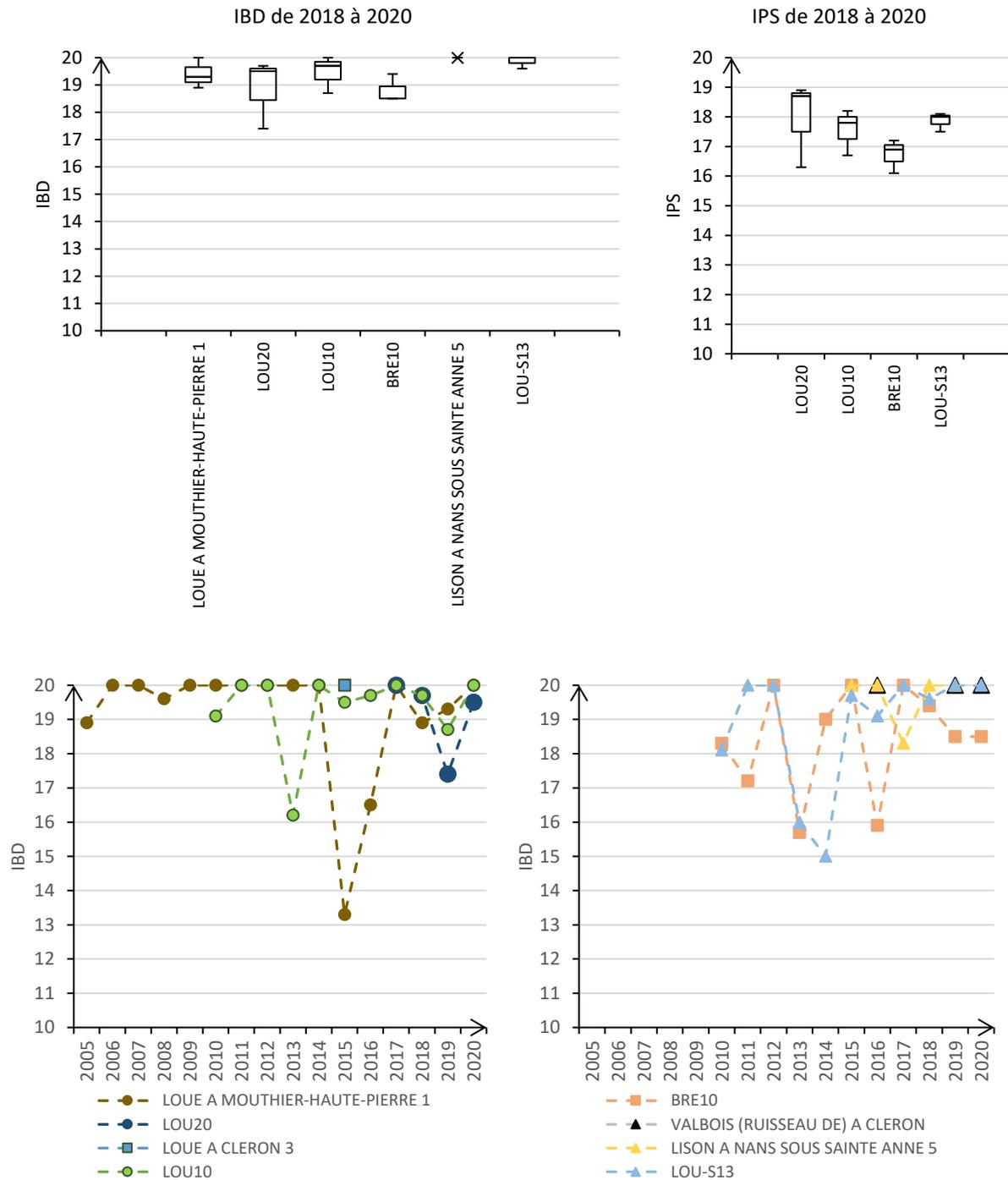


Figure 52. Variabilité de l'IBD et de l'IPS dans le BV de la Loue (en haut) et évolution chronologique de l'IBD dans la Loue sensu stricto et dans ses affluents (en bas).

Sur le plan chronologique, si la qualité des peuplements diatomiques de la Loue *sensu stricto* semble globalement préservée, elle peut néanmoins faire l'objet d'altérations ponctuelles et parfois brusques (e.g. source de la Loue en 2015-2016)

Parmi ses affluents, on constate la très bonne qualité diatomique du Lison (et du ruisseau de Valbois) qui s'avère plutôt robuste ces dernières années, ce qui n'était pas systématiquement le cas par le passé (e.g. station LOUS13 en 2010, 2012, 2013). En revanche, l'altération, parfois conséquente, de la microflore benthique de BRE10 est avérée depuis au moins 2010.

2. Macro-invertébrés

LOU20	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,645	0,641	0,669	0,652	
IBGN-eq	18	18	16	17	1,167
Robustesse positive	19	20	17	19	
Robustesse négative	18	17	15	17	
Groupe Indicateur	8	8	8	8	
Variété taxonomique	38	38	30	35	
Variété totale (DCE)	46	44	37	42	

LOU10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,910	0,733	0,675	0,772	
IBGN-eq	19	18	16	18	1,190
Robustesse positive	19	20	17	19	
Robustesse négative	17	17	15	16	
Groupe Indicateur	8	8	8	8	
Variété taxonomique	41	39	31	37	
Variété totale (DCE)	51	51	43	48	

BRE10	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,740	0,829	0,673	0,747	
IBGN-eq	15	19	15	16	1,095
Robustesse positive	16	20	16	17	
Robustesse négative	14	16	14	15	
Groupe Indicateur	7	9	8	8	
Variété taxonomique	29	39	26	31	
Variété totale (DCE)	45	47	38	43	

LOU-S13	2018	2019	2020	Moyenne	EQR
Valeur de référence équivalent IBGN = 15					
I2M2	0,900	0,905	0,767	0,857	
IBGN-eq	20	18	13	17	1,143
Robustesse positive	20	19	15	18	
Robustesse négative	19	17	13	16	
Groupe Indicateur	9	8	8	8	
Variété taxonomique	43	39	20	34	
Variété totale (DCE)	55	48	34	46	

Tableau 27. Indicateurs de la qualité macrobenthique des 4 stations du réseau patrimonial dans le BV de la Loue ces 3 dernières années. Les couleurs correspondent aux classes d'état selon le référentiel DCE.

Selon le référentiel DCE, les états macrobenthiques du BV de la Loue sont plutôt préservés, à l'exception de de la station LOU20 (en « bon état ») si l'on considère l'indice I2M2.

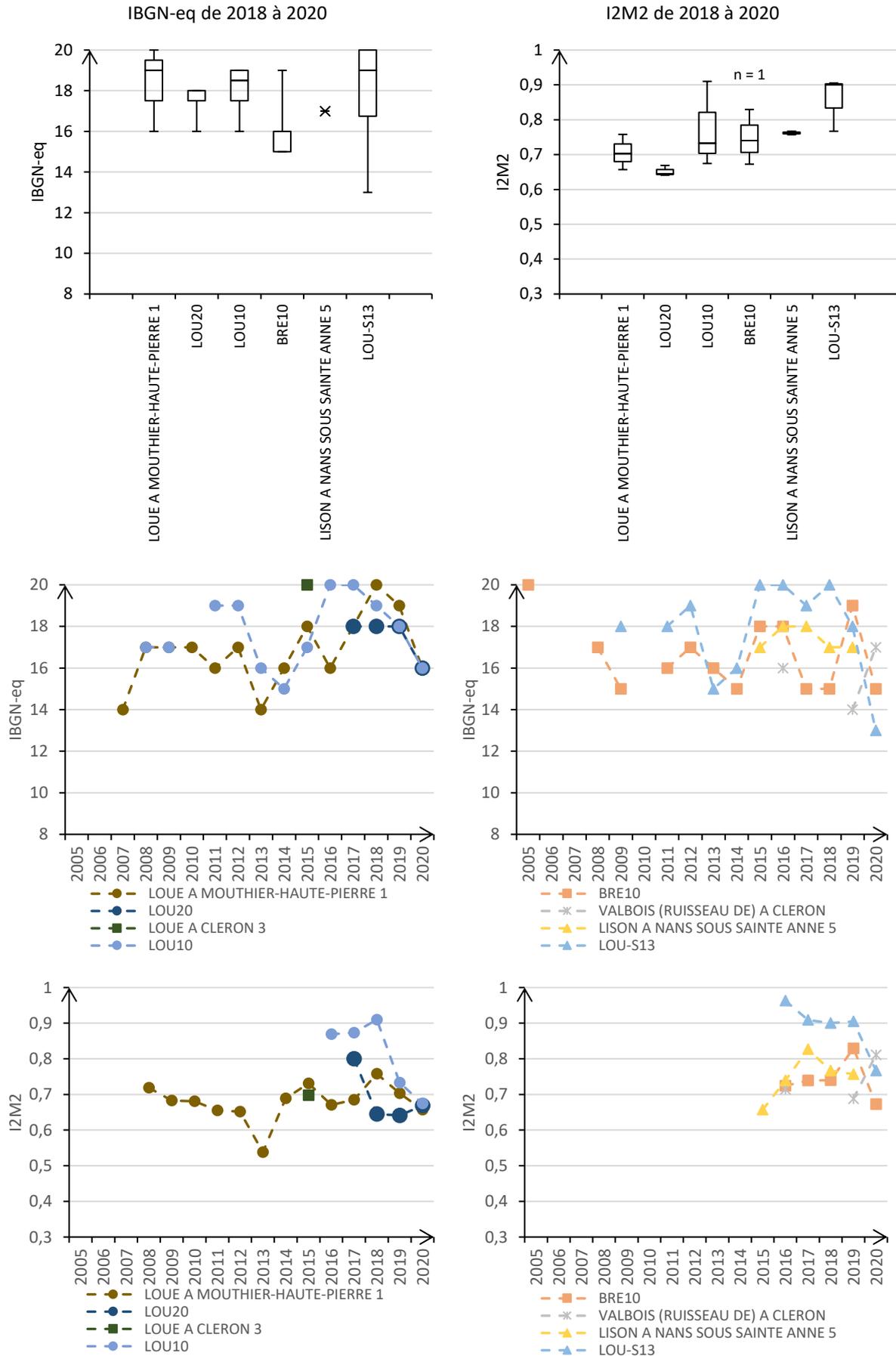
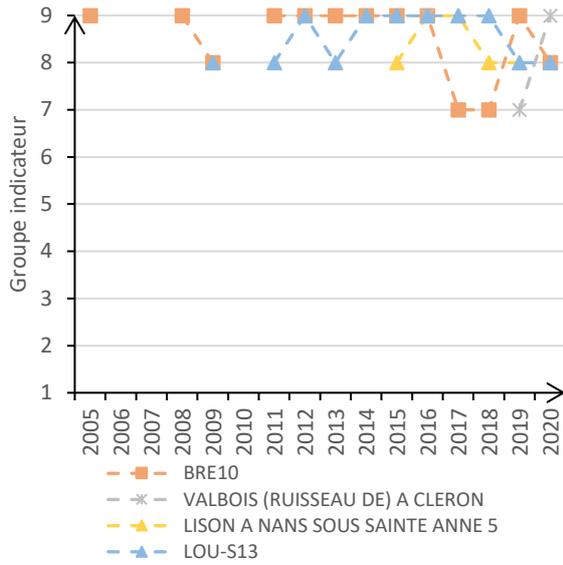
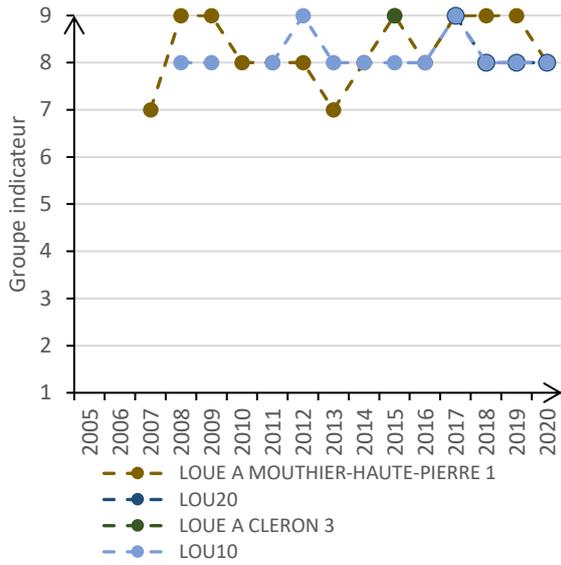
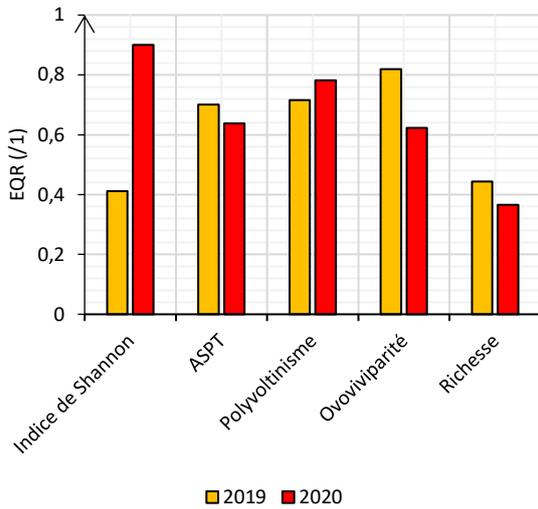


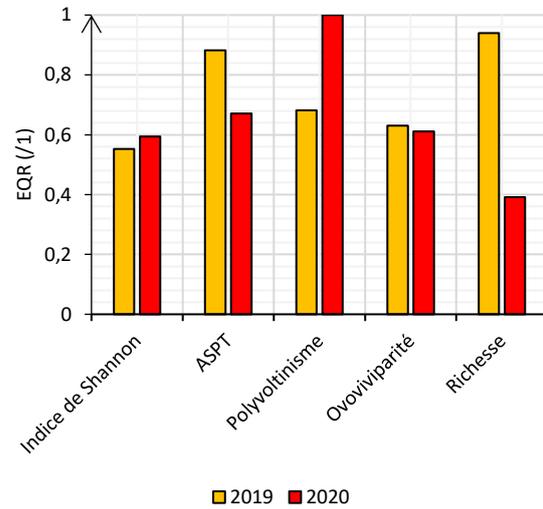
Figure 53. Variabilité et chronique des indices macrobenthiques équivalent-IBGN et I2M2 dans le BV de la Loue.



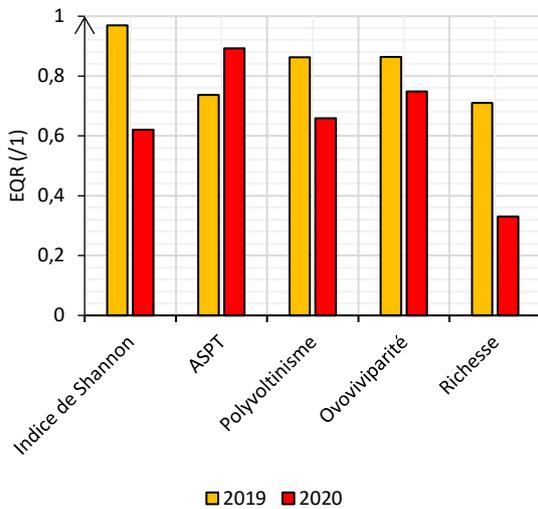
I2M2 - Métriques élémentaires - LOU20



I2M2 - Métriques élémentaires - LOU10



I2M2 - Métriques élémentaires - BRE10



I2M2 - Métriques élémentaires LOU-S13

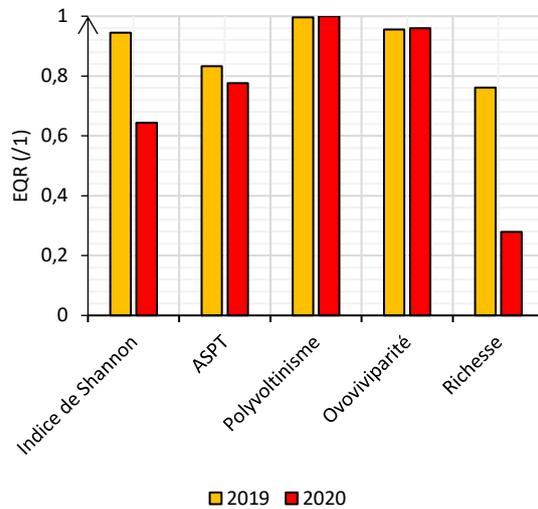


Figure 54. Sous métriques associées à l'IBG-DCE (GI et VT) et à l'I2M2 (5 métriques élémentaires) dans le BV de la Loue.

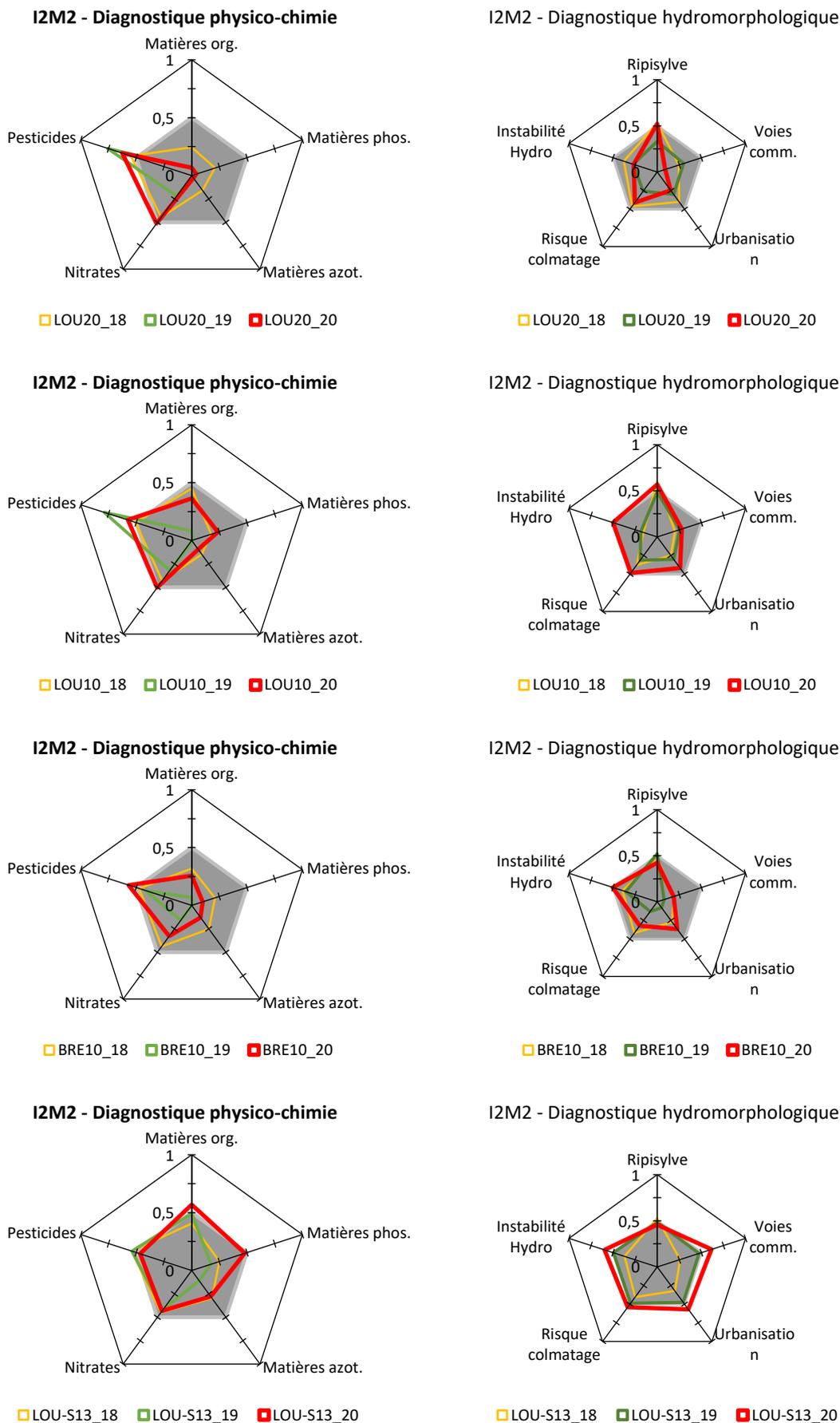


Figure 55. Outil diagnostique mis en œuvre pour les stations du BV de la Loue ces 3 dernières années.

En considérant la variabilité et les chroniques des indices, ainsi que celles de leurs sous-métriques respectives, on observe certaines nuances à ce constat :

- Loue *sensu stricto* : la préservation du macrobenthos demeure relative (i.e. non optimale) avec en particulier l'absence ou la faible densité récurrente des taxons les plus sensibles, et une diversité taxonomique en nette baisse en 2020. L'I2M2 sanctionne davantage que l'équivalent-IBGN ces dysfonctionnements, et discrimine plus particulièrement la station LOU20 (à l'amont de Cléron). En revanche ces 2 indices convergent pour indiquer une accentuation de l'érosion à large échelle de la qualité du macrobenthos de la Loue en 2019 puis 2020.
- Le Lison dispose d'un macrobenthos davantage altéré dans la partie apicale du linéaire qu'à sa fermeture de bassin. Néanmoins, de forts dysfonctionnements sont périodiquement observés dans cette fermeture de bassin (instabilité), comme cela fut par exemple le cas en 2020. Cette vulnérabilité s'explique surtout par une moindre robustesse de la variété taxonomique.
- La Brême dispose pour sa part d'une qualité macrobenthique non optimale et plutôt instable, mais sans tendance évolutive ostensible récente des indices globaux. On y constate toutefois une raréfaction depuis 2017 des taxons les plus sensibles.

D'une façon générale, l'état de conservation du macrobenthos des stations suivies ne s'avère pas totalement préservé et une érosion récente (2019-2020) et à large échelle semble engagée.

3. Poissons

Pêche d'inventaire sur la Loue à Mouthier-Haute-Pierre (secteur apical)

Si les espèces présentes sont bien conformes à celles théoriquement attendues, en revanche, les biomasses globales mesurées ont progressivement diminué jusqu'en 2016 (moitié moins par rapport à 1999, i.e. en moyenne perte de 8,8 kg/ha/an), érosion qui tend à ralentir depuis (en moyenne -2,5 kg/ha/an en 2016-2020).

Ce constat est particulièrement avéré pour les biomasses en truites qui se sont effondrées progressivement jusqu'en 2016. Une relative stabilité est observée depuis malgré des recrutements conséquents depuis 2017, mais qui ne suffisent pas à pallier le déficit de biomasse et qui ne traduit pas/peu en des cohortes de juvéniles et de géniteurs les années suivantes.

L'ombre présente un recrutement annuel très moyen, des juvéniles quasi-absents, et des géniteurs représentés uniquement par de vieux individus. Toutefois, la typologie de cette station (B3) ne se situe pas dans l'optimum pour cette espèce.

In fine, le peuplement piscicole de la Loue apicale est jugé comme présentant un état de conservation moyen stable dans le temps.

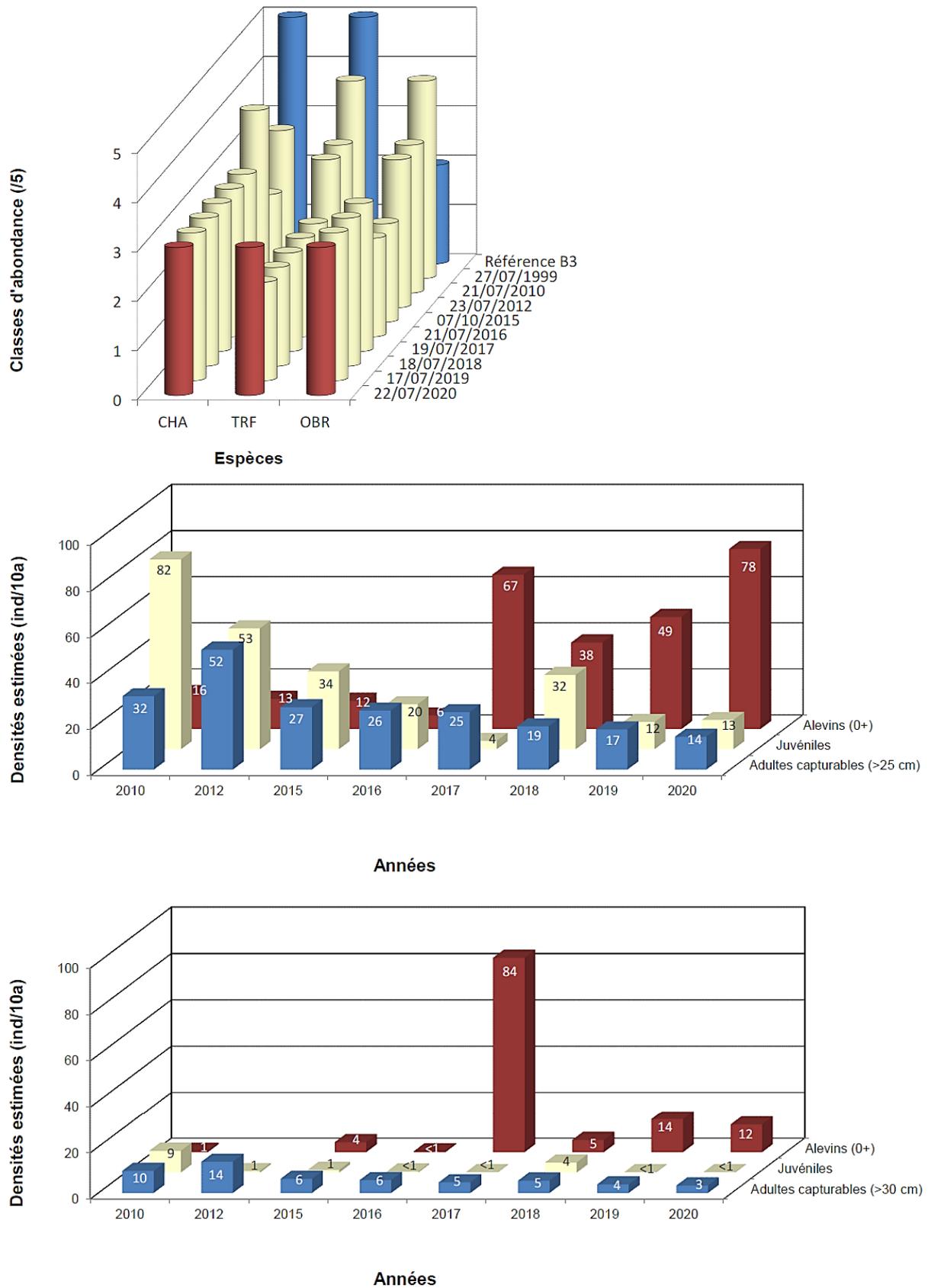


Figure 56. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station apicale (en haut), structuration de la population en truites (au milieu) et en ombres (en bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

Pêche d'inventaire à LOU20

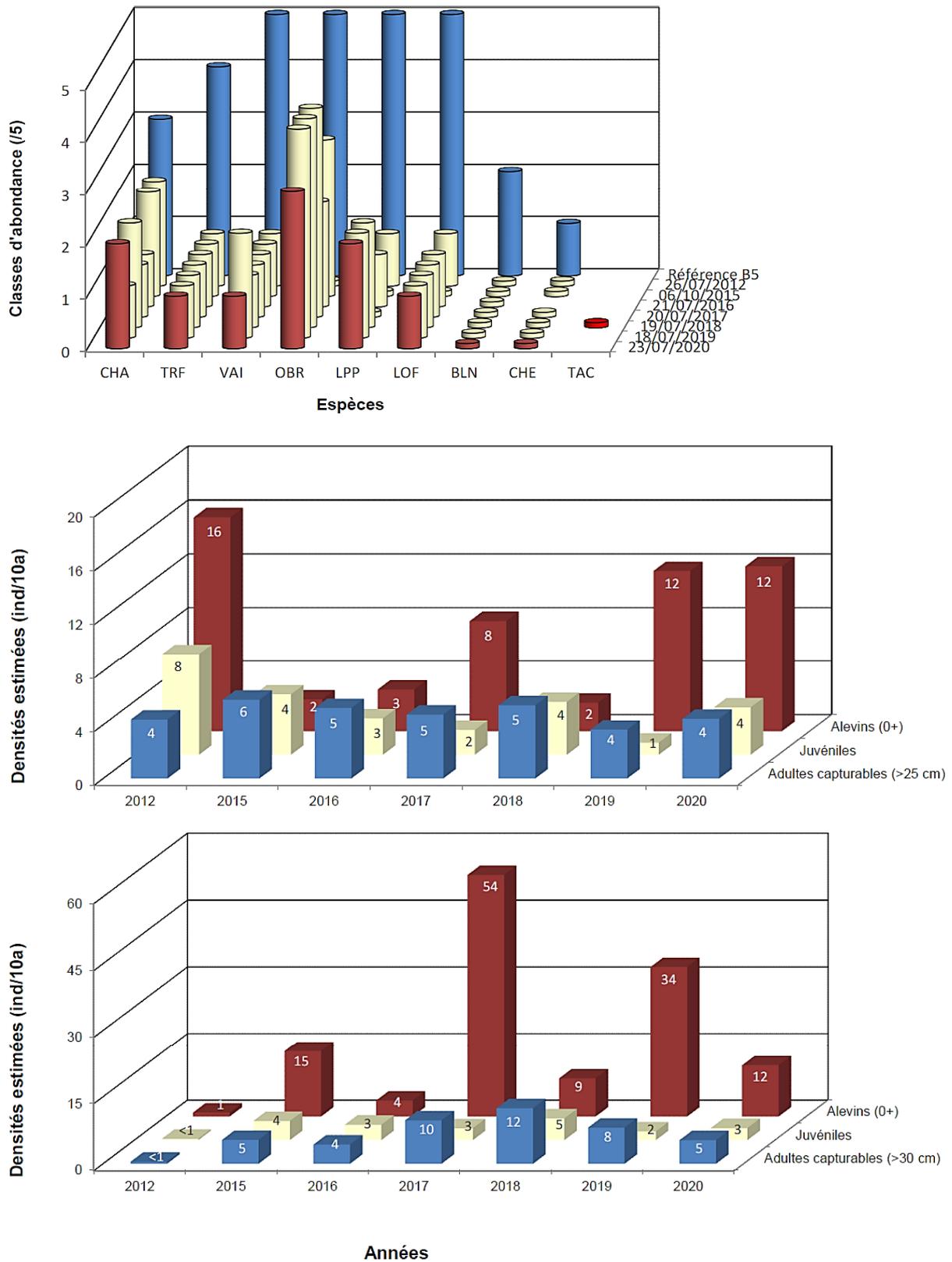


Figure 57. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station LOU20 (en haut), structuration de la population en truites (au milieu) et en ombres (en bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

La Loue à l'amont de Cléron présente un état de conservation piscicole jugé comme étant mauvais à très mauvais, avec une évolution stable voire en voie de dégradation.

Le peuplement est conforme à la référence d'un point de vue qualitatif, mais quantitativement très déficitaire, avec des biomasses globales faibles mais stables. Ainsi, la majorité des espèces présente des abondances faibles à très faibles, sans évolutions significatives depuis le début du suivi en 2012.

Concernant la truite, malgré un recrutement plus significatif ces deux dernières années, les juvéniles et les géniteurs demeurent très peu représentés, et la biomasse de l'espèce demeure très basse.

Pour l'ombre, la tendance est négative avec des densités tant numériques que pondérales qui chutent significativement et entraînent une baisse de l'abondance globale de l'espèce après 3 saisons où elles avaient pourtant atteint des niveaux corrects. Tous les stades sont concernés et le recrutement annuel apparaît très moyen. A noter que l'opération a révélé en juillet 2020 de nombreux individus dans un état sanitaire anormalement dégradé (ulcères et lésions hémorragiques...).

Pêche d'inventaire à BRE10

Le peuplement piscicole de la Brême est conforme à la référence d'un point de vue qualitatif, mais présente toutefois un état de conservation moyen à médiocre, stable.

Ainsi, la truite présente de façon récurrente de sévères déficits en termes de biomasses et d'effectifs. Malgré un recrutement inégal d'une année à l'autre, cette nette altération de la population en truites perdure depuis l'effondrement constaté en 2015.



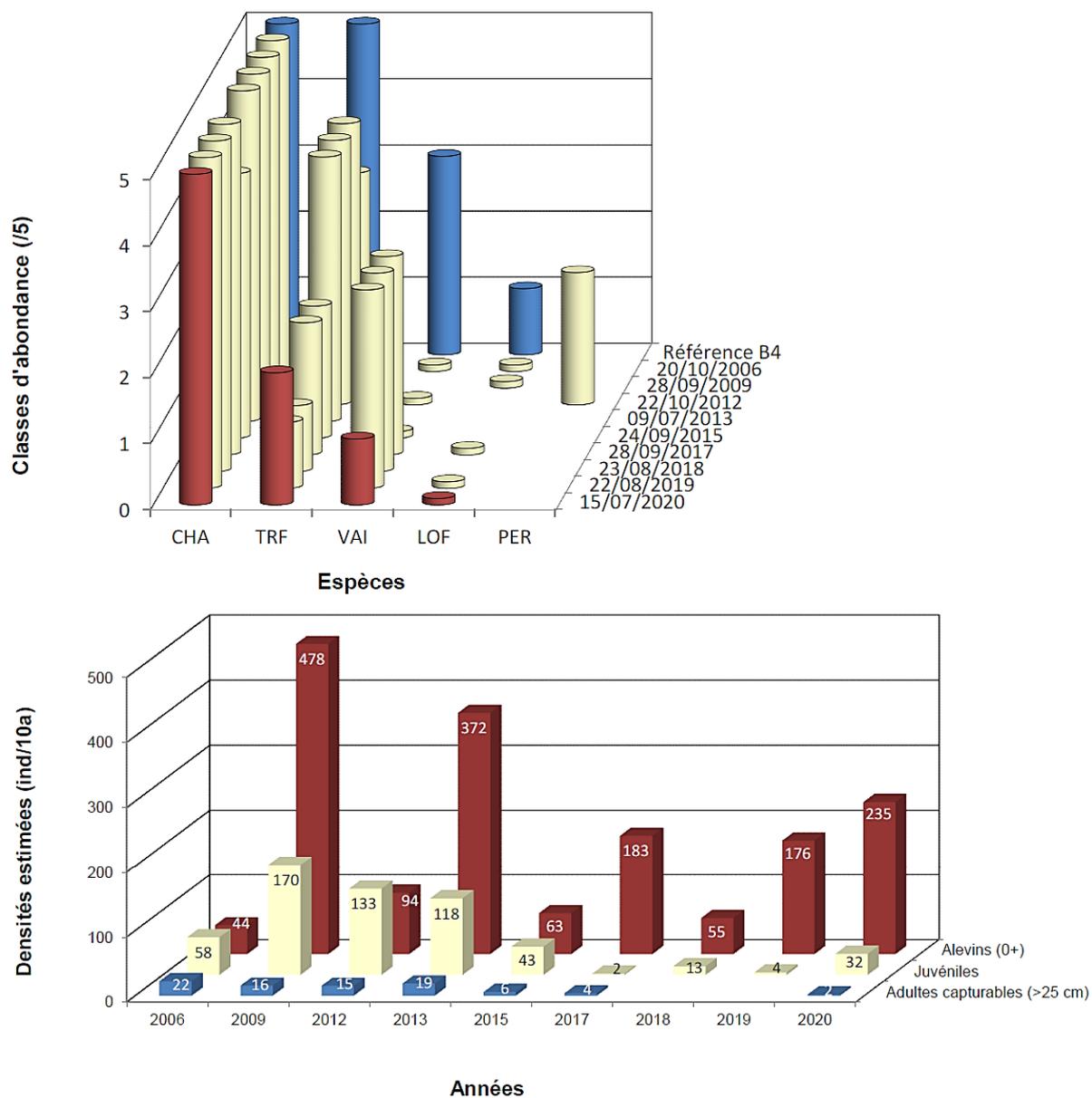


Figure 58. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station BRE10 (en haut), structuration de la population en truites (en bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

Pêche d'inventaire sur le Lison à Nans-sou-Sainte-Anne (Lison apical)

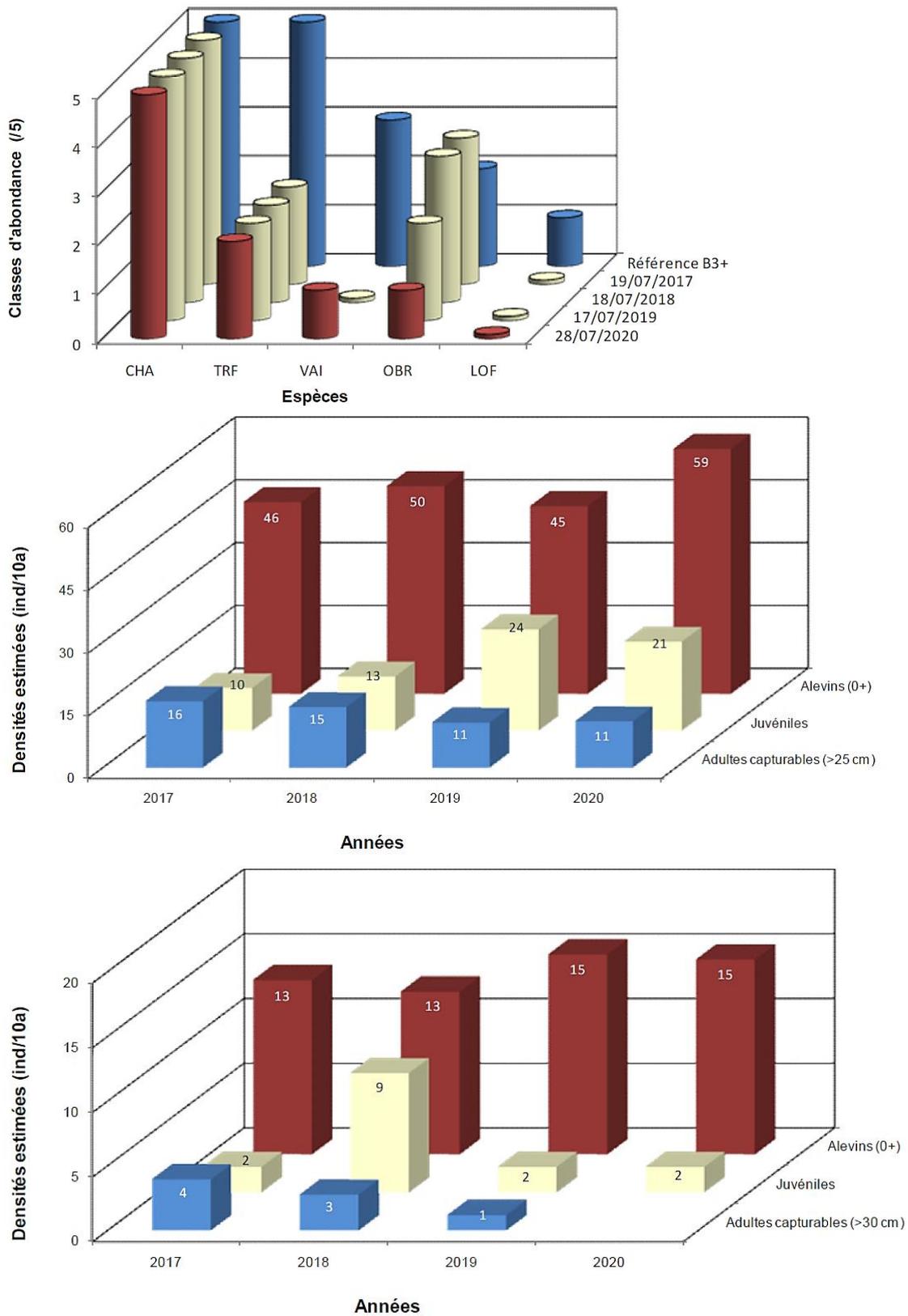


Figure 59. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station du Lison apical (en haut), structuration de la population en truites (au milieu) et en ombres (en bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

Le peuplement piscicole du Lison apical est conforme à la référence d'un point de vue qualitatif, mais quantitativement déficitaire, d'où un état de conservation jugé comme étant moyen et stable.

La truite est toujours très nettement sous-représentée pour l'ensemble des écostades, sans différences notables avec les années précédentes. Le recrutement annuel est légèrement en augmentation, sans que cela ne soit significatif au vu des effectifs totaux très réduits.

L'ombre commun montre une abondance globale désormais inférieure à celle attendue malgré le type écologique apical de la station (B3+). Les effectifs évoluent continuellement à la baisse, en particulier pour les stades les plus âgés : aucun individu adulte n'est capturé en 2020 sur la station, le peuplement n'étant plus représenté que par les cohortes 0+ et 1+.

Pêche d'inventaire à LOU-S13 (fermeture de bassin du Lison)

Le peuplement piscicole du Lison présente un état de conservation jugé comme étant globalement stable en médiocre.

On constate la présence de toutes les espèces typiques à affinité apicale, mais absence ou très faible abondance de celles à affinité plus basale. A noter toutefois que le barbeau, le hotu, le chevesne ou encore la vandoise sont présents significativement sur le secteur, mais rassemblés en période d'étiage dans des mouilles hors station.

Truite et ombre sont toujours très largement déficitaires, leurs biomasses respectives étant au plus bas en 2020. En particulier, aucun géniteur d'ombre commun n'a été capturé depuis 3 ans, et un unique juvénile d'un an était présent en 2020. Pour ces 2 espèces, les densités d'alevins évoluent également à la baisse, particulièrement pour l'ombre.

Les cyprinidés d'eau vive (blageon, chevesne, barbeau) sont tous déficitaires, ce qui peut en partie possiblement être expliqué par le phénomène évoqué ci-avant.

Par ailleurs, 2 spécimens de truite arc-en-ciel ont été échantillonnés, témoins de déversement halieutiques par les gestionnaires locaux.

Sur cette station, l'hypothèse d'un glissement typologique est plus particulièrement avancée : le facteur thermique y est très fluctuant selon l'hydrologie, et la succession récente d'années chaudes (depuis 2015) pourrait en partie éclairer les évolutions observées, les pics estivaux s'avérant limitant pour les salmonidés, voir même létaux en 2018, 2019 et 2020 (plusieurs journées à plus de 25°C).

A *contrario*, la typologie historique probablement plus apicale peut expliquer l'absence actuelle d'espèces comme le goujon, le toxostome ou l'apron, par ailleurs absents dans la Loue à proximité, déconnectée des peuplements plus aval (seuils difficilement franchissables).

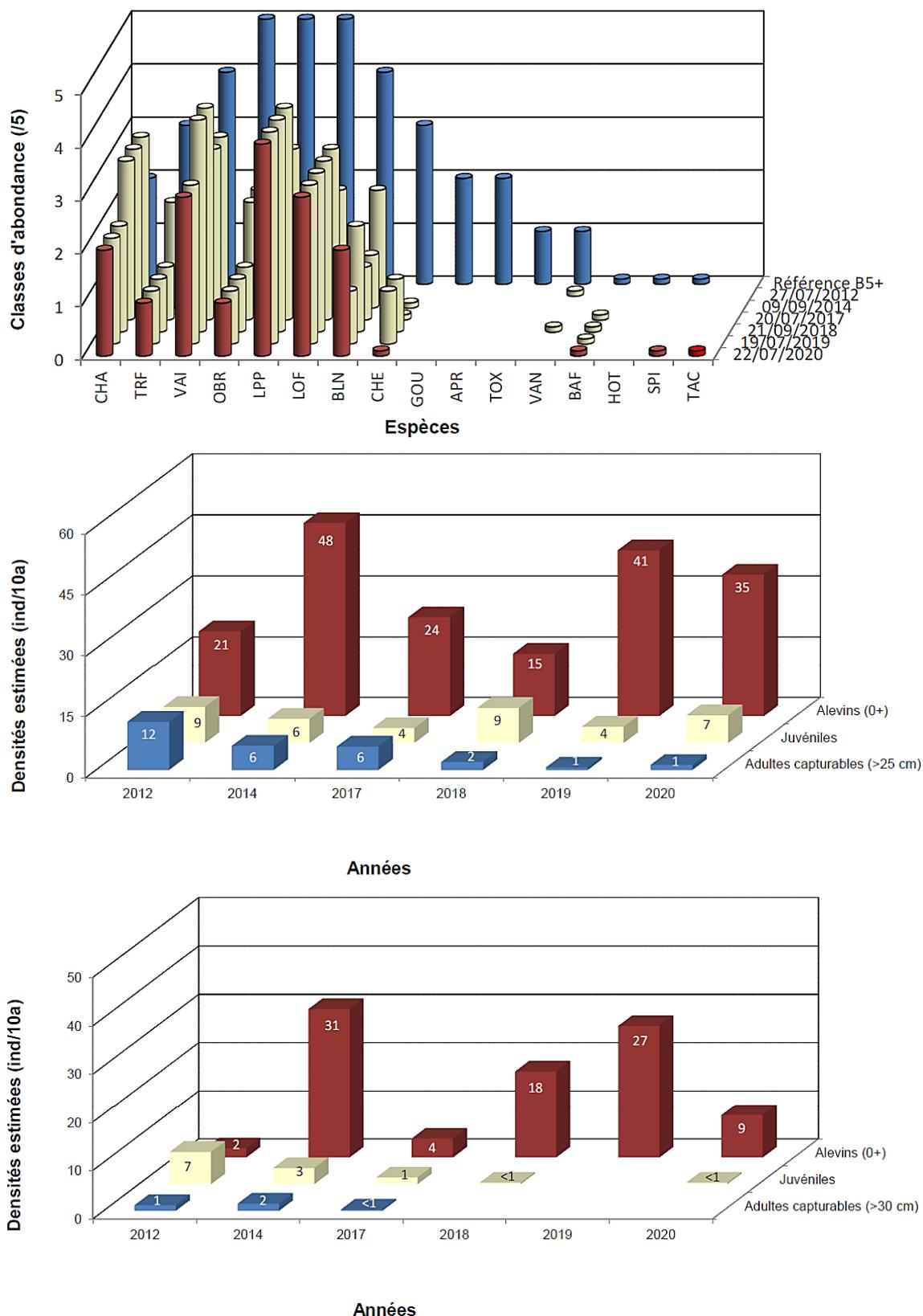


Figure 60. Confrontation entre référentiel typologique et données historiques au niveau de la station en fermeture de bassin du Lison (en haut), structuration de la population en truites (au milieu) et en ombres (en bas). Extrait fiche station réalisée par la Fédération de Pêche du Doubs.

H. Conclusion

Plusieurs paramètres (matières phosphorées et nitrates) convergent pour indiquer la présence de pressions agricoles s'exerçant de façon modérée mais diffuse et chronique dans le BV de la Loue, avec toutefois une plus grande vulnérabilité de la station BRE10 aux nitrates et pesticides, et secondairement des phénomènes « concentrateurs » des résurgences karstiques telles que la source de la Loue.

En revanche, la physico-chimie n'a pas mis ostensiblement en évidence de pression domestique, tandis qu'une nette pollution par des substances toxiques dissoutes (médicaments, micropolluants) indiquent au contraire une nette vulnérabilité de la Loue (et dans une moindre mesure du Lison) à cette typologie de pression. On note en outre une pollution significative du sédiment de la station LOU10 en 2020 par des substances organo-bromées. En revanche, d'une façon générale, les teneurs en ETM et en HAP furent moindres que par le passé dans l'ensemble du BV.

Les altérations hydrobiologiques sont multiples, disparates et parfois insidieux, mais rarement drastiques hormis pour certaines communautés piscicoles. On peut néanmoins noter une cohérence des différents indicateurs biologiques pour mettre en évidence de plus grands dysfonctionnements qui opèrent au sein de la station LOU20 à l'amont de Cléron : des taxons diatomiques davantage tolérants à la pression organique, valeurs de l'I2M2 moindres que par ailleurs dans le BV, mauvais état piscicole. La Brême (BRE10) présente aussi des altérations hydrobiologiques significatives, ceci de façon récurrente à travers les années.

D'une façon générale, le macrobenthos fut davantage altéré en 2020 (par rapport aux autres suivies depuis 10 ans), ainsi que certaines communautés piscicoles (LOU20, Lison apical).

PARTIE 2 – Focus Dessoubre apical

Suite à l'identification récurrente de dysfonctionnements qualitatifs particulièrement avérés dans la partie apicale du Dessoubre, en particulier vis-à-vis des matières phosphorées et des nitrates, des investigations complémentaires ciblées sur ces têtes de bassins ont été menées en 2020.

Pour rappel (Cf Partie 1. III), des pressions domestiques et agricoles conjointes y sont pré-identifiées, de façon croissante ces dernières années (station DESO1), puis l'intensité tend à décroître progressivement plus en aval. L'objectif de cette approche est notamment de questionner quant à une éventuelle spécificité karstique localisée de ce phénomène (ou à l'inverse s'il s'agit d'une problématique largement diffuse), et ainsi de tenter de cibler le type d'actions qui pourrait être prioritairement mené pour tenter de répondre à ce phénomène.

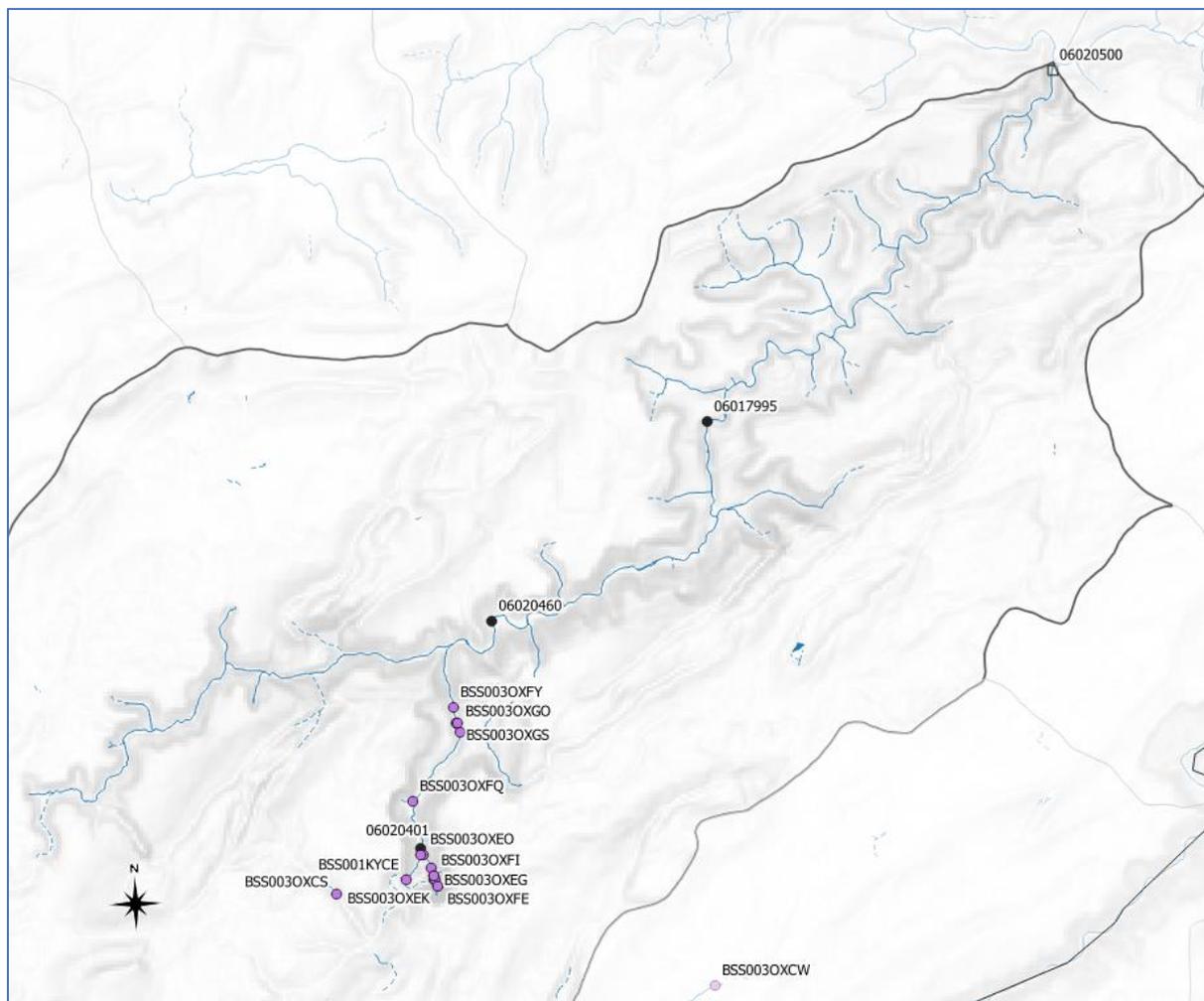
L'approche retenue consiste en un maillage fin des différentes résurgences karstiques dans la partie apicale du Dessoubre, i.e. en amont de la confluence avec la Réverotte, étendue en certains points « d'infiltration » du BV karstiques. Des analyses physico-chimiques y furent conduites dans des conditions hydrologiques contrastées lors de 4 à 6 campagnes (de mai 2020 à avril 2021), complétées non systématiquement par des investigations diatomiques. Le programme analytique effectué est présenté en page suivante.

Dans un second temps, un rapprochement avec les typologies de pressions (assainissement, agricole, domestique) est proposé.

Cours d'eau	Commune	code station étude	Code Agence de l'Eau	PHYSICO-CHIMIE DE BASE (COD, DBO5, MEST, NH4, NO2, NO3, PO4, Ptot, DCO, NTK)	Analyses sur eau brute – MINÉRALISATION (HCO3, TA, TAC, TH, Cl SO4, Ca, Mg, Na, K, CO3)	ANALYSE IN SITU POTENTIEL REDOX ET TURBIDITE	6.1 - Indice Biologique Diatomées
Ruisseau de la scie	Guyans Vennes	Exutoire STEP Guyans Vennes	BSS003OXCS	1	1	1	1
Ruisseau des Seignes	Narbief	Perte des Seignes	BSS003OXCW	5	3	2	1
Dessoubre	Consolation-Maisonnettes	Source du Dessoubre	BSS001KYCE	6	3	2	1
source Lourdes	Consolation-Maisonnettes	source Lourdes	BSS003OXCA	3	3	2	1
source RG falaise	Consolation-Maisonnettes	source RG falaise	BSS003OXDM	3	3	2	1
Ruisseau de la scie	Consolation-Maisonnettes	Ruisseau de la scie	BSS003OXEG	4	3	2	1
source Cressonniere	Consolation-Maisonnettes	source Cressonniere	BSS003OXEA	3	3	2	
Source du Lancot	Consolation-Maisonnettes	Source du Lancot	BSS003OXFE	3	3	2	
Source du Tabourot	Consolation-Maisonnettes	Source du Tabourot	BSS003OXEK	6	3	2	
Source Noire	Consolation-Maisonnettes	Source Noire	BSS003OXFI	5	3	2	
Resurgences cirque de Consolation Est	Consolation-Maisonnettes	Aval resurgences Est	BSS003OXEO	6	3	2	
Dessoubre	Consolation-Maisonnettes	Aval resurgences Ouest	BSS003OXFM	6	3	2	
Bief Airoux	Laval le Prieure	Bief Airoux	BSS003OXFQ	6	3	2	
Pissoux	Laval le Prieure	Pissoux a Laval le Prieure	BSS003OXFU	1	1	1	
Dessoubre	Laval le Prieure	Dessoubre_Amont_3_pucelles	BSS003OXGO	6	3	2	
Source des trois Pucelles	Laval le Prieure	Source_des_trois_pucelles	BSS003OXGS	6	3	2	
Dessoubre	Laval le Prieure	Dessoubre_Aval trois pucelles et source Girardot_2	BSS003OXFY	6	3	2	

Tableau 28. Analyses réalisées (donc programmées et hors assocs) dans la partie apicale du Dessoubre en 2020-2021 (17 stations complémentaires aux investigations menées au sein des stations patrimoniales).

I. Localisation

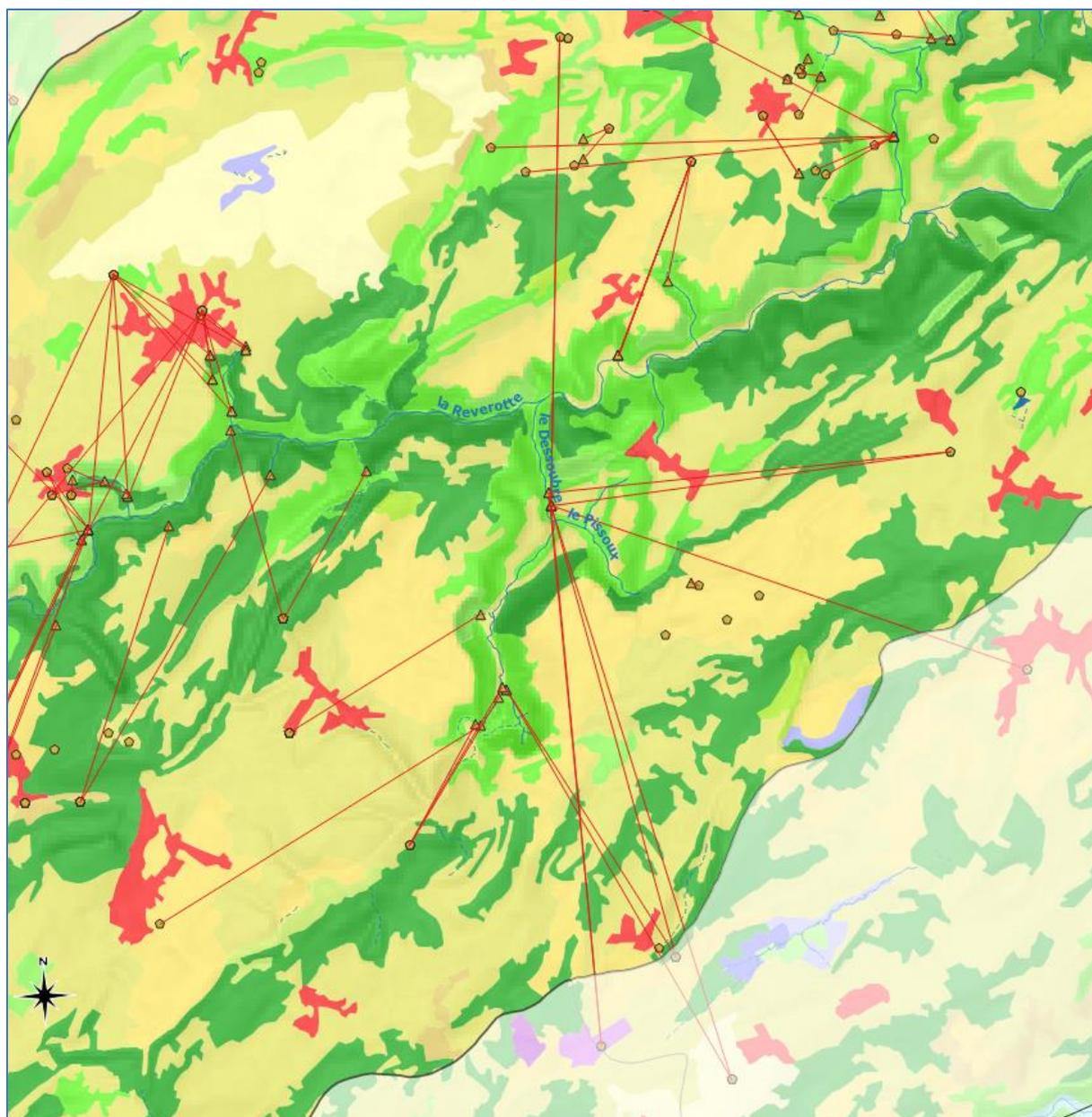


Carte 11. Localisation des stations complémentaires (mauve), des stations patrimoniale (noire) et de la station RCS en fermeture de bassin (cercle) dans le BV du Dessoubre.

Les stations « complémentaires » sont localisées sur le Dessoubre *sensu stricto*, ses affluents ou sur ces afférences karstiques en amont de la confluence avec la Réverotte, à l'exception de 2 stations localisées dans le BV karstique.

Ce-dernier est nettement plus étendu que le BV topographique et plus aussi que le BV référencé dans la BD Topage. En effet, les traçages des circulations souterraines indiquent que cette partie apicale du Dessoubre draine la partie orientale du BV potentiellement jusqu'à la commune du Russey à l'est, jusqu'à Noël-Cerneux au sud et jusqu'à Orchamps-Vennes au sud-ouest. Certains tracés font aussi état de circulations d'origines potentiellement septentrionales.

2 principaux secteurs de restitutions de ces eaux souterraines sont identifiés dans la partie apicale du Dessoubre : d'une part le secteur des sources (Dessoubre et cirque de Consolations-Maisonnette) et d'autre part la source des 3 pucelles (bien que non référencé sur les cartes suivantes, une connectivité de cette dernière avec la source de la Réverotte est par ailleurs connue). Ce sont dans ces secteurs que sont concentrées les multiples afférences karstiques qui ont été ciblées dans le cadre de la présente étude.



Carte 12. Occupation du sol (Corine Land Cover 2018) et circulations karstiques dans la partie « apicale » du Dessoubre (i.e. en amont de la confluence avec la Réverotte).

Cette grande étendue du BV karstique ne doit pas être considérée comme une délimitation stricte des écoulements, le fonctionnement karstique étant complexe (e.g. alimentation du BV du Dessoubre et/ou du Doubs franco-suisse dans certains secteurs selon les périodes), et non exhaustivement référencés dans les cartes du présent rapport.

En revanche cette information sera précieuse dans le cadre de l'identification des potentielles pressions qualitatives s'exerçant au niveau des différents résurgences karstiques. Ainsi, il apparaît que l'occupation du sol est essentiellement liée à de l'activité « élevage » sur les plateaux *versus* un recouvrement forestier à proximité immédiate des cours d'eau. Plusieurs zones urbanisées sont aussi présentes dans les plateaux environnants. Un chapitre est spécifiquement dédié à la caractérisation de ces pressions potentielles.

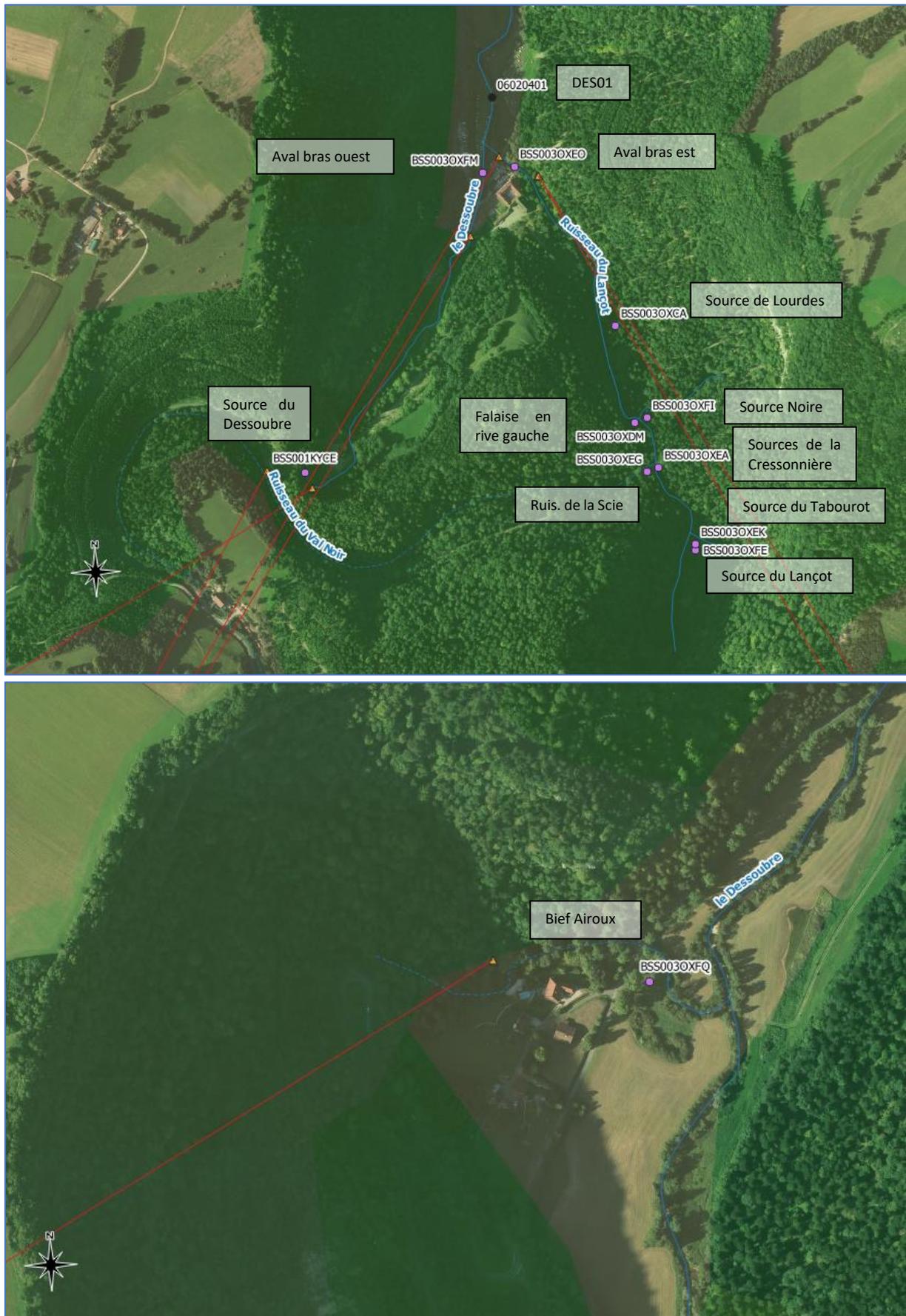


Carte 13. Vue générale de la partie apicale du Dessoubre avec la localisation des stations complémentaires (hors pertes des Belles Seignes).

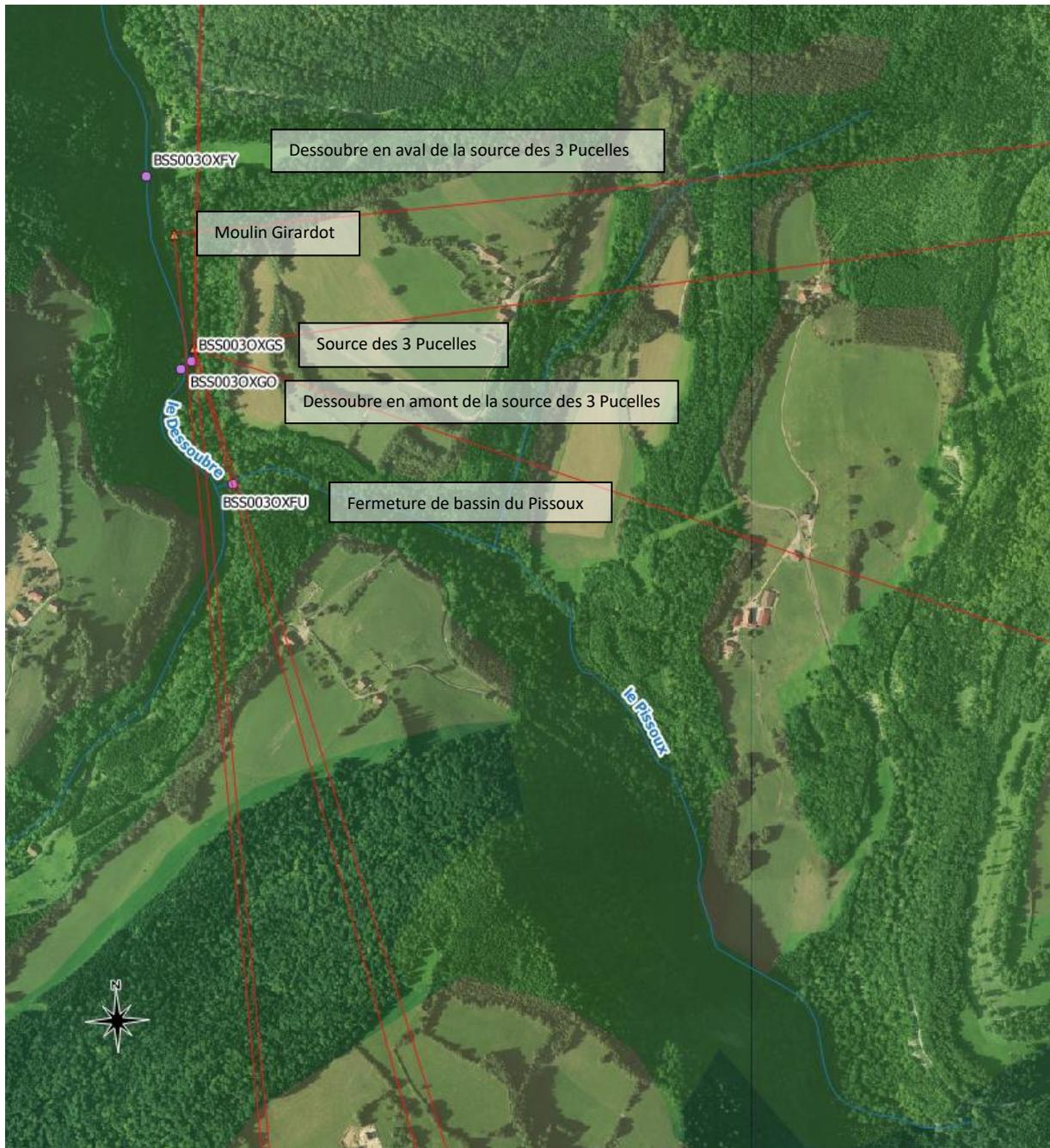
La partie la plus apicale du Dessoubre se divise en 2 bras est et ouest. Le bras ouest comprend la source du Dessoubre *sensu stricto* (suivie par ailleurs de façon pérenne en tant qu’eau souterraine par l’Agence de l’Eau), ainsi qu’une station localisée peu avant la confluence avec le bras est. Ce-dernier provient du cirque de Consolations-Maisonnettes où de multiples afférences karstiques sont visibles et présentement suivies.

La station patrimoniale DES01 est localisée à l’aval de la confluence entre ces 2 bras. Encore plus en aval, ont été investiguées les affluents Bief Airoux et le Pissoux. Enfin, la source des 3 Pucelles a été investiguée directement, et celle du Moulin Girardot indirectement par encadrement des mesures sur le Dessoubre en amont et en aval.

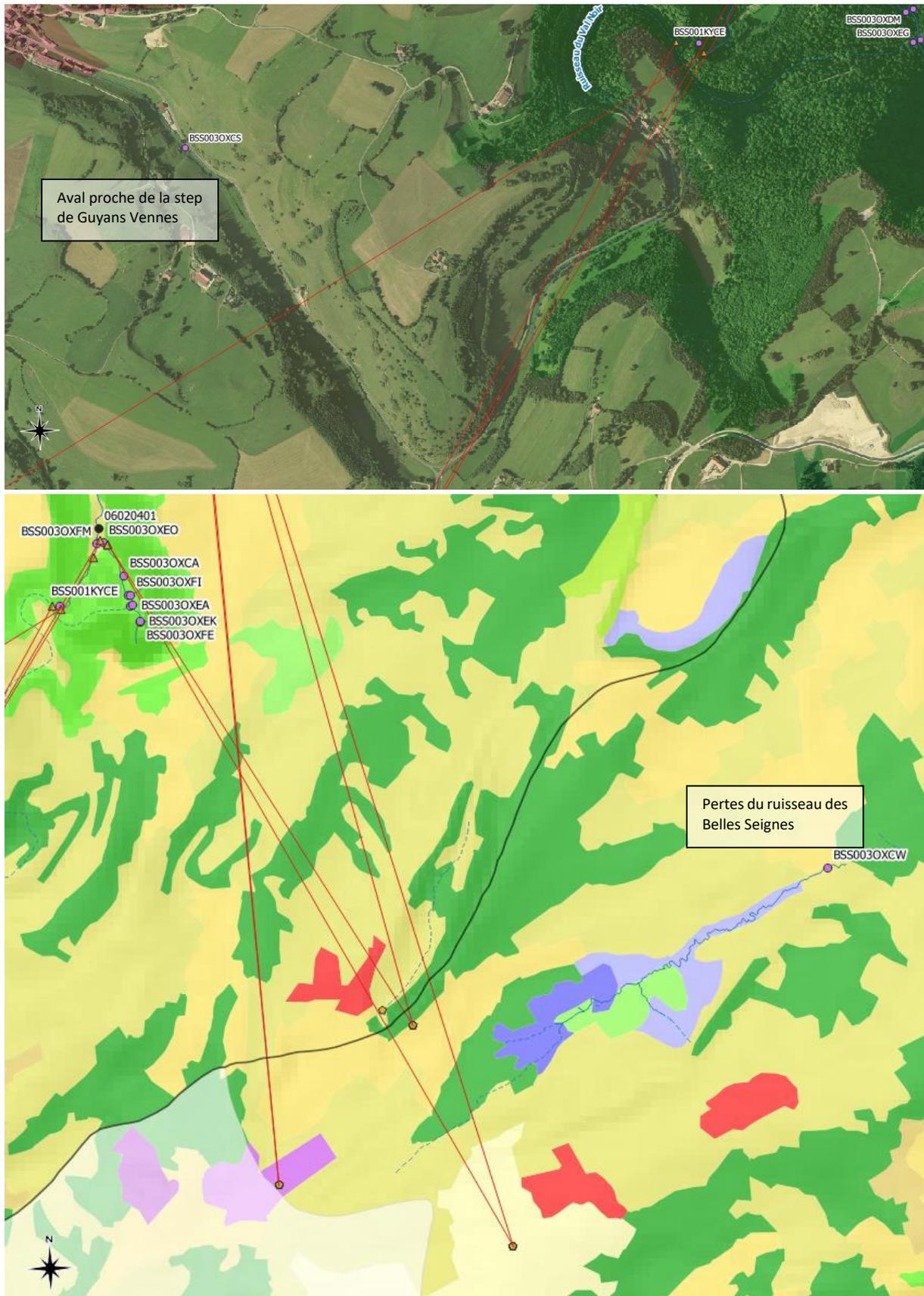
Comme précédemment indiqué, ce réseau fut complété par le suivi du ruisseau du Val Noir (= ruisseau de la Scie dessus) au niveau du rejet de la step de Guyans Venes, ainsi que par une station plus éloignée et localisée au niveau des pertes du ruisseau des Belles Seignes (à Narbief).



Carte 14. Zoom sur la source du Dessoubre et le cirque de Consolation-Maisonnettes (en haut) sur le Bief Airoux (en bas). Les points de restitution (triangle orange) des circulations karstiques (traits rouges) sont représentés.



Carte 15. Zoom sur la source du Dessoubre à hauteur de la source des 3 pucelles et des multiples circulations karstiques dans ce secteur (points de restitution en triangles oranges).



Carte 16. Zoom sur l'exutoire de la station d'épuration de Guyans-Vennes (en haut) et des pertes du ruisseau des Belles Seignes (en bas). Les circulations karstiques sont représentées : points d'émission en ronds oranges, et points de restitution en triangles oranges.

II. Physico-chimie

Les graphiques suivants correspondent pour chaque paramètre à l'ordre amont-aval des stations le long du Dessoubre, puis à l'ordre amont-aval des afférences. Les couleurs correspondent aux seuils du référentiel DCE ou à défaut du SEQ-Eau.

A. Pression organique

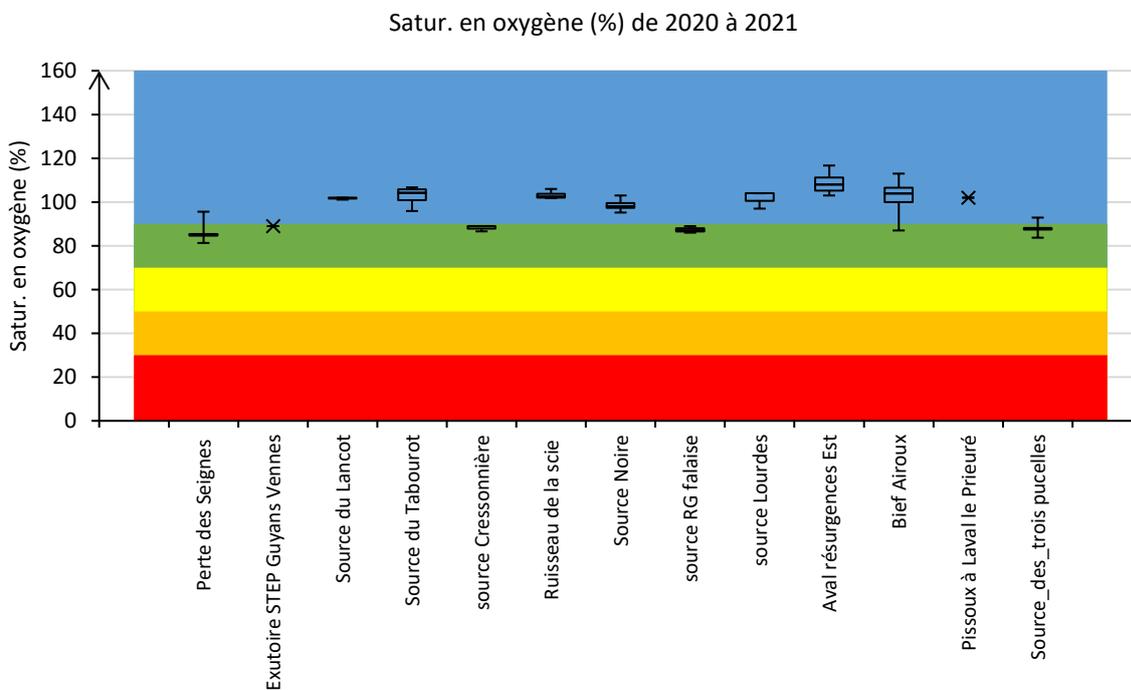
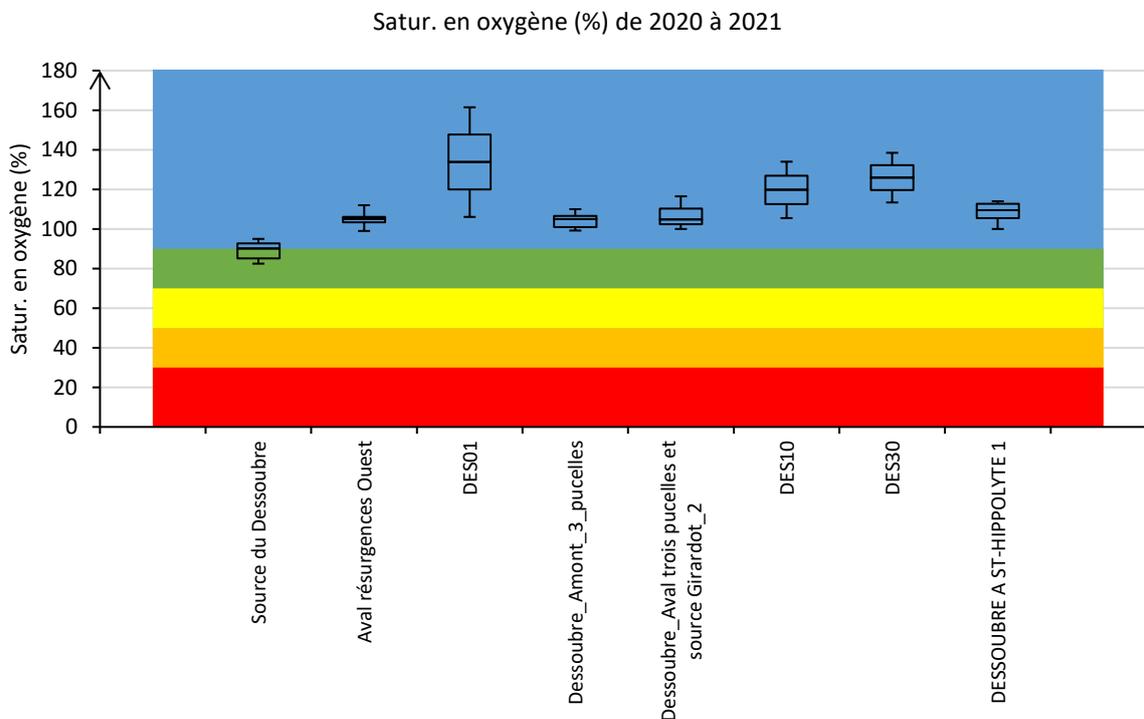


Figure 61. Variabilité des taux de saturation en oxygène.

Il n'est pas fait de constat d'hypoxie notable au sein du réseau suivi, tout au plus une moindre saturation naturelle (i.e. sans lien avec une pression organique) au niveau des stations au plus proche des sorties du réseau souterrain : source du Dessoubre, source de la Cressonnière, résurgence au niveau de la falaise en rive gauche, source des 3 Pucelles. Les autres stations sont plus éloignées de la résurgence *sensu stricto* d'où une réoxygénation rapide.

On peut toutefois citer quelques cas particuliers :

- La perte des Belles Seignes qui se situe dans un contexte naturellement très organiques (traversée de tourbières et de zones humides) avec de multiples passages et sorties dans le système karstique le long de son linéaire terminal ;
- L'exutoire de la step de Guyans-Vennes : cas de pollution organique mais conjoint à de (très) faibles écoulements qui aggravent le phénomène d'hypoxie.
- Sur-saturation en oxygène récurrente de la station DES01, plutôt à rapprocher d'une récurrence des phénomènes de blooms algaux dans cette station.

Le Dessoubre et ses affluents sont relativement peu vulnérables aux fortes teneurs en MES, celles-ci étant toutefois un peu plus élevées de façon chronique au sein de la source du Dessoubre et de sa fermeture du bassin (et plus ponctuellement à l'aval de la confluence avec la Réverotte). Les afférences sont plutôt préservées, contrairement aux 2 stations localisées sur les plateaux (pollution de la step de Guyans-Vennes) et facteur naturel concernant le ruisseau des Belles Seignes).

Les indicateurs plus directs de pression organique discriminent plus particulièrement les points suivis sur les plateaux, pour des mêmes raisons :

- Belles Seignes : fortes teneurs en COD mais peu de DBO5 liées au drainage de zones tourbeuses.
- Exutoire de la step de Guyans Vennes : fortes teneurs en COD et en DBO5 traduisant une très forte charge organique à l'aval du rejet.

Concernant le Dessoubre, en considérant les faibles teneurs en COD dans leur globalité, en remarque néanmoins que les valeurs maximales tendent à être un peu plus élevées en se rapprochant de la source.

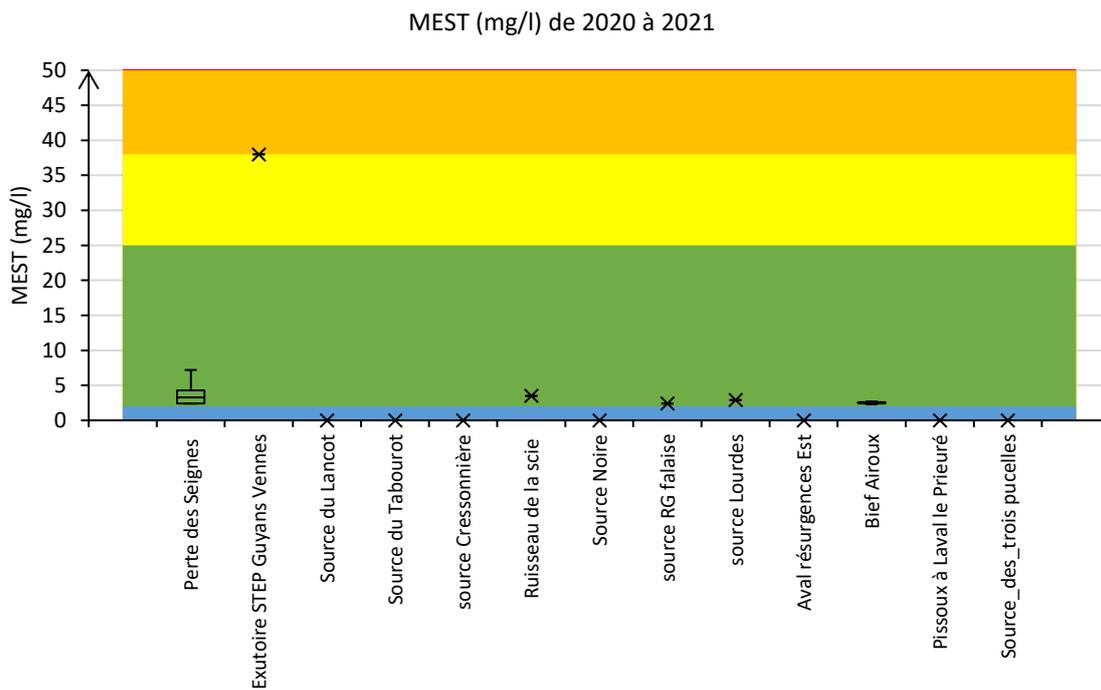
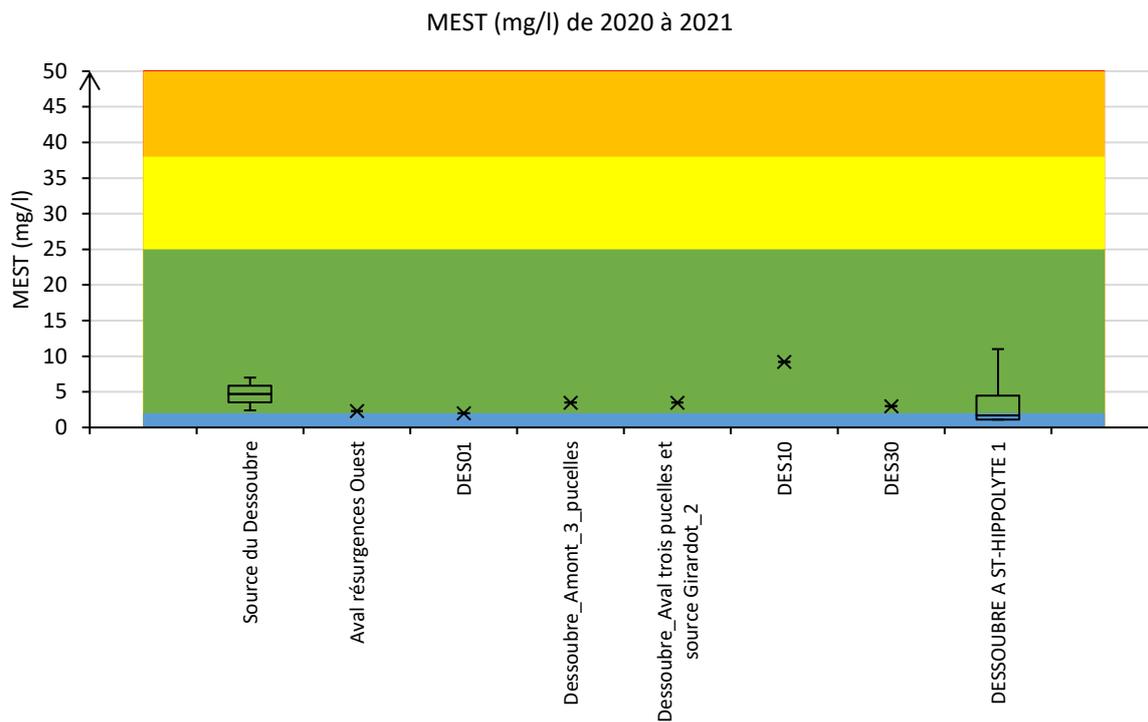


Figure 62. Variabilité des teneurs en MES.

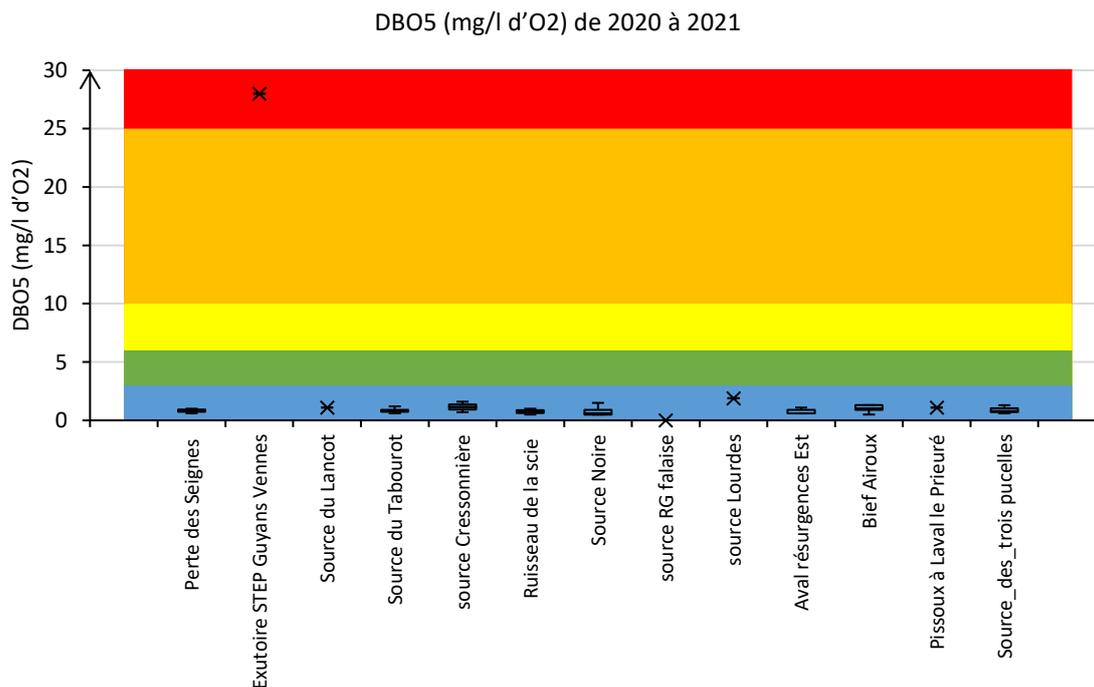
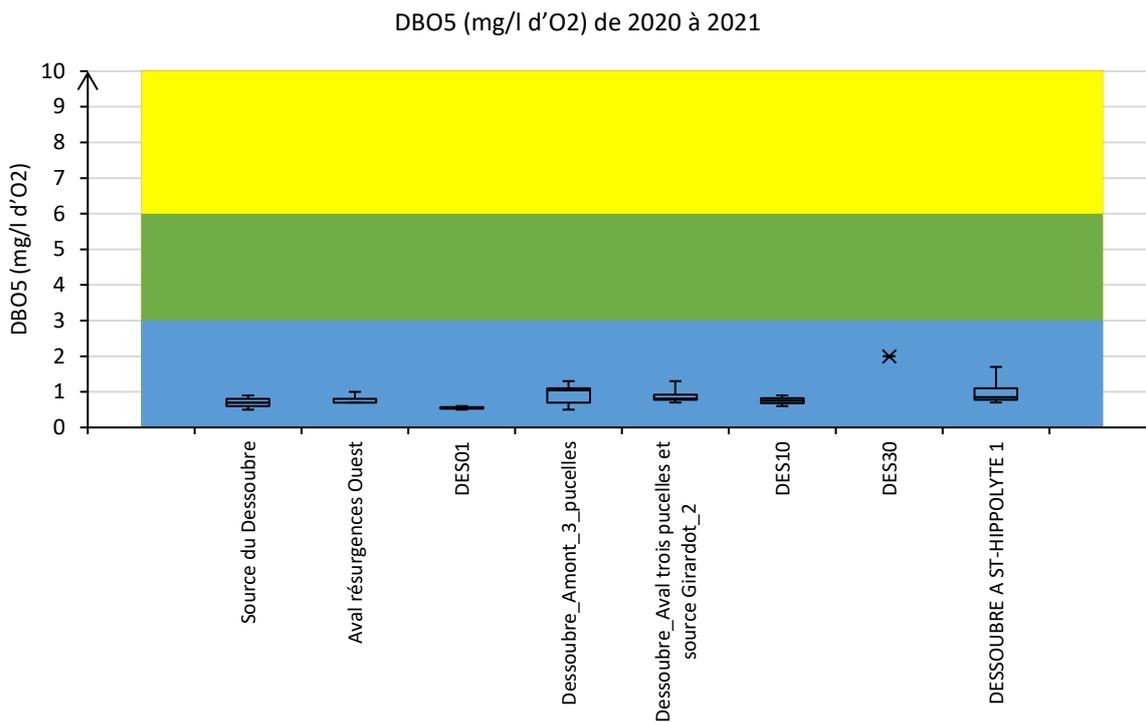


Figure 63. Variabilité de la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours.

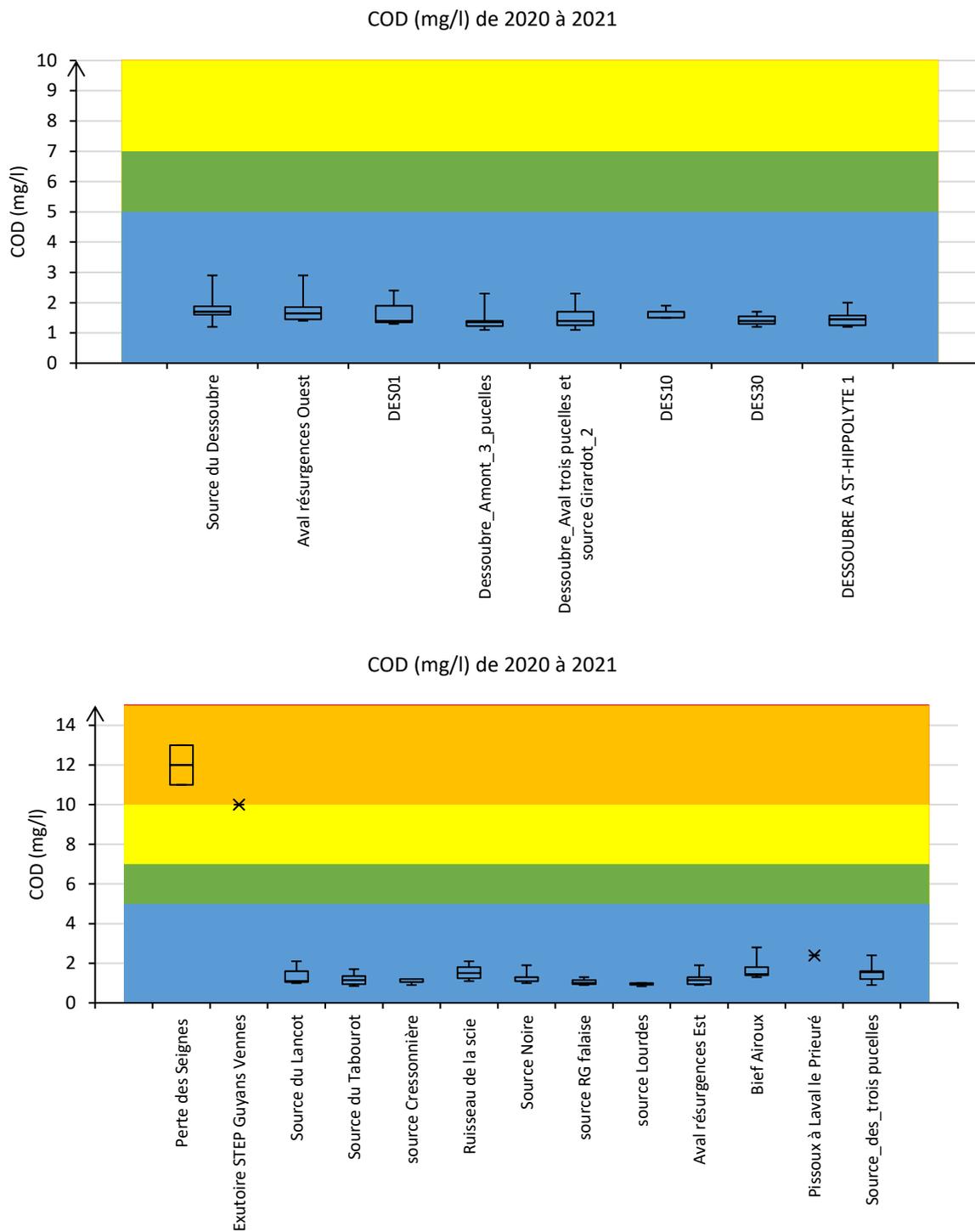


Figure 64. Variabilité des teneurs en Carbone Organique Dissous.

B. Trophie azotée

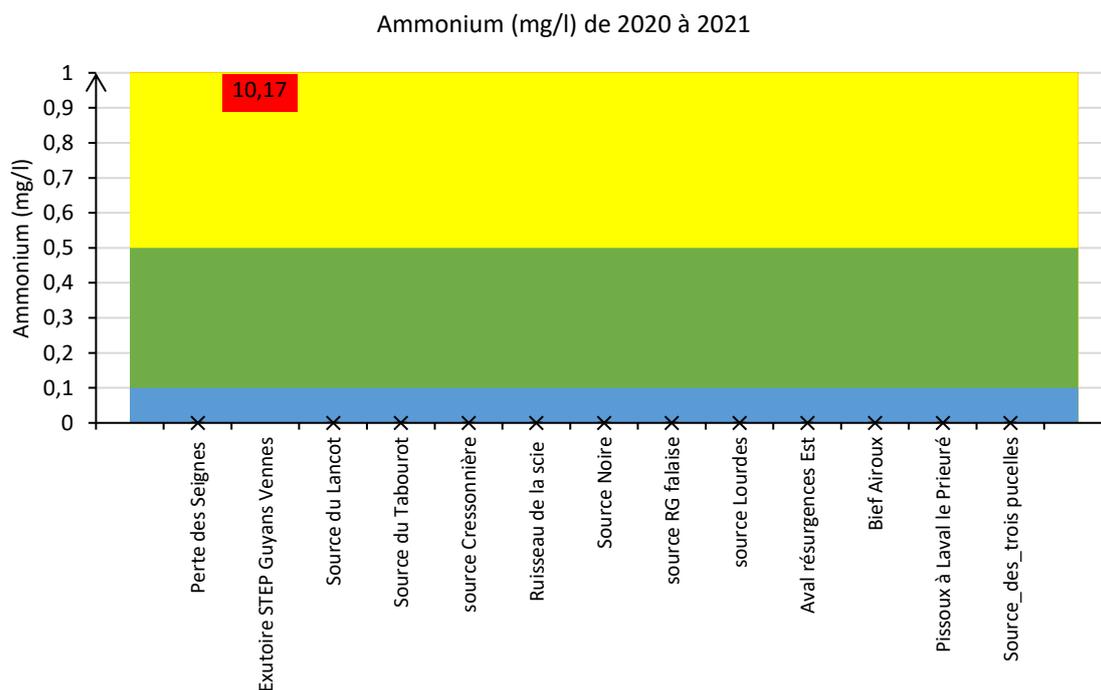
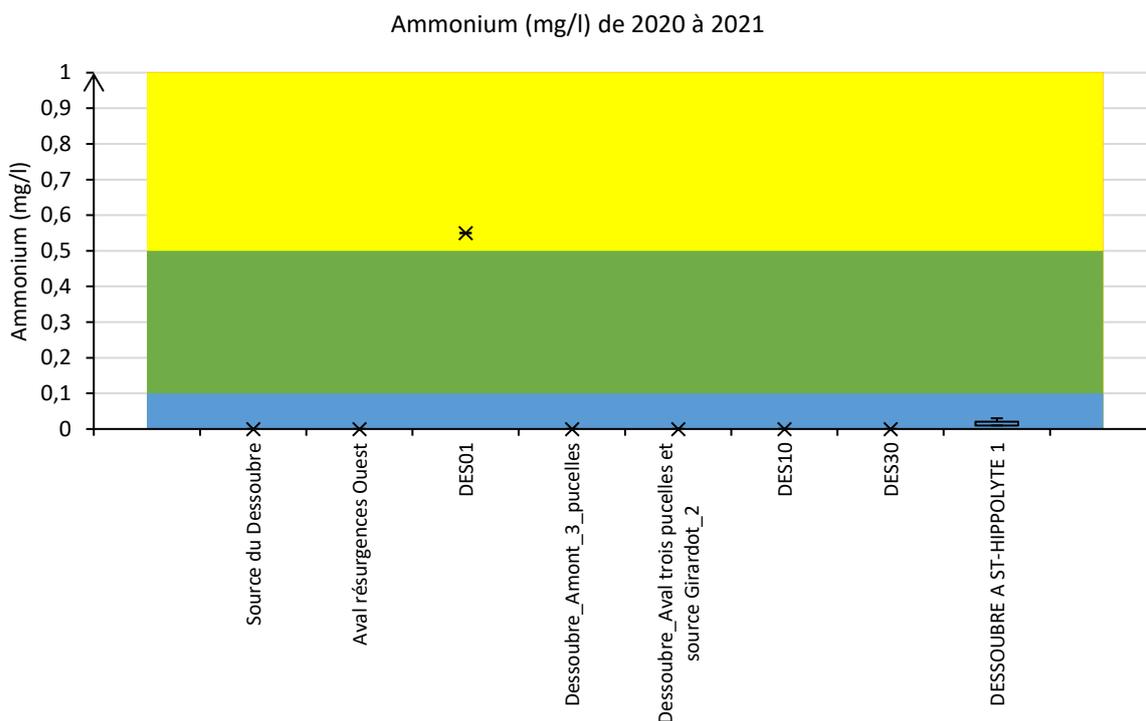


Figure 65. Variabilité des concentrations en ammonium.

Hormis la très forte concentration en ammonium au niveau du rejet de la step de Guyans-Vennes (1 seule mesure hors assec), il n'est pas mis en évidence de contamination du Dessoubre et de ses affluents par ce nutriment, à l'exception de la teneur moyenne ponctuellement mesurée dans DES01 le 07/09/2020 (Cf figure 27), mais non observée en amont 2 jours plus tard.

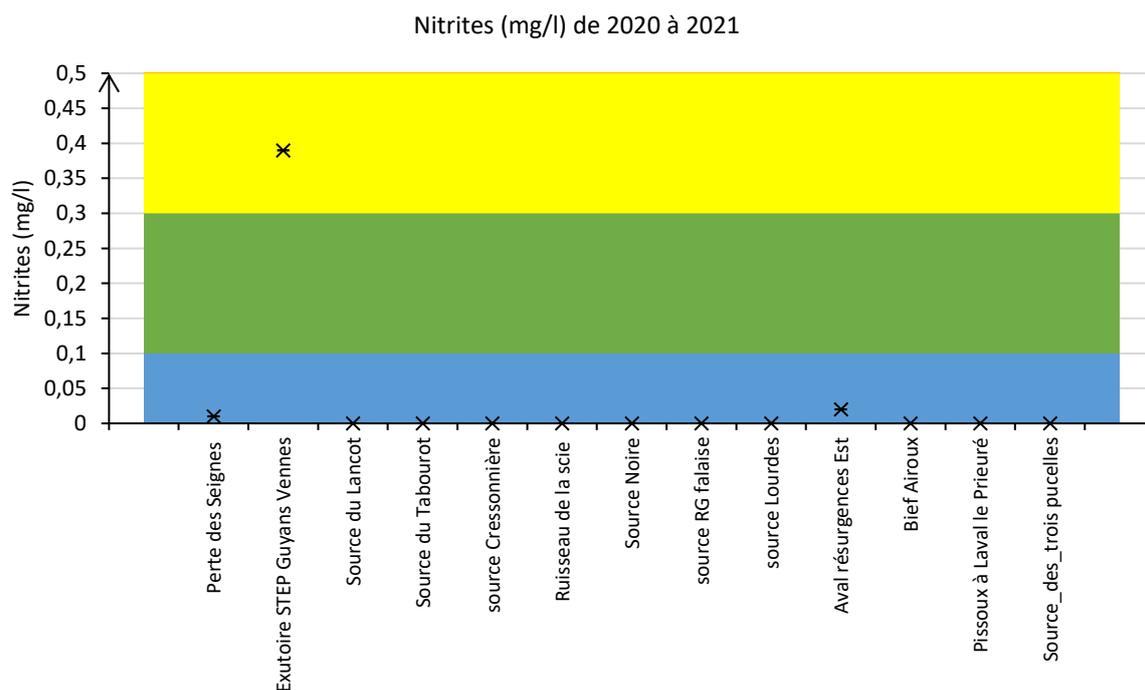
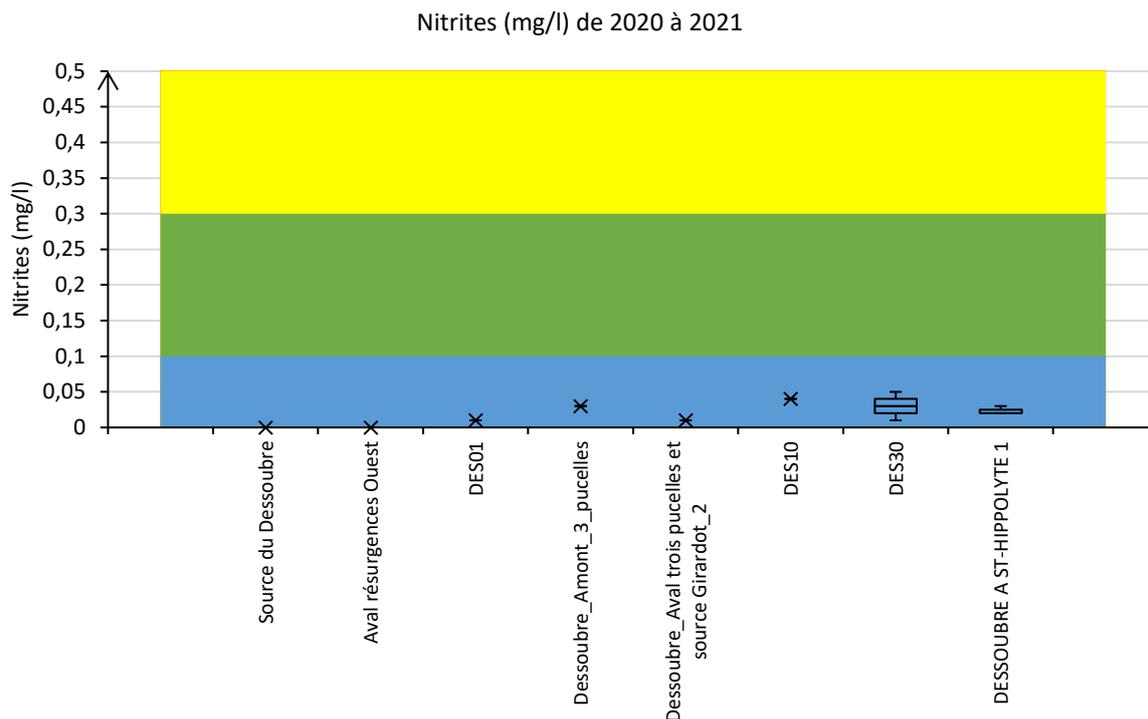


Figure 66. Variabilité des concentrations en nitrites.

Comme pour l'ammonium, la partie apicale du BV du Dessoubre est peu concernée par une contamination par les nitrites (contrairement peut-être à sa partie aval), hormis une nouvelle fois le rejet de la step de Guyans Vennes.

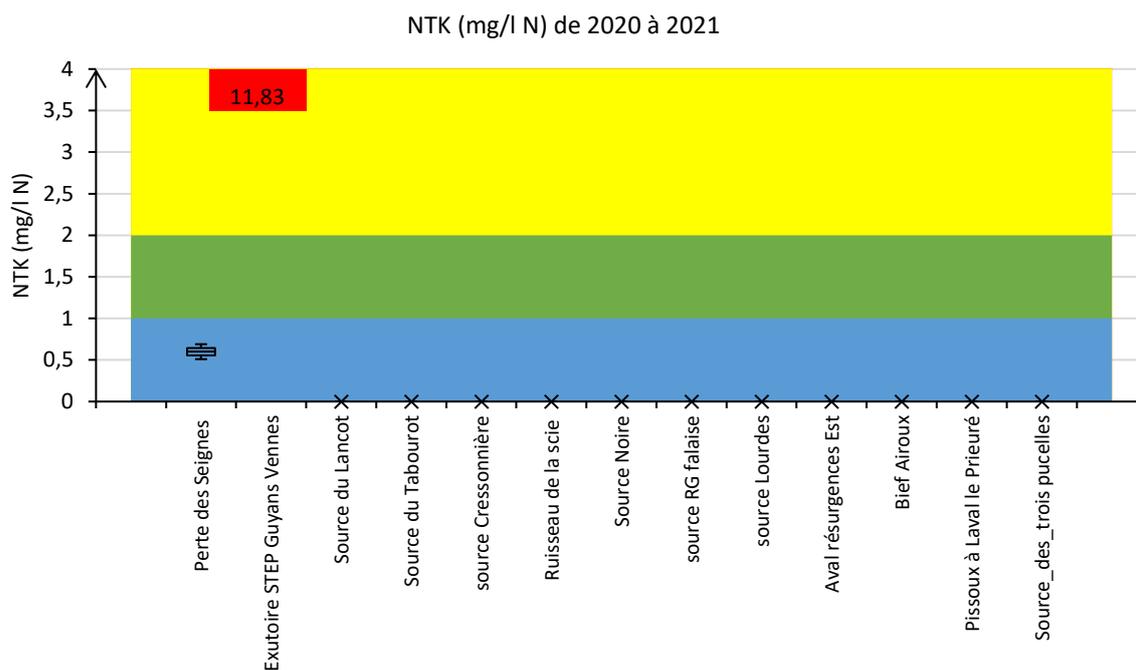
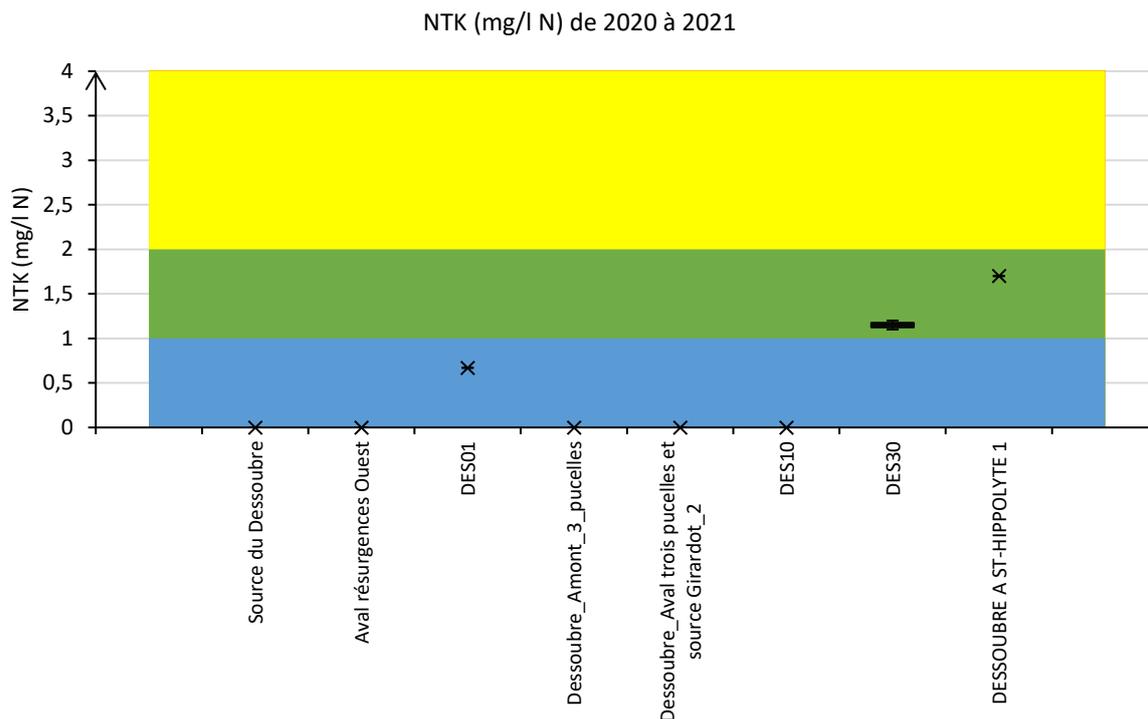


Figure 67. Variabilité des concentrations en azote total.

La plus forte vulnérabilité de la partie aval du Dessoubre au NTK par rapport à sa partie apicale fut précédemment soulignée. Par ailleurs, on constate de nouveau la très forte pollution de l'exutoire de la step de Guyans-Vennes par un nutriment azoté.

Les teneurs modérées mais néanmoins significatives en NTK des pertes des Belles Seignes seraient pour leur part plutôt à rapprocher du caractère naturellement organique de ce cours d'eau, et donc de la plus grande propension à disposer de la forme organique de l'azote (en cohérence par ailleurs avec les fortes teneurs naturelles en COD de ce ruisseau de tourbière).

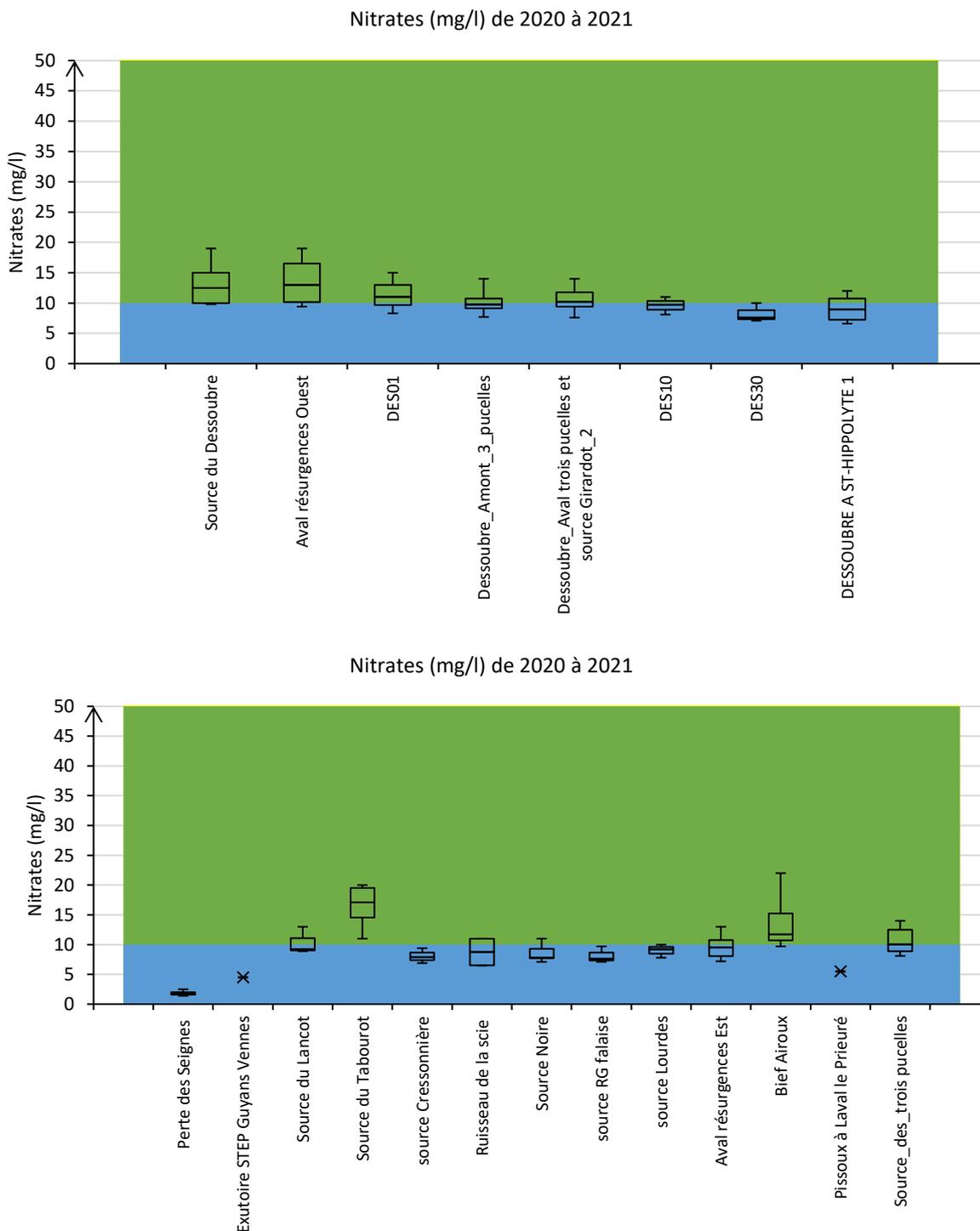


Figure 68. Variabilité des concentrations en nitrates.

Contrairement aux autres nutriments azotés (et aux indicateurs de pression organique), la dystrophie liée aux nitrates est nettement contrastée et géographiquement structurée. Ces informations seront précieuses pour tenter un rapprochement avec une délimitation des typologies de pressions dans le BV.

La décroissance des teneurs en nitrates le long du linéaire du Dessoubre fut déjà constatée. Elle trouve ici à la fois une confirmation et une grande précision dans la description de ce phénomène :

- Teneurs moyennes et plus élevées dans 3 secteurs (10-20 mg/L) :
 - o Le bras ouest, i.e. de la source du Dessoubre à sa confluence avec le bras est ;
 - o La source du Tabourot, une des afférences du bras est, mais pas nécessairement la plus importante en termes de contribution aux débits du bras est ;
 - o Le Bief Airoux, affluent localisée plus en aval de la confluence entre les bras est et ouest.
- Teneurs davantage modérées mais demeurant significatives (aux environs de 8-10 mg/L) et homogènes dans les différentes afférences apicales, avec toutefois une vulnérabilité un peu plus marquée des sources des 3 Pucelles et du Lançot.
- Une préservation du ruisseau des Belles Seignes, et une faible contamination de l'exutoire de la step de Guyans Vennes et du Pissoux par les nitrates lors de la seule mesure qui a pu être effectuée (hors assec).

C. Trophie phosphorée

La forte contamination de la partie apicale du Dessoubre par les phosphates est l'une des justifications de ce focus. Comme pour les nitrates, des résultats contrastés sont observés, avec toutefois une structuration spatiale relativement plus complexe à établir.

De nouveau la plus forte vulnérabilité de la partie apicale est confirmée mais avec d'importantes précisions par rapport aux connaissances initiales :

- La pollution provient davantage (3 à 4 fois plus) du bras ouest (dès la source du Dessoubre) que du bras est (cirque de Consolation-Maisonnettes) ;
- Ces fortes teneurs en phosphates (0,30 à 0,45 mg/L) perdurent voire s'accroissent après la confluence entre les 2 bras (station DES01), puis diminuent plus en aval et redeviennent de nouveau élevées au niveau de DES10. Cette complexité répond à plusieurs phénomènes concomitants :
 - o Un décalage dans les fréquences/dates d'échantillonnages entre stations patrimoniales et stations complémentaires, d'où une moindre comparabilité des variabilités entre ces 2 réseaux.
 - o A dates équivalentes, on remarque des particularités :
 - Pic en phosphates mais pas en phosphore total en DES10 le 07/09/2020 ;
 - « Sur-contamination » de DES01 par les matières phosphorées le 24/11/2020.
- En dehors du Dessoubre *sensu stricto*, 4 niveaux de pollution par les phosphates sont observés :
 - o Très forte contamination de l'exutoire de la step de Guyans-Vennes (1 mesure non à sec) ;
 - o Pollution moyenne (et chronique), globalement à 0,10 à 0,20 mg/L : source de la Cressonnière, Source Noire, source en rive gauche de la falaise, le Bief Airoux et la source des 3 Pucelles (comparable à celle du Dessoubre dans ce secteur) ;
 - o Pollution modérée (mais demeurant globalement significatives à 0,05-0,10 mg/L) : sources du Lançot et du Tabourot, ainsi que les pertes des Seignes ;
 - o Relative préservation du ruis. de la Scie et de la source de Lourdes (voire du Pissoux, 1 mesure).

Les dynamiques en phosphore total appuient le constat d'une forte contamination spécifique au bras ouest, dès la source du Dessoubre, et qui semble perdurer jusqu'à DES01, jusqu'à une décroissance d'abord très nette jusqu'à l'amont de la source des 3 pucelles, puis plus progressive plus en aval (y compris en DES10).

Parmi les afférences, ce sont surtout les contaminations moyennes de la résurgence au niveau de la falaise rive gauche, du Bief Airoux et de la source des 3 Pucelles qui retiennent l'attention (ainsi que la forte pollution de l'exutoire de la step de Guyans-Vennes).

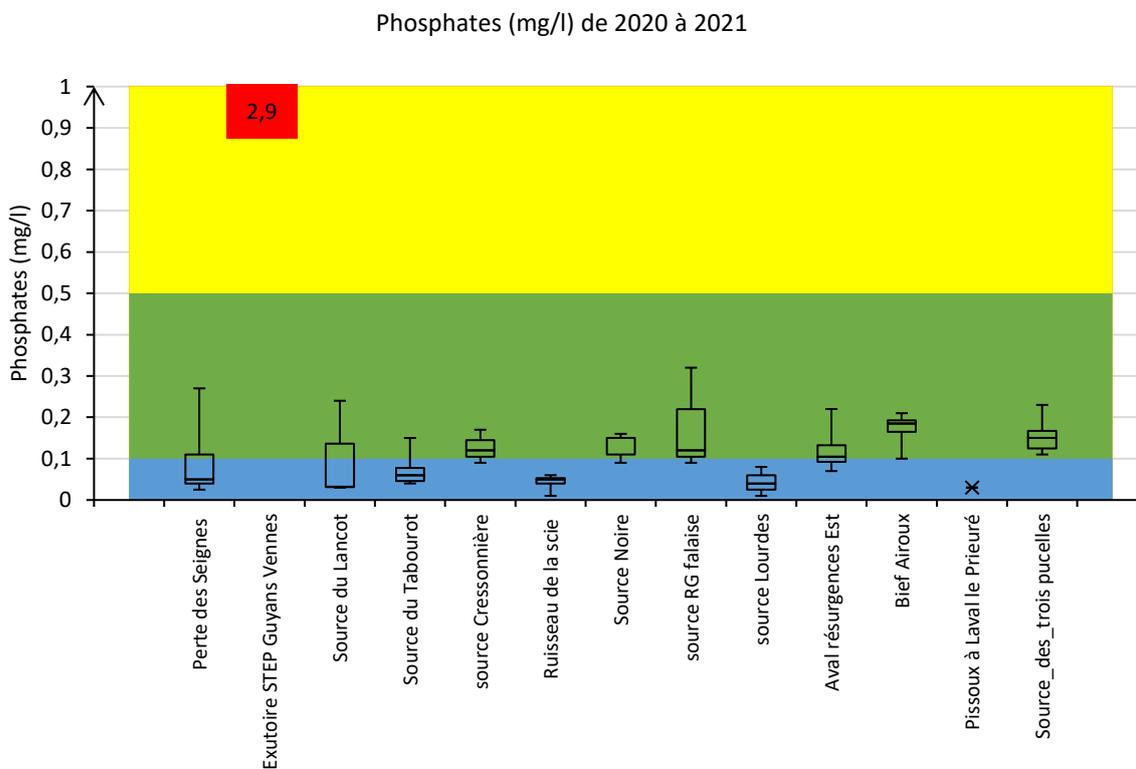
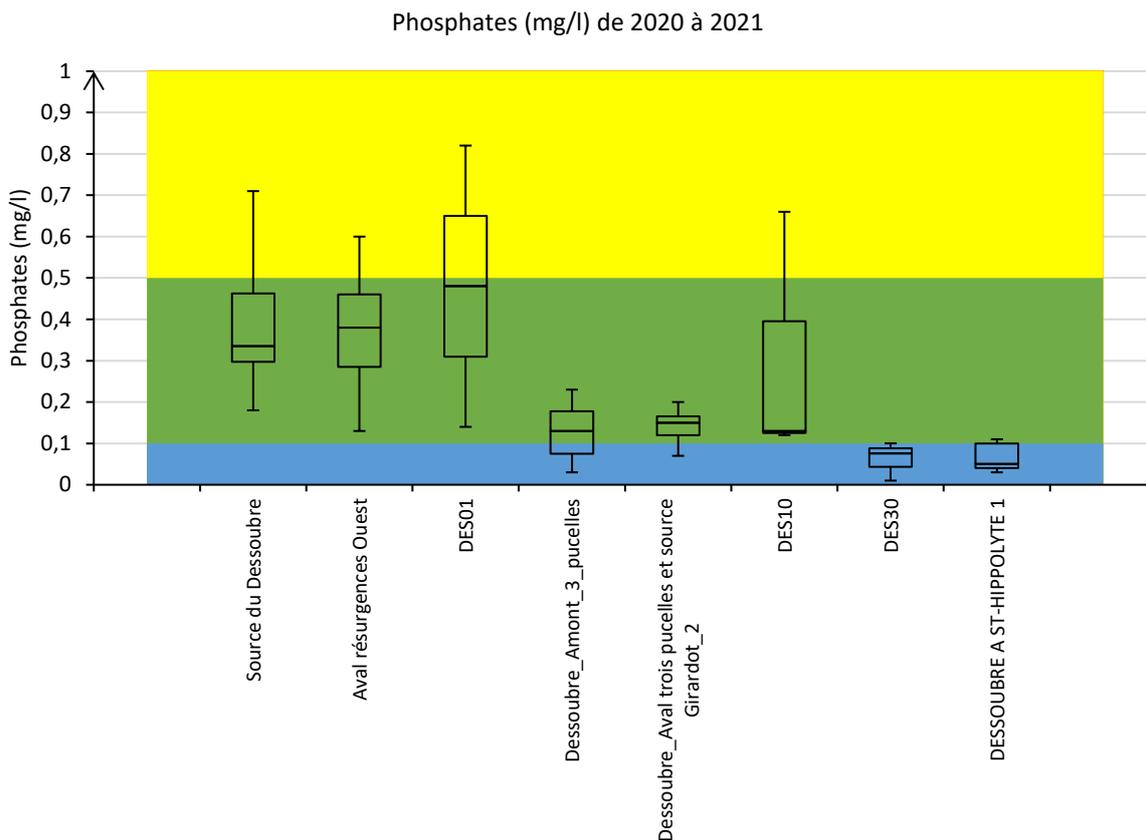


Figure 69. Variabilité des concentrations en phosphates.

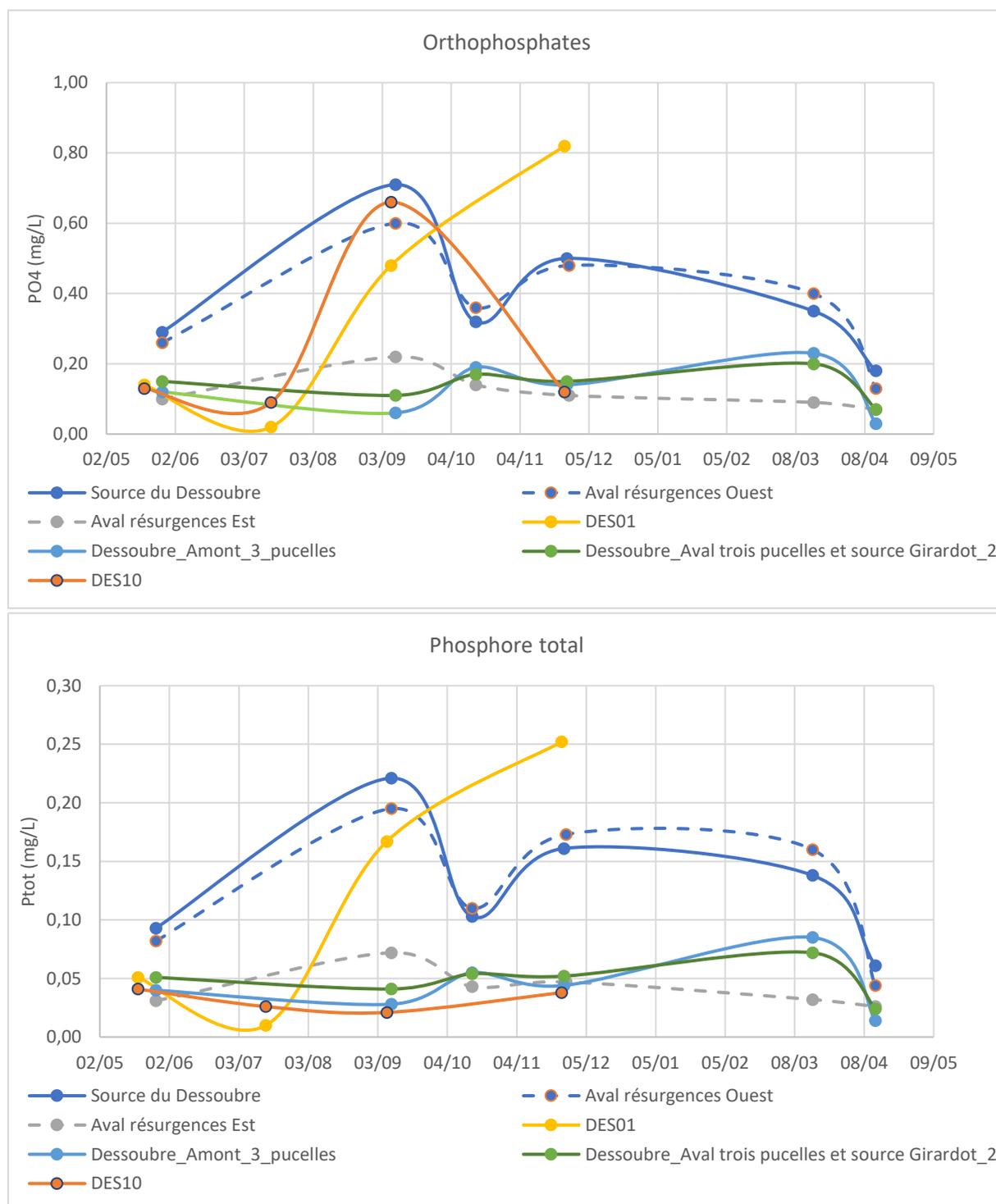


Figure 70. Chroniques des teneurs en matières phosphorées dans le Dessoubre apical.

La « sur-contamination » de DES01 par les matières phosphorées le 24/11/2020, pourtant hors contexte de fortes eaux (cf chapitre suivant) interroge quant à une émission ponctuelle mais massive de ces nutriments dans le milieu, par exemple via le réseau d’eaux usées de Consolations-Maisonnettes. Ce dernier demeure cependant d’une taille très modeste : 720 ml et collecte 8 maisons ainsi que l’aire de vidange des camping-cars.

Le pic spécifique aux phosphates (mais pas en phosphore total) en DES10 le 07/09/2020, donc en fort étiage, serait pour sa part plutôt enclin à mettre en évidence un phénomène de rejet domestique moins dilué lors de cette période, peut-être *via* la Réverotte. Il s’agit là d’hypothèses et non de preuves irréfutables.

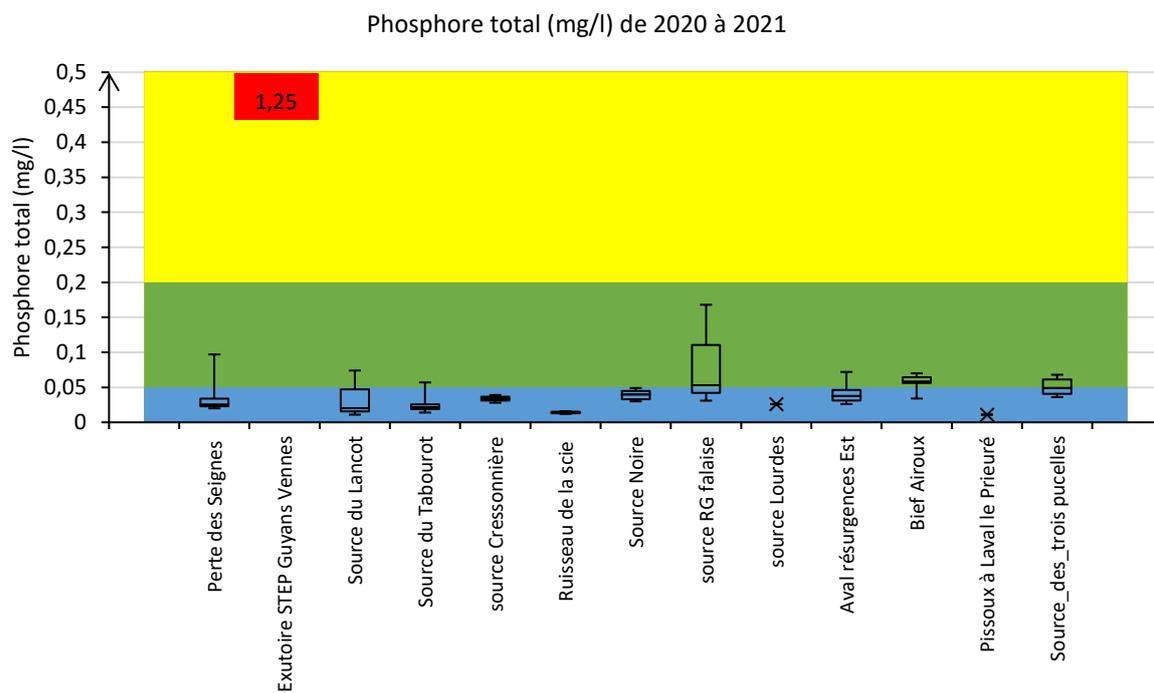
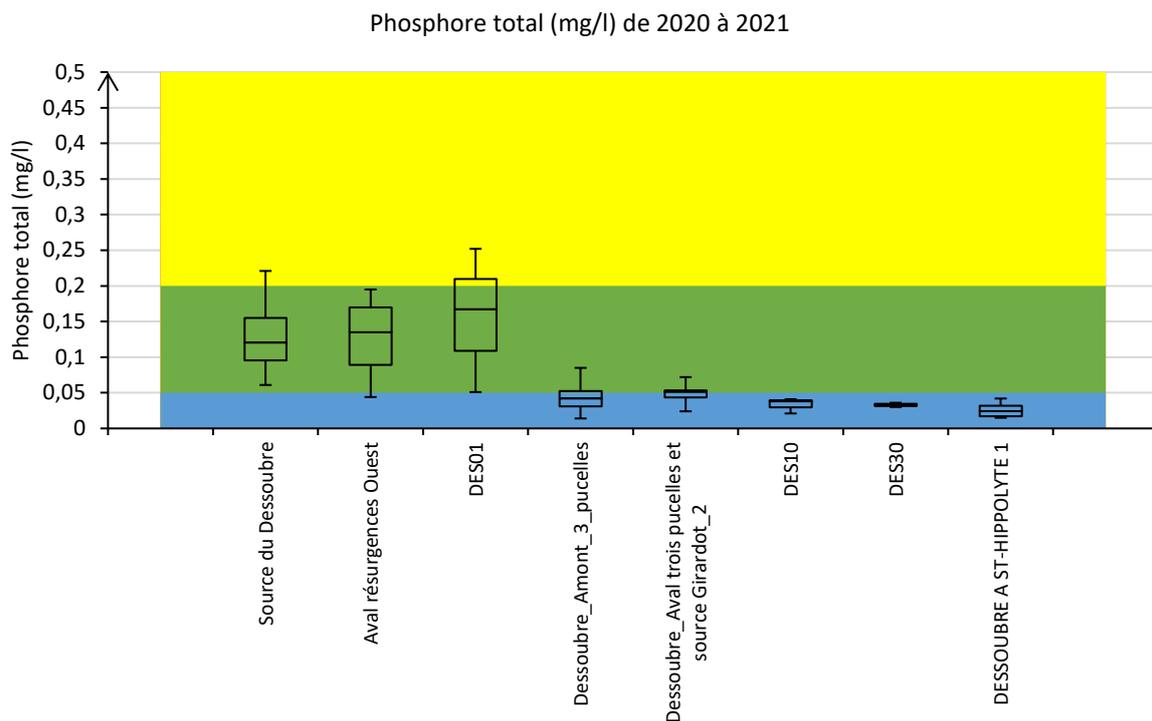


Figure 71. Variabilité des concentrations en phosphate total.

III. Qualité diatomique

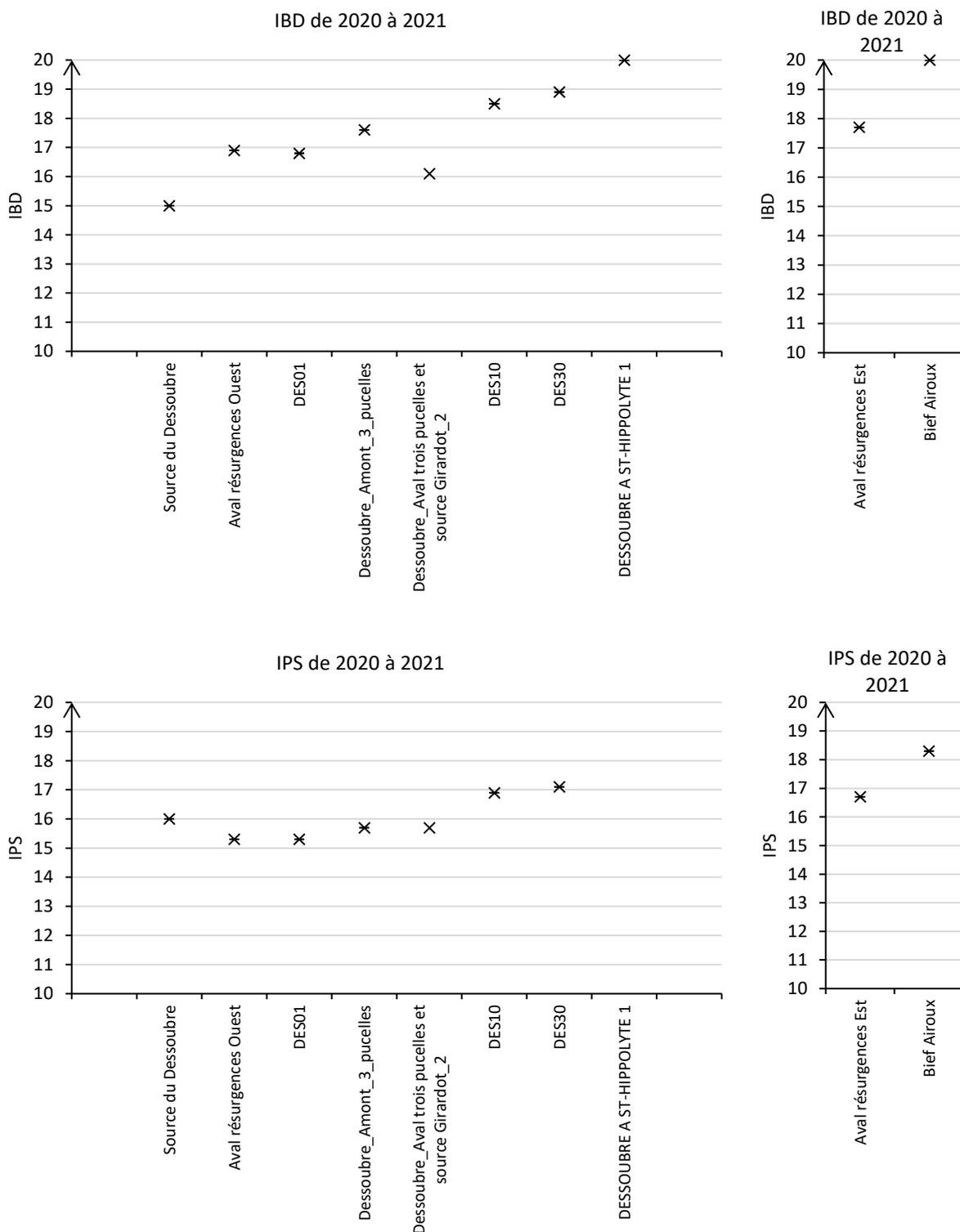


Figure 72. Evolution longitudinale des indices diatomiques dans le BV du Dessoubre en 2020.

Selon l'IBD, la qualité diatomique du Dessoubre apical est nettement altérée (hors Bief Airoux) plus encore au niveau de sa source, puis elle tend à s'améliorer jusqu'à la fermeture de bassin.

L'IPS tend à corroborer ces observations tout en les nuanciant : les variations longitudinales paraissent moins contrastées et la micro-flore diatomique de la source du Dessoubre n'apparaît plus comme étant davantage impactée. En revanche, le bras est, et plus encore le Bief Airoux semblent un peu plus préservés.

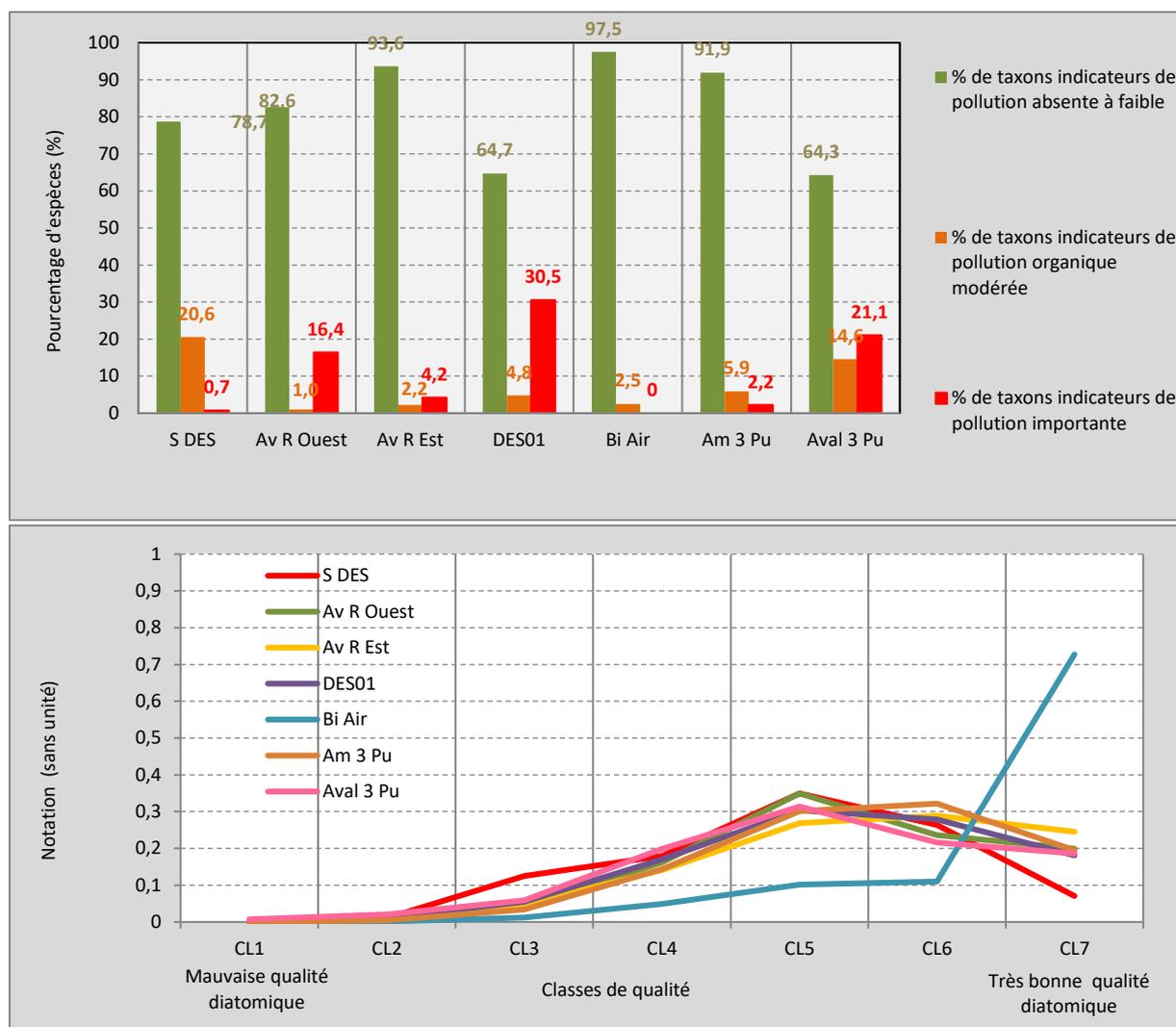


Figure 73. Comparaison de sous-métriques diatomiques dans le BV du Dessoubre en 2020.

En termes de structuration des communautés diatomiques, seule celle du Bief Airoux semble relativement préservée, tandis que les autres s'avèrent globalement homogènes et non optimales, plus encore concernant la source du Dessoubre. Ces observations (ainsi que celles inhérentes aux indices diatomiques) tendent globalement à corroborer les constats physico-chimiques précédents, hormis pour le Bief Airoux davantage préservé qu'attendu.

En termes de vulnérabilité à la pression organique, 3 stations semblent davantage discriminées (dans le sens négatif) : la partie aval du bras ouest, la station DES01 et l'aval du Moulin Girardot. Cette observation semble pour sa part plutôt corrélée avec les degrés de vulnérabilité de ces stations aux recouvrements des fonds par des blooms algaux. Ce phénomène est néanmoins complexe et dynamique, donc sans lien évident et univoque avec un degré de pression physico-chimique, bien que les teneurs en matières phosphorées constituent un élément de vulnérabilité significatif.

IV. Hydrologie et flux

A. Débits

Code_étude	27/05/2020	09/09/2020	15/10/2020	26/11/2020	16/03/2021	13/04/2021	Total
Aval résurgences Est	1	1	1	1	1	1	6
Aval résurgences Ouest	1	1	1	1	1	1	6
Bief Airoux	1	1	1	1	1	1	6
Dess_ Amont_3_pucelles	1	1	1	1	1	1	6
Dess_Aval trois pucelles	1	1	1	1	1	1	6
STEP Guyans Vennes	sec	sec	sec	sec	1	sec	1
Perte des Seignes	1	sec	1	1	1	1	5
Pissoux à Laval le Prieuré	sec	sec	sec	sec	1	sec	1
Ruisseau de la scie	coule	sec	1	1	1	1	4
Source Cressonnière	coule	sec	coule	1	1	1	3
Source du Dessoubre	1	1	1	1	1	1	6
Source du Lancot	faiblement	faiblement	faiblement	1	1	1	3
Source du Tabourot	1	1	1	1	1	1	6
Source Lourdes	coule	sec	faiblement	1	1	1	3
Source Noire	1	sec	1	1	1	1	5
Source RG falaise	coule	faiblement	coule	1	1	1	3
Source des trois pucelles	1	1	1	1	1	1	6
Total	10	8	11	15	17	15	

Tableau 29. Dates d'échantillonnages (et de jaugeages) des stations suivies. En rouge : analyse programmée mais non effectuée en raison d'assecs. Noir : analyses non programmées mais stations dont l'écoulement a été apprécié visuellement.

Le Dessoubre à Rosureux de 2019 à 2021 (échelle logarithmique)

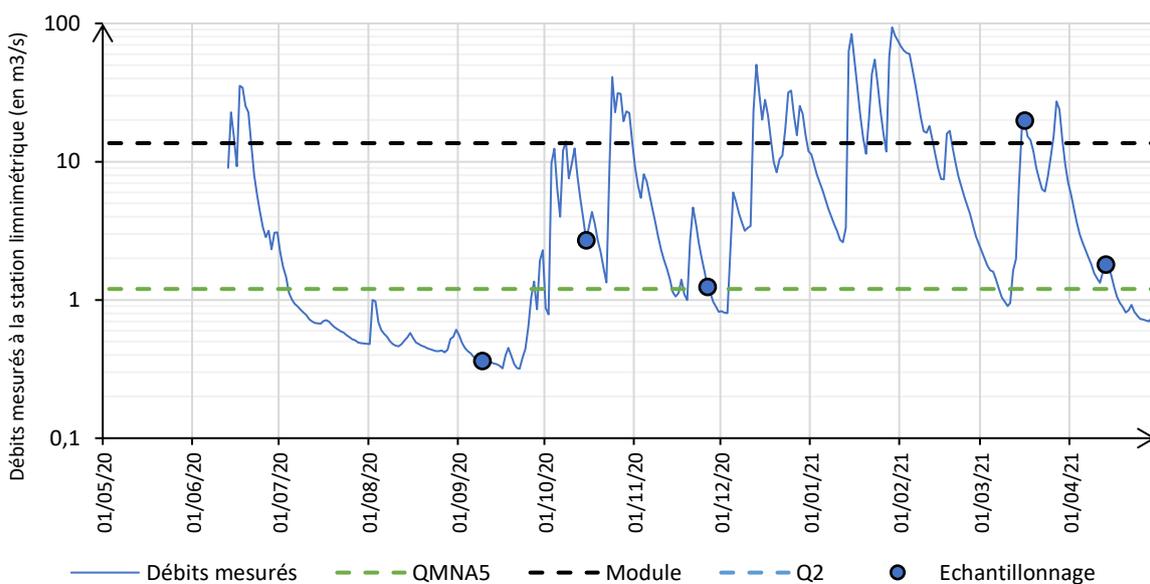


Figure 74. Chronique des débits à Rosureux ? Ronds : dates d'échantillonnage des stations complémentaires. Absence d'enregistrement jusqu'à la mi-juin.

Aucun assec sur le Dessoubre *sensu stricto* ne fut observé malgré le contexte de sécheresse de 2020. Malgré des écoulements parfois très faibles, certaines afférences ne s’assèchent pas non plus : la source du Tabourot (voire du Lançot mais avec des écoulements souvent très faibles) et donc le bras est du cirque de Consolation-Maisonnettes, le Bief Airoux et la source des 3 Pucelles.

La plupart des autres afférences du cirque furent relativement pérennes mais s’assèchèrent cependant au plus fort de l’été sévère de 2020 (y compris la Source Noire). A l’inverse, la fermeture de bassin du Pissoux et l’exutoire de la step de Guyans-Vennes ne s’écoulèrent que lors des plus fortes eaux.

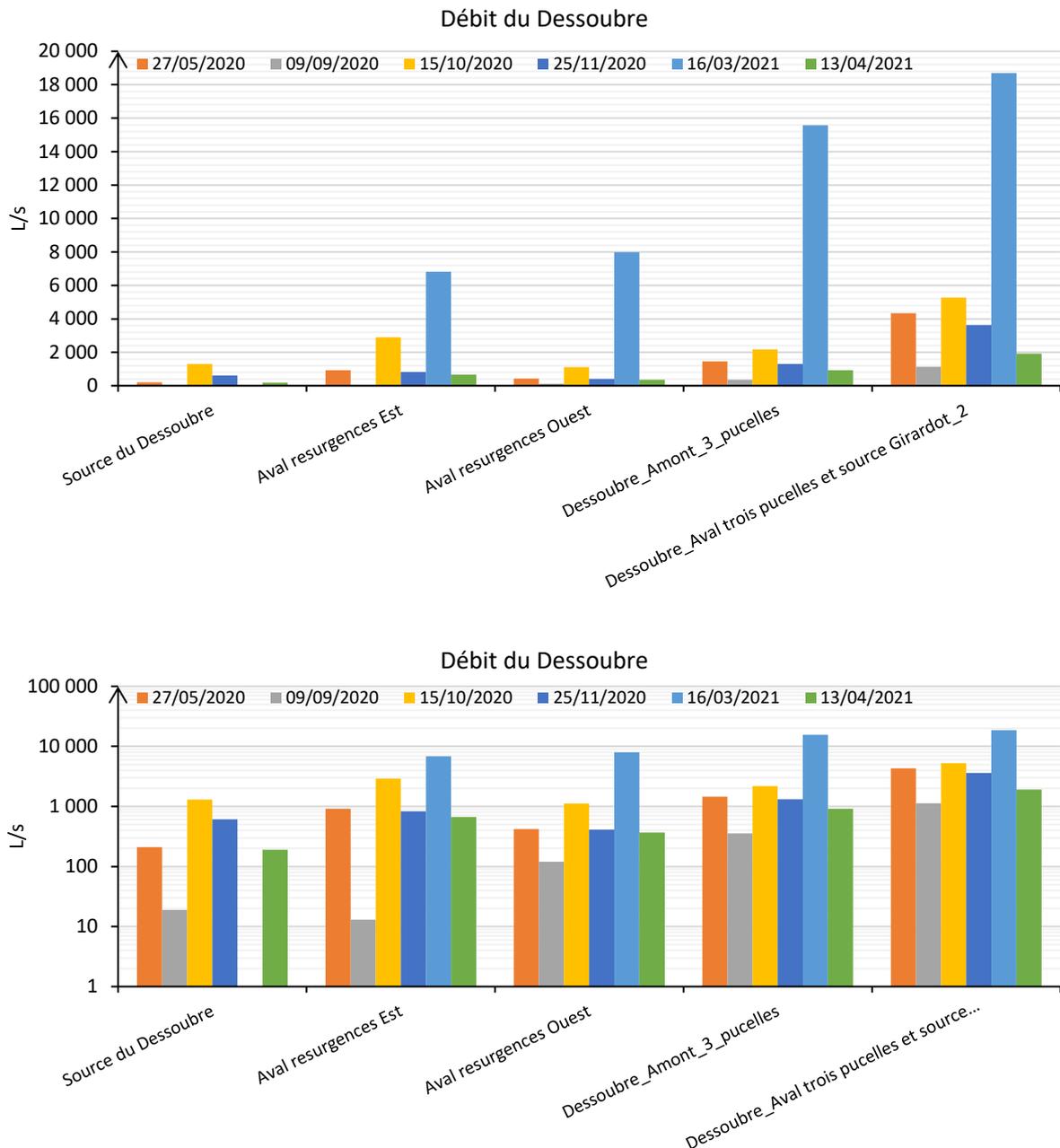
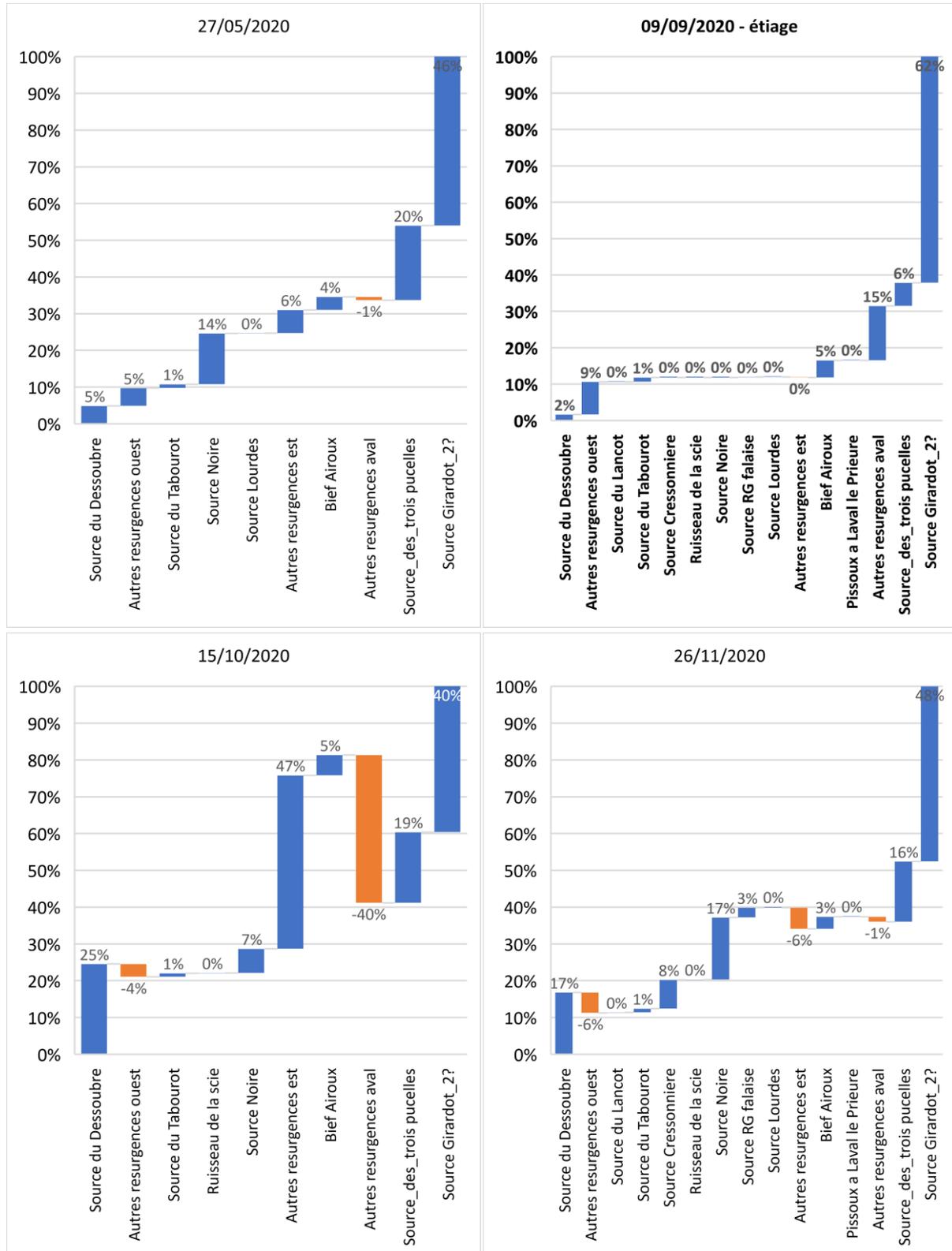


Figure 75. Débits jaugés du Dessoubre (échelle linéaire en haut, échelle logarithmique en bas).

Les campagnes réalisées en mai, octobre, novembre 2020 puis avril 2021 correspondirent à des moyennes eaux instables, tandis que septembre 2020 fut un étiage sévère, et mars 2021 une période de fortes eaux. A noter que le débit de la source du Dessoubre n’a pas pu être jaugé lors de cette période de fortes eaux.

Les représentations graphiques précédentes (Fig. 70) permettent d’apprécier les niveaux hydrologiques globaux des différentes campagnes ; elles ne permettent cependant pas d’estimer les contributions relatives des afférences et plus globalement les dynamiques spatiales et temporelles fines de l’hydrologie du BV apical du Dessoubre. Les figures suivantes (Fig. 71) sont adaptées à cela *via* une approche spatialisée (évolution entre 2 points successifs) lors de chacune des 6 campagnes de jaugeages.



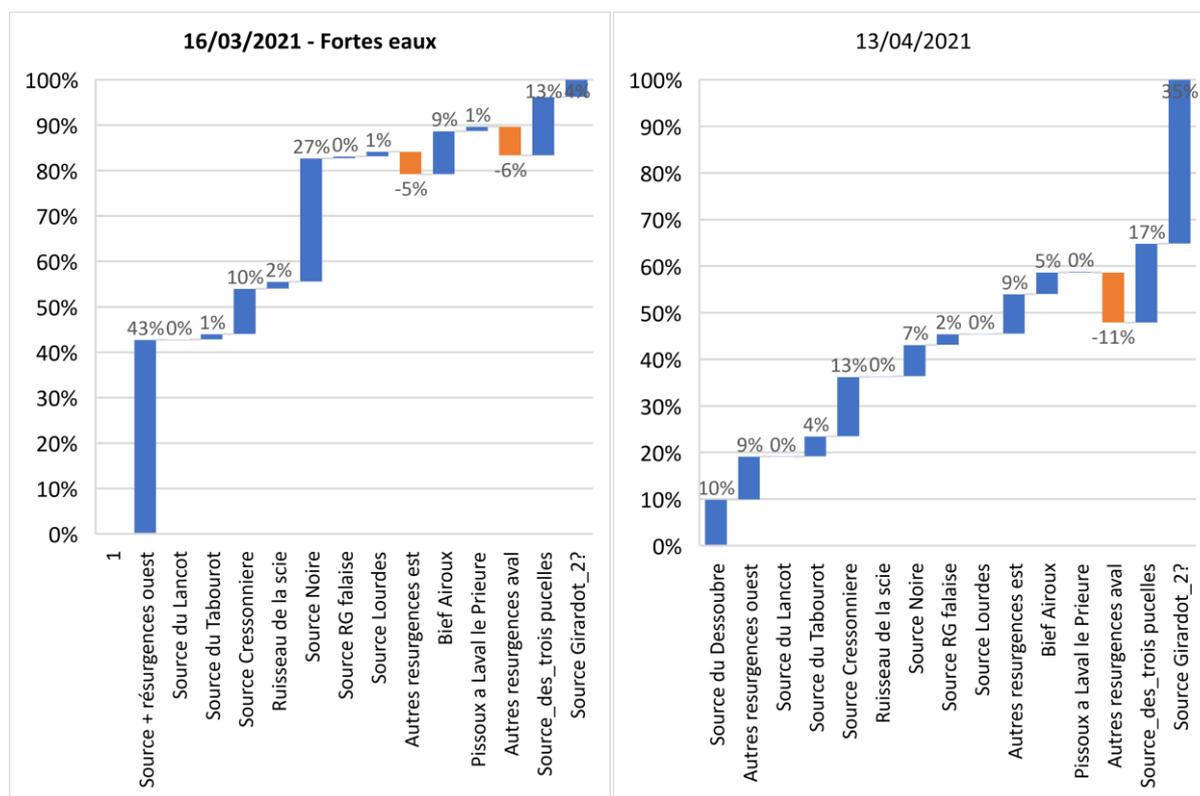
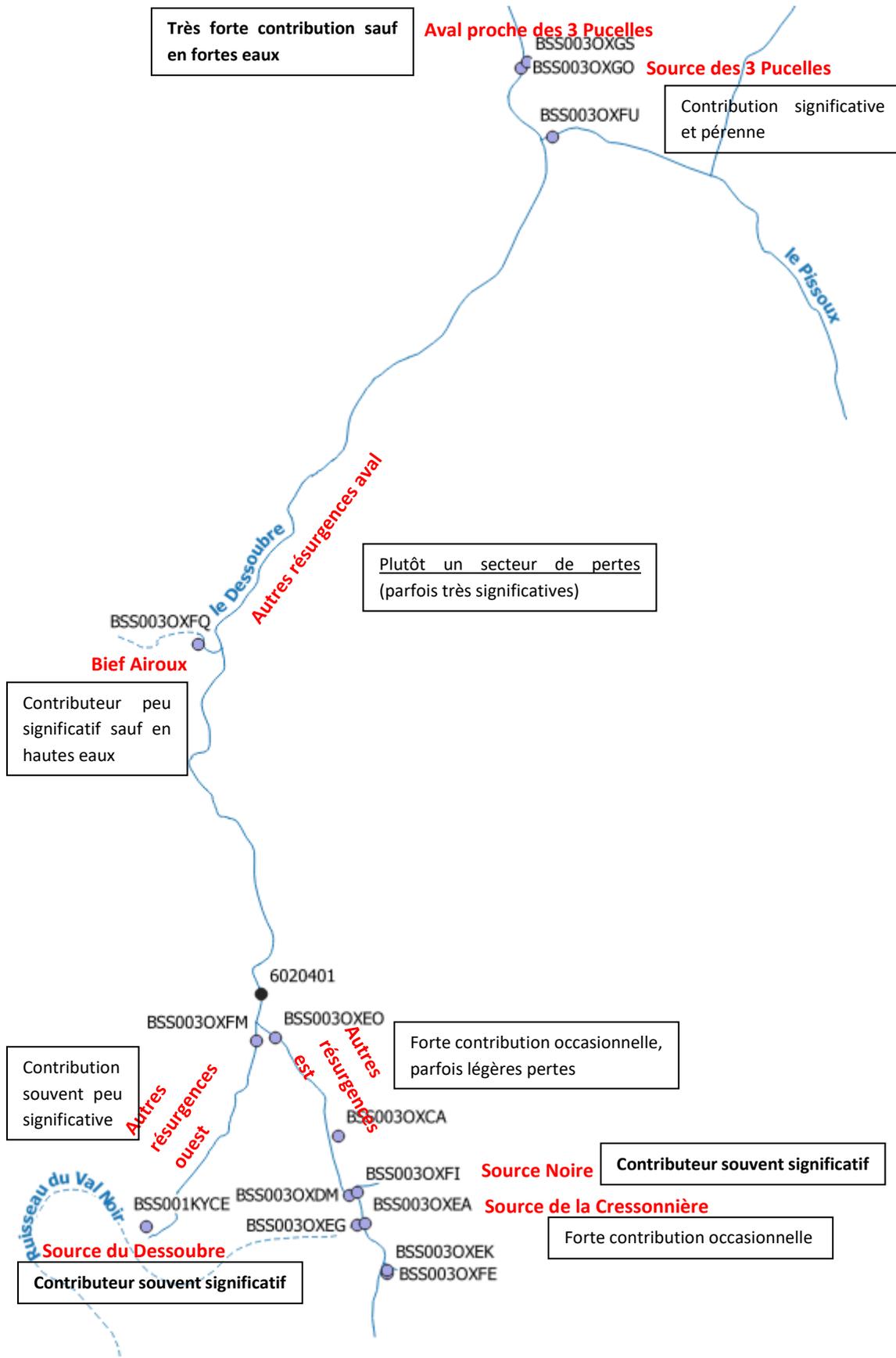


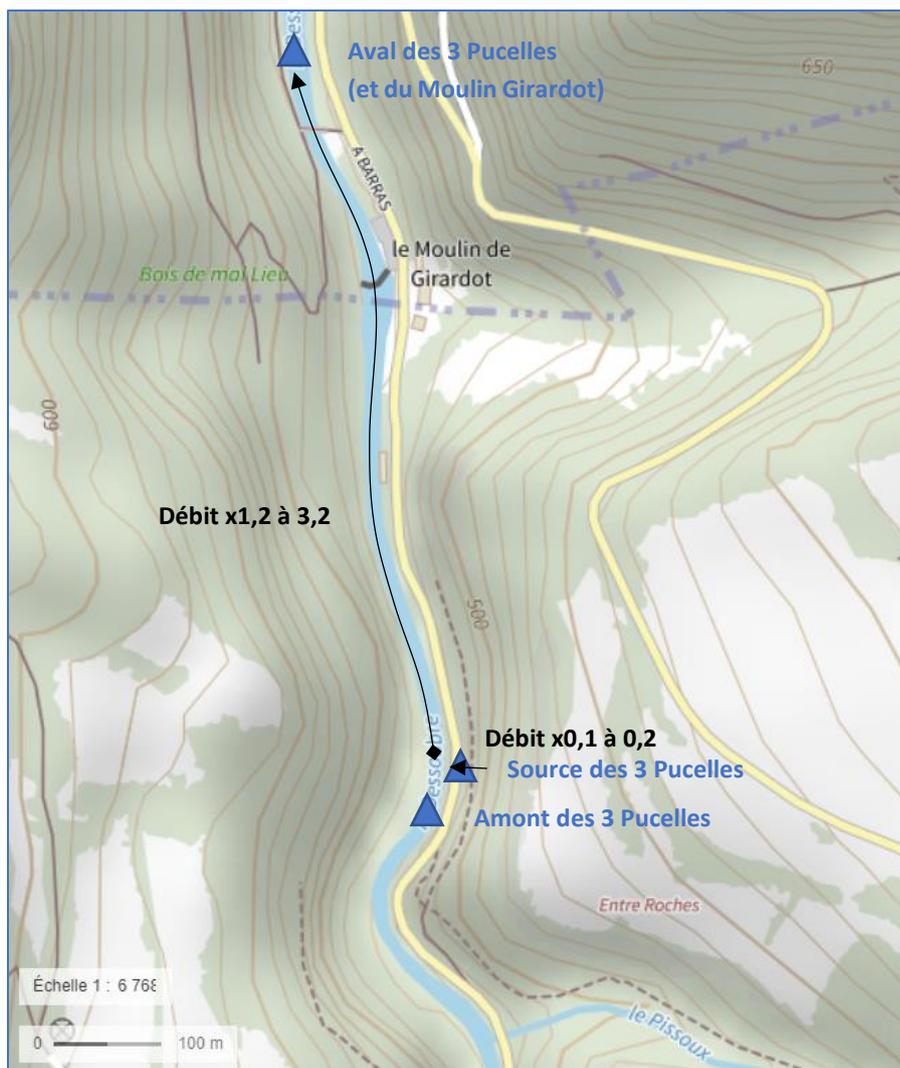
Figure 76. Evolution relative des débits entre 2 points successifs le long du Dessoubre (ou du bras est). Bleu : augmentation du débit. Orange : perte de débit.

Date jaugeage	27/05/2020	09/09/2020	15/10/2020	26/11/2020	16/03/2021	13/04/2021
Débit à l'aval des 3 Pucelles	4,3 m³/s	1,1 m³/s	5,3 m³/s	3,6 m³/s	18,7 m³/s	1,9 m³/s
Source du Dessoubre			++	+	++++	+
Autre résurgences ouest						(+)
Source Noire	+			+	++	
Source de la Cressonnière			++++			+
Autres résurgences est						
Bief Airoux					(+)	
Autres résurgences aval		+	----			-
Source des 3 Pucelles	++		+(+)	+	+	+
Aval proche des 3 Pucelles	++++	+++++	++++	++++		+++

Tableau 30. Synthèse des principales évolutions longitudinales des débits aux différentes campagnes.



Carte 17. Synthèse cartographique des dynamiques longitudinales des contributions au débits du Dessoubre.



Carte 18. Focus sur le secteur de la source des 3 Pucelles.

Des contributeurs au débit du Dessoubre apical sont déjà plus ou moins partiellement documentés par le passé, d'autres non.

Parmi les données bibliographiques disponibles, on dispose des informations suivantes :

- Conseil Général du Doubs 1991² :
 - o Suivi en continu (1989-1990) :
 - Amont des 3 Pucelles
 - Dessoubre à Gigot avant confluence avec la Réverotte
 - Réverotte à Gigot avant confluence avec le Dessoubre
 - Hauteur du Gouffre de la Doye
 - ➔ Le débit en amont de la source des 3 Pucelles représente 44-60% du débit Dessoubre + Réverotte à Gigot (donc intégrant la source des 3 Pucelles et de Moulin Girardot), sauf en étiage où elle ne représente plus que 25% du débit à Gigot.

² Le Dessoubre. Délimitation et caractéristiques du bassin d'alimentation, étude des rapports, charges véhiculées et sources de pollution, influences sur les édifices biologiques. Conseil Général du Doubs, 1991, 127p.

- ➔ Dans le cadre de la présente étude le débit en amont de la source des 3 Pucelles représente 32 à 48% du débit mesuré en aval des sources des 3 Pucelles et Moulin Girardot, 84% lors des fortes eaux du 16/03/2021. Autrement dit, eaux les apports des sources sur le secteur 3 pucelles/moulin Girardot constitue généralement la moitié du débit du Dessoubre (52%) et plus des deux tiers (68%) en étiage, en majorité constitué d'arrivées sous-terraines directement dans le lit et non visibles en surface. En haute eaux la contribution est nettement plus faible, la source du Dessoubre constituant l'apport principal.
- Très nombreux points de jaugeages en basses eaux (31/05/1989 et 16/05/1990)
- ➔ En basses eaux : contribution principale de la source du Dessoubre *sensu stricto* puis très forte contribution de la source des 3 Pucelles.

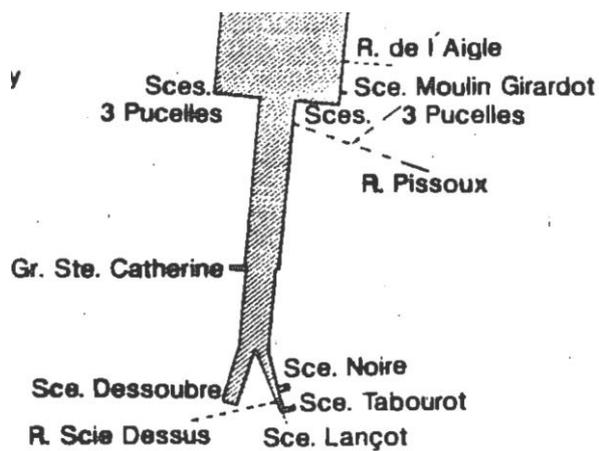


Figure 77. Contributions relatives des afférences du Dessoubre apicale en basses eaux 1989-1990. Extrait du rapport du Conseil Général du Doubs, 1991.

- ➔ Les observations de la présente étude confirment la très forte importance du secteur 3 Pucelles / Moulin Girardot (en grande partie des arrivées diffuses directement dans le lit mineur), mais elles nuancent les contributions relatives des afférences plus en amont, relativement fluctuantes en fonction des campagnes de jaugeages.
- Etude BE Caille et Idées-Eaux (2018³) :
 - Suivi en continu du 28/10/2016 au 07/02/2018 (avec tarage basé sur 4 campagnes) :
 - Source du Dessoubre
 - Bief Airoux
 - ➔ Très forte proximité de la réactivité du Bief Airoux, du Dessoubre apical et de la station limnimétrique localisée à Rosureux.
 - 2 campagnes (31/10/2017, 07/02/2018)
 - Source du Dessoubre : 27 et 29% du débit du Dessoubre 700m en aval de la confluence bras est + bras ouest versus une médiane à 16% (min max à 9-18%) dans le cadre de la présente étude.
 - Source du Lançot : 0,1 et 0,3% vs 0,1% (0-0,1%) dans la présente étude.
 - Source du Tabourot : 2 et 4% vs 4% (1,5-10,5%) dans la présente étude.

³ Suivi de débit réalisé sur la Ressource Karstique Majeur du Dessoubre. Agence de l'Eau RMC, 2018, 20p.

- Val Noir (= Ruis. de la Scie) : 0,3 et 0,6% vs 0,2% (0 à 2%) dans la présente étude.
- Source Noire : 38% et 41% vs 37% (0-37%) dans la présente étude.
- Autres afférences diffuses : 27 et 29% vs une médiane à 43% dans cette étude.

Si les apports diffus furent effectivement soulignés par ces précédentes études, leurs contributions tendirent à être plutôt sous-estimés, peut-être en raison de leur intermittence. **Ces mêmes secteurs diffus constituent aussi des secteurs de pertes parfois modestes et intermittentes, mais parfois très significatives** (en amont du secteur des 3 Pucelles). Par ailleurs, la source de la Cressonnière tend à être sous-estimée en termes de contribution au débit du Dessoubre apical.

Le fonctionnement hydrologique de cette tête de bassin est relativement complexe et dépend largement des niveaux globaux des débits :

- **Etiage** : relativement tarissement des apports des 2 bras est et ouest (la structure géologique de l'aquifère du jurassique supérieur (Malm) ne permet pas la constitution de réserves d'eau), **mais fort soutien pérenne du secteur « 3 Pucelles + Moulin Girardot »** (alimenté par débordement de l'aquifère inférieur constitué par les calcaires du jurassique moyen (Dogger) situé en-dessous du niveau de la rivière). Lors de ces basses eaux, une captation importante des eaux du BV de la Réverotte apicale est présumée (Conseil Général Doubs, 1991).
- **Fortes eaux** : phénomène inverse, le réseau karstique des sources les plus apicales étant particulièrement bien développé et permettant le **passage rapide des eaux d'infiltration vers les afférences apicales** (Cabinet Caille et Idées-Eaux, 2018).
- **Moyennes eaux** : **contributions hydrologiques relatives des différentes afférences très fluctuantes**, vraisemblablement en raison de pérennités et de vitesses de transferts des eaux souterraines très variables.

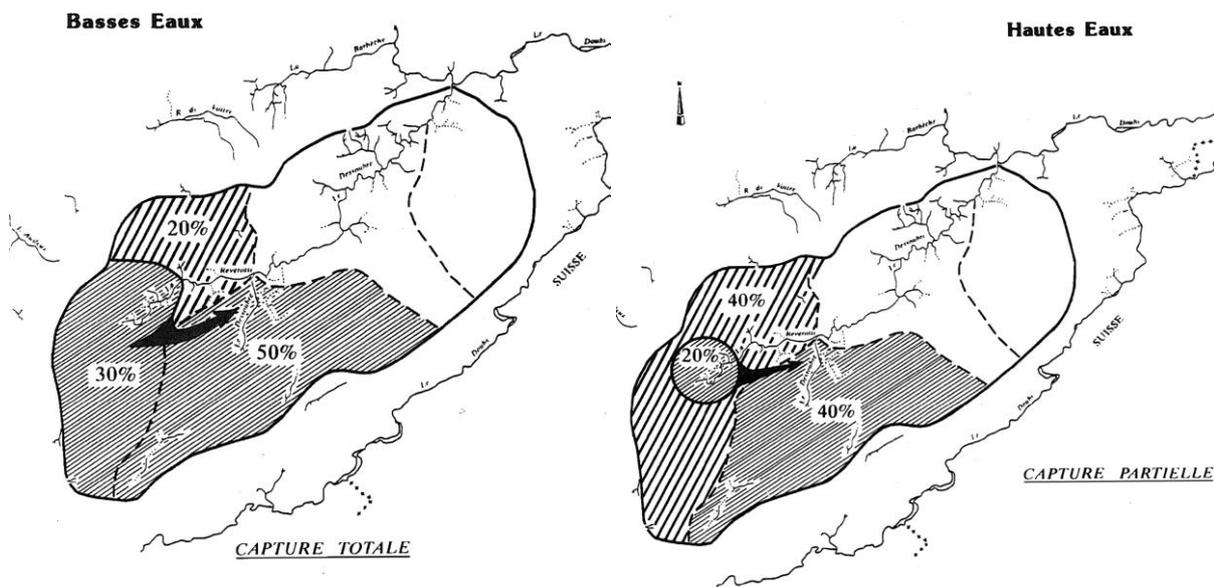


Figure 78. Captation des eaux du sous-bassin de la Réverotte par le secteur des sources des « 3 Pucelles et Moulin Girardot » (extrait Conseil Général du Doubs, 1991). NB : cette captation des eaux de la Réverotte est aujourd'hui sujette à controverse et mériterait *a minima* d'être confortée par un nouveau traçage.

Remarque : les jaugeages des 3 sources visibles adjacentes au lit mineur du Dessoubre en rive droite ne permettent de reconstituer qu'une faible part de l'augmentation du débit mesuré un peu plus en aval. La source « Moulin Girardot » n'a pas clairement été identifiée sur le terrain, mais cet apport (*a priori* localisé plutôt que diffus dans le lit mineur) constitue la très grande majorité de l'accroissement du débit du Dessoubre.

Malgré cela, la qualité physico-chimique du Dessoubre n'évolue pas ostensiblement entre amont et aval de ces apports massifs de débit. Le chapitre suivant évalue les conséquences en termes de flux en azote et phosphore.



Figure 79. Vue des 3 stations dans le secteur des 3 Pucelles (15/10/2020).

B. Flux en azote global

Pour rappel, le flux en azote global correspond au produit du débit par la somme des concentrations en nitrites, nitrates et NTK (ce dernier intègre l'azote organique et l'ammonium). Les unités de ces teneurs doivent préalablement être converties et harmonisées en mg N/L.

En revanche, en l'absence d'imputation une surface de BV alimentant chacun des points investigués, il n'est pas possible de retranscrire les résultats en flux spécifiques, i.e. en flux par unité de surface intégrée par la station.

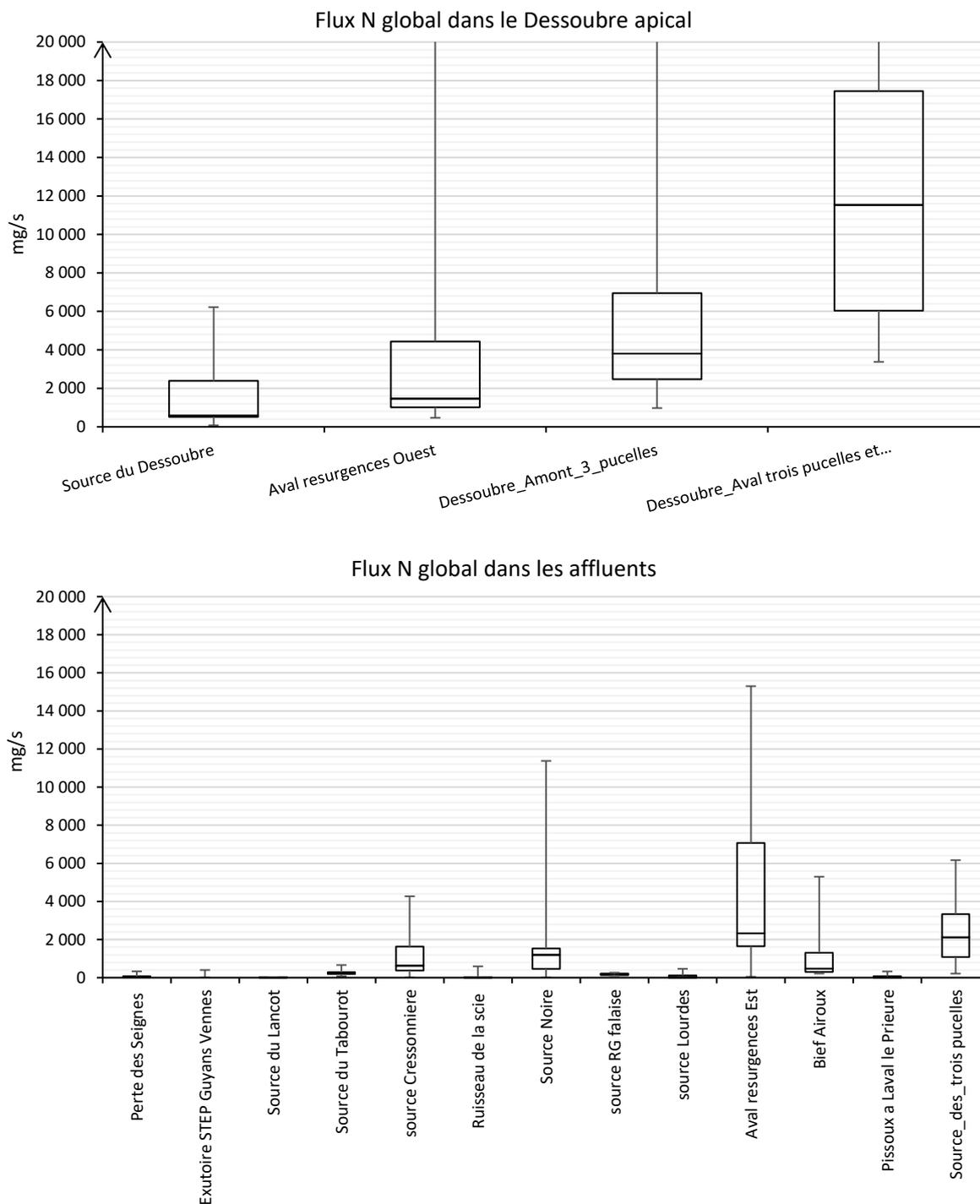


Figure 80. Variabilité des flux en azote dans les stations investiguées.

On peut regrouper les stations en 3 groupes de niveaux de flux en azote qu'elles véhiculent :

- Flux en N élevés : Source du Dessoubre, les bras est et ouest dans leurs globalités respectives, source des 3 Pucelles, et le Dessoubre de façon croissante le long de son linéaire.
- Flux en N modérés à moyens : sources de la Cressonnière, source Noire, Bief Airoux.
- Flux en N plutôt faibles : 8 autres afférences investiguées (dont exutoire step de Guyans-Vennes).

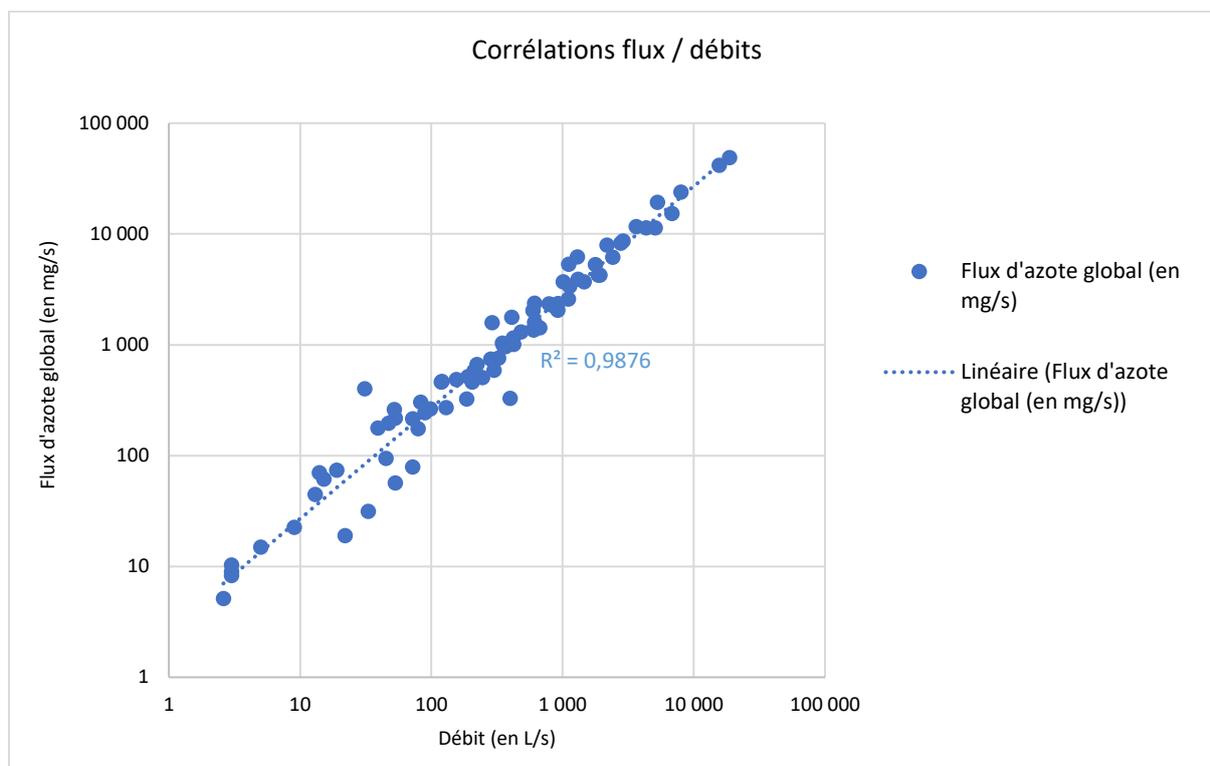


Figure 81. Corrélation linéaire entre les flux en azote et les débits jaugés (échelles logarithmiques).

La très forte corrélation existante entre les flux en azote et les débits jaugés indique que les variations spatio-temporelles de ces flux sont surtout liées à des fluctuations hydrologiques plutôt qu'à des variations des concentrations.

Autrement dit, les quelques pics en matières azotées et les disparités relatives en nitrates ne s'avèrent que peu structurantes en termes de quantité de matières circulant dans le réseau karstique comparativement au bruit de fond global du BV hydrogéologique. Par exemple, la très forte pollution domestique de l'exutoire de la step de Guyans-Vennes n'est pas significativement impactante à l'échelle du Dessoubre compte tenu du faible débit mesuré (en surface).

Plus précisément, ce sont les nitrates qui contribuent très majoritairement aux flux en azote globale. Or, il a été mis en évidence que les niveaux de pollution sont relativement homogènes avec des disparités à modérer (un peu moindre dans la perte des Seignes, un peu plus élevée à la source du Dessoubre, au Tabourot et au Bief Airoux).

C. Flux en phosphore total

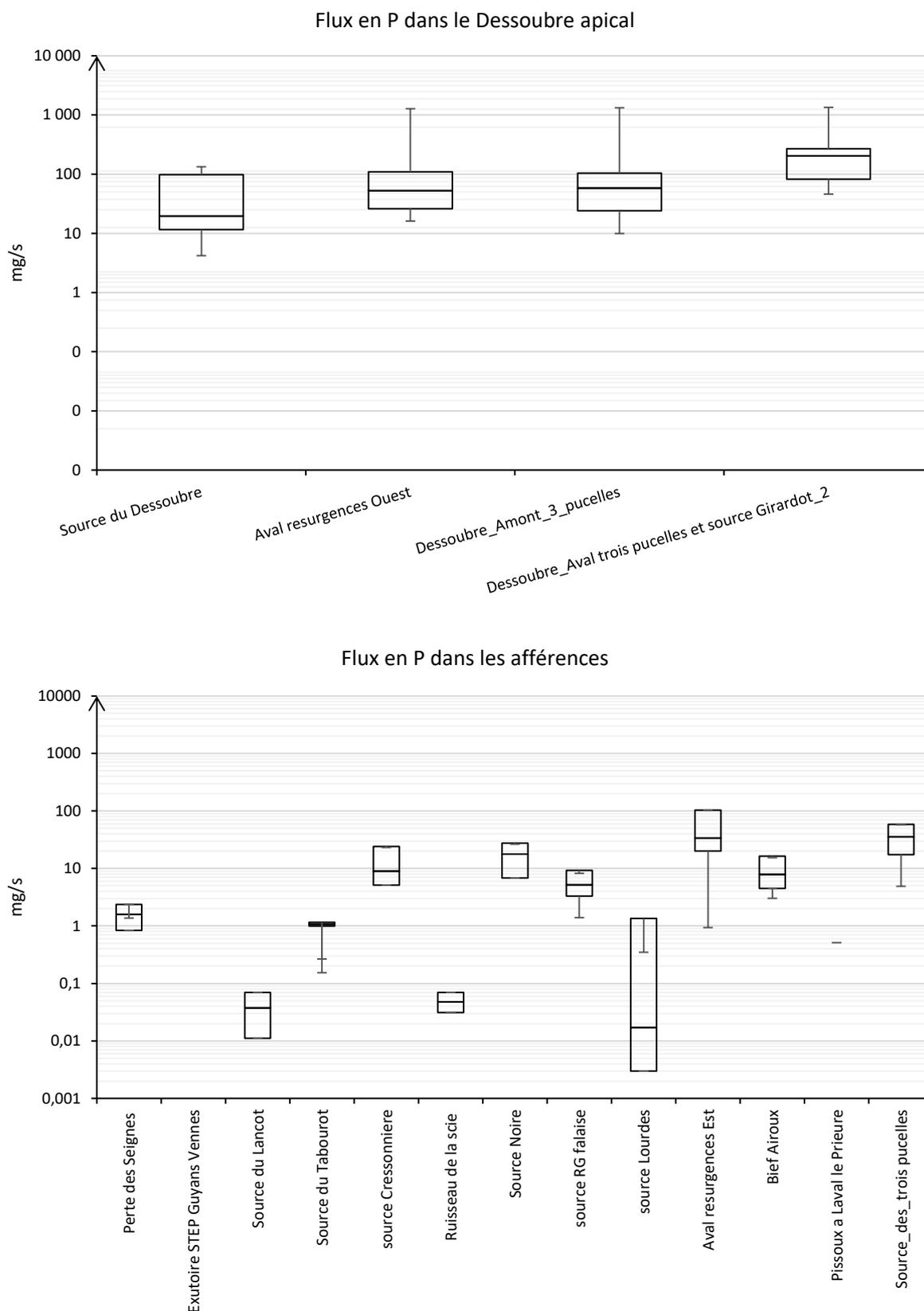


Figure 82. Variabilité des flux en phosphore dans les stations investiguées (échelles logarithmiques).

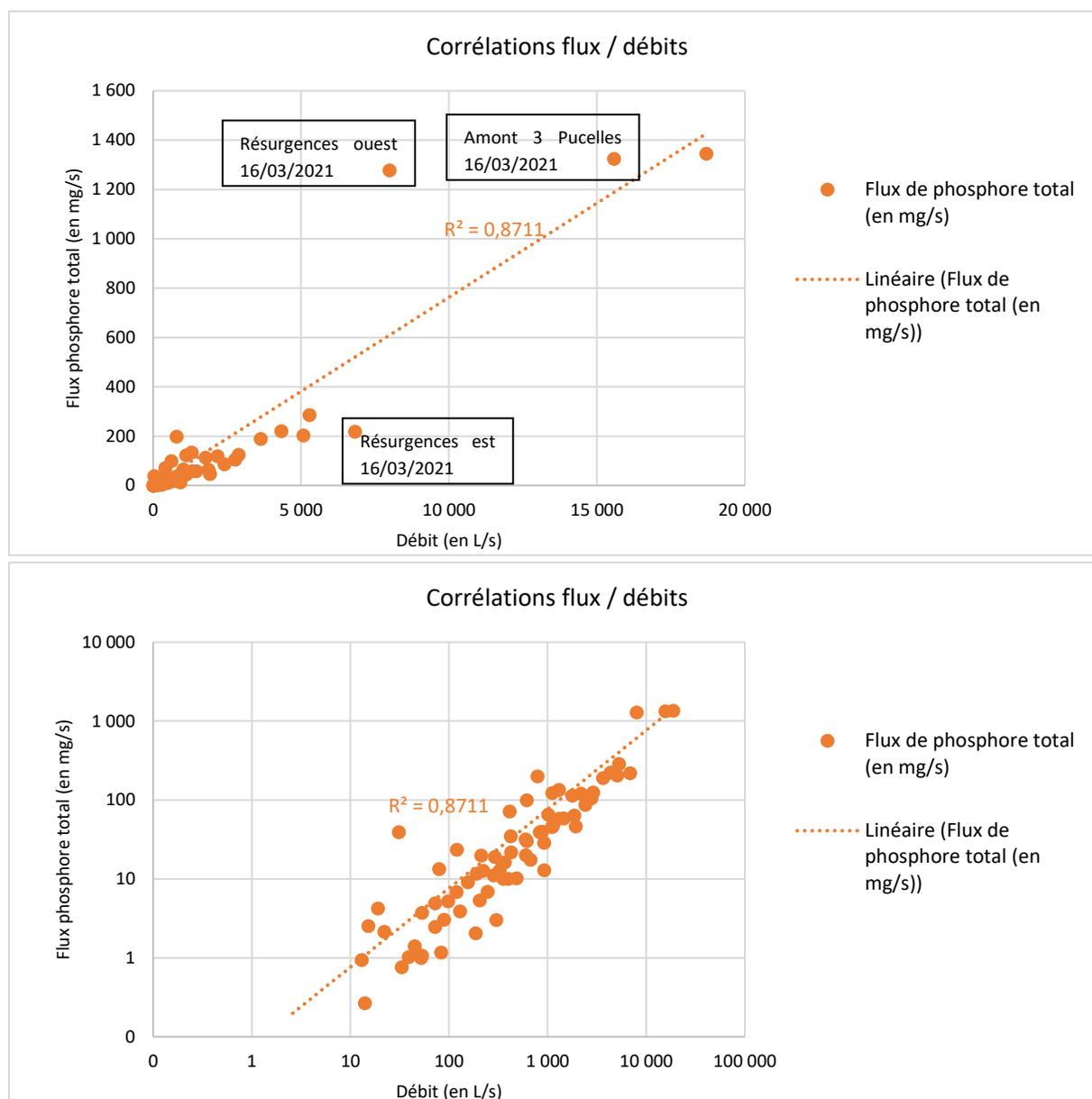


Figure 83. Corrélation linéaire entre les flux en phosphore et les débits jaugés (échelles linéaires en haut, échelles logarithmiques en bas).

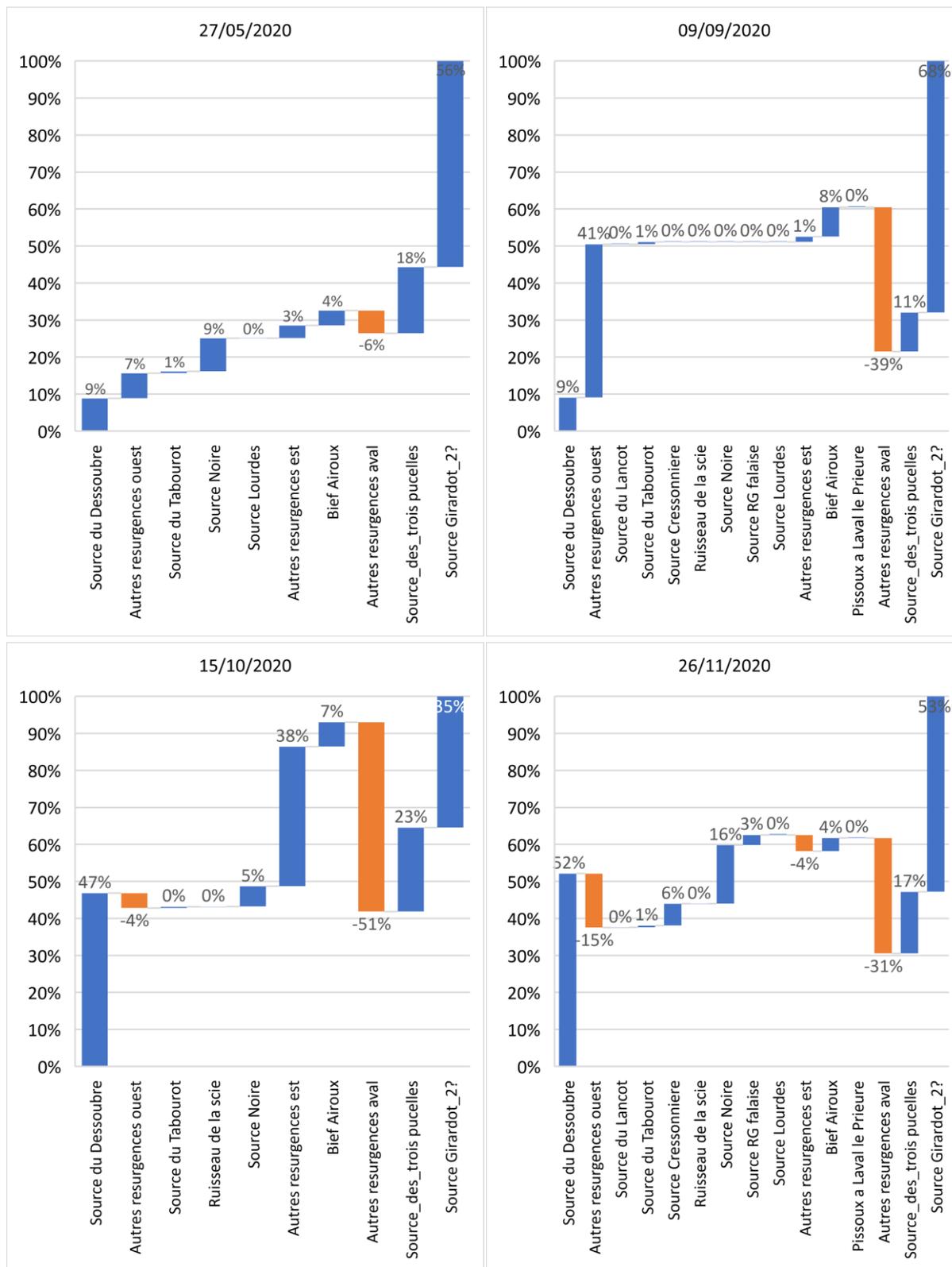
Les flux élevés en phosphore concernent essentiellement le Dessoubre, dès la source et de plus en plus le long de son linéaire, ainsi que le bras est dans sa globalité.

S'il existe une corrélation évidente et attendue entre flux et débits, elle s'avère toutefois moins absolue pour le phosphore que pour l'azote global. Autrement dit, il existe des fluctuations spatiales et/ou temporelles des teneurs en matières phosphorées suffisamment prégnantes pour être discriminantes en termes de flux. Il semblerait que cela concerne plus particulièrement la campagne de fortes eaux du 16/03/2021 : « sur-contamination » du bras ouest concomitante à une plutôt moindre contamination relative du bras est.

Comme pour les débits, l'évolution longitudinale des contributions relatives en flux de P sont variables selon les campagnes et les tronçons concernés., avec en particulier d'importants contrastes entre basses et fortes eaux, d'importantes contributions de la Source du Dessoubre et du secteur « source des 3 Pucelles et Moulin Girardot » et à l'inverse des pertes conséquentes des flux en P à l'amont de ce secteur.

Toutefois en juxtaposant les évolutions longitudinales des contributions aux débits et des flux en P (Tab. 30), on remarque des éléments de « discordances » indicatrices de particularismes fonctionnels :

- **Proportionnellement, la source du Dessoubre contribue plus fortement aux flux en P lors de la période automnale/hivernale, jusqu'à 95% des flux en période de fortes eaux de mars 2021 ;**
- **Les autres résurgences du bras ouest contribuent significativement plus particulièrement en période d'étiage ;**
- Les flux en P issus des résurgences du bras est, de la source des 3 Pucelles et des « arrivées du Moulin Girardot » suivent plus globalement les dynamiques de leurs débits respectifs ;
- **Le secteur en amont du secteur des 3 Pucelles (« Autres résurgences aval »), qui comporte des pertes de débits épisodiques, se traduit par des diminutions significatives et chroniques des flux en P (-20% à -50% lors de 5 campagnes sur 6).**



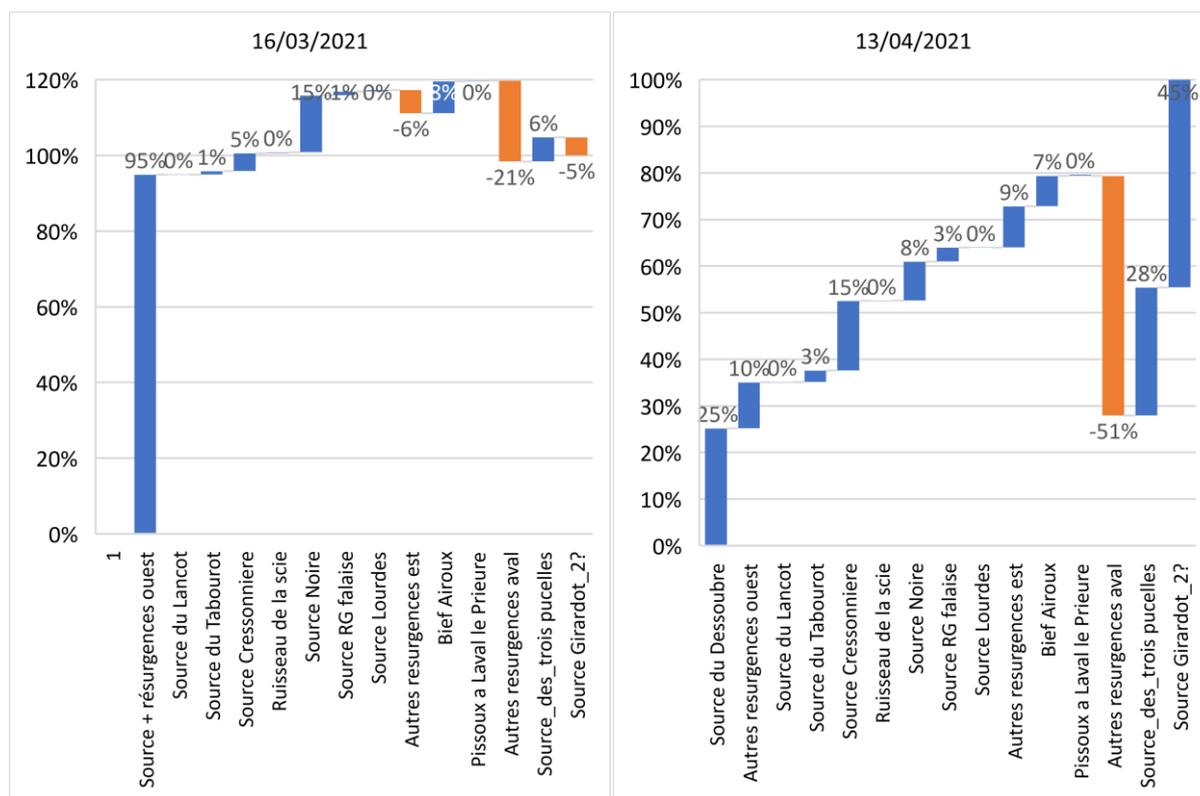
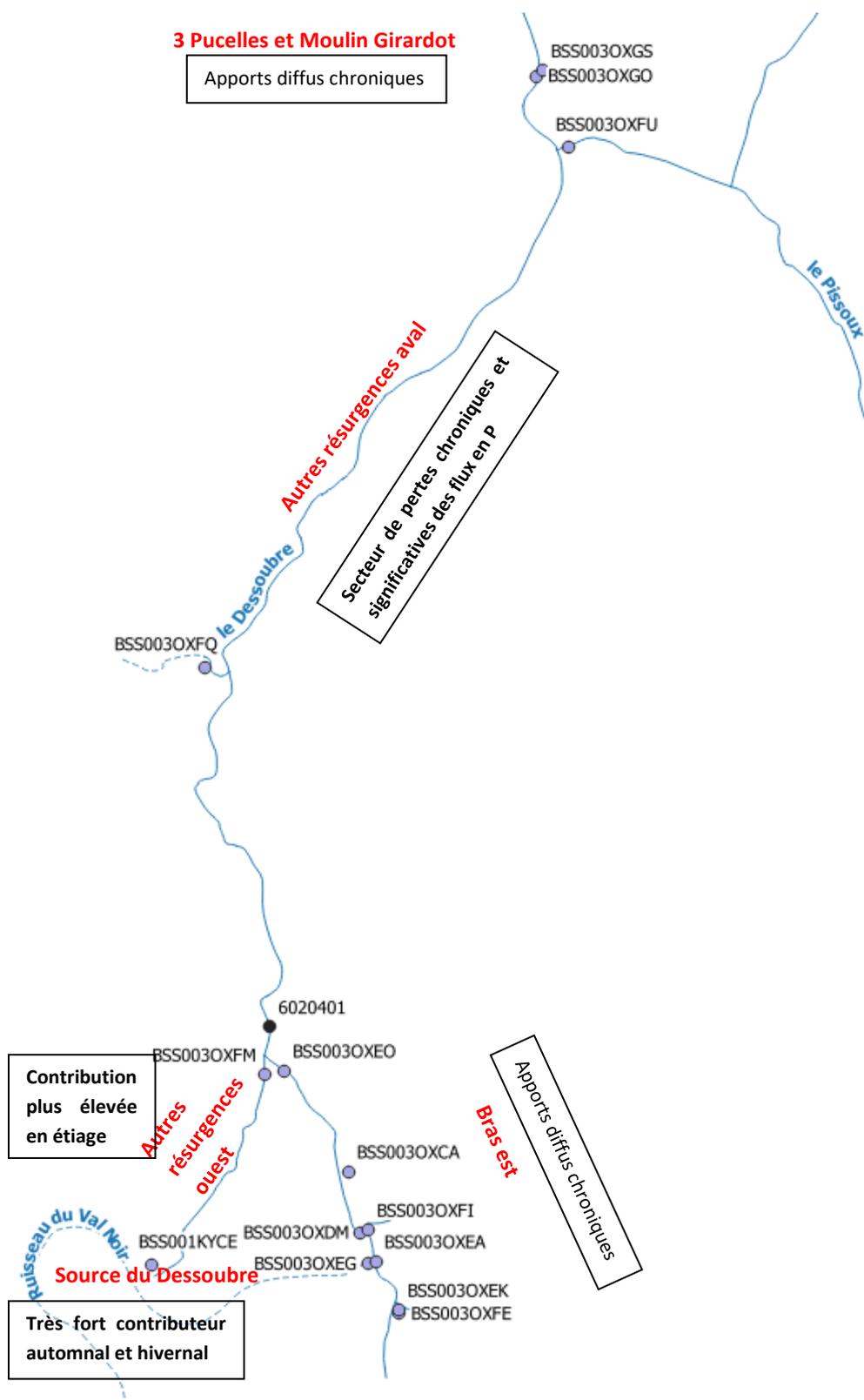


Figure 84. Evolution relative des flux en P entre 2 points successifs le long du Dessoubre (ou du bras est). Bleu : augmentation du flux. Orange : perte de flux.

Date jaugeage	27/05/2020	09/09/2020	15/10/2020	26/11/2020	16/03/2021	13/04/2021	total
Débit à l'aval des 3 Pucelles	4,3 m³/s	1,1 m³/s	5,3 m³/s	3,6 m³/s	18,7 m³/s	1,9 m³/s	
Source du Dessoubre	(+)	(+)	++	+		+	8,5+
Autre résurgences ouest		++++	++++	+++++	++++	++	
Source Noire	+ (+)			+ +	++ +		4+ 2,5+
Source de la Cressonniere			++++			+	6+
Autres résurgences est			+++			+	4,5+
Bief Airoux					(+)		0,5+
Autres résurgences aval		+ --- (-)	----	---	--	-	4- 18,5-
Source des 3 Pucelles	++ +	+ +	+(+) ++	+ +	+ +	+ ++	6,5+ 7+
Aval proche des 3 Pucelles	++++ +++++	++++++ ++++++	++++ +++	++++ +++++		+++ ++++	21+ 23+

Tableau 31. Synthèse et comparaison des principales évolutions longitudinales des débits (gris) et flux en P (noir) aux différentes campagnes. Un « + » correspond à une augmentation de 10% à l'échelle de la campagne considérée.



Carte 19. Synthèse cartographique des principales observations relatives aux flux en phosphore dans le Dessoubre apical.

La plus forte contribution automnale et hivernale des flux en P est un phénomène relativement commun et est généralement associée au lessivage accru des sols lors de ces périodes. Elle présente toutefois ici des singularités :

- Elle est spécifique à la source du Dessoubre, *versus* des apports chroniques et diffus dans les autres afférences (bras est et résurgences aval) ;
- Ce phénomène est généralement associé à d'importantes teneurs automnales et hivernales en nitrates (toujours par accroissement des lessivages des sols), ce qui n'est ici que modérément le cas.

Un peu plus en aval, les arrivées karstiques diffuses contribuent plus spécifiquement aux flux en P en période d'été, ce qui pourrait être associé à un phénomène de moindre dilution d'un rejet domestique. Toutefois, la dynamique en PO₄ et en P total demeure similaires, ce qui est très rarement le cas dans le cas de ce type de pression.

Plus en aval, entre la confluence des 2 bras et la source des 3 Pucelles, un important abattement en flux de P est observé de façon chronique. Les pertes de débits (infiltrations) ne constituent une explication pleinement satisfaisante. Ce phénomène « d'auto-épuration » intense demeure à être élucidé, les fixations par les blooms algaux n'étant pas non plus pleinement explicatifs.

L'approche par flux en phosphore permet donc de mettre en évidence des phénomènes sous-jacents jusqu'à présents non connus, mais dont les origines demeurent encore largement à être élucidées. L'approche par juxtaposition des pressions opérants sur le BV karstique dans le chapitre suivant est destinée à apporter des éléments d'interprétation supplémentaires des différentes observations qualitatives.

V. Pressions sur le BV apical

L'objectif de ce chapitre, à visée opérationnelle, est de tendre vers un rapprochement entre d'une part les informations qualitatives (et éléments de fonctionnalités), et d'autre part les pressions anthropiques potentiellement perturbatrices dans l'emprise du sur BV hydrogéologique alimentant cette partie apicale. Pour cela, l'approche retenue vise à croiser les connaissances relatives aux circulations souterraines « individualisées » (i.e. origines localisées des différents points de restitution, au-delà de l'emprise générale du sous-BV alimentant la partie apicale du Dessoubre relativement documenté) et les informations relatives aux activités anthropiques potentiellement impactantes dans ces secteurs.

Une attention particulière est portée aux points de singularités qualitatifs ou fonctionnels identifiés :

- Légère plus forte prévalence des nitrates dans la source Dessoubre, la source du Tabourot et Bief Airoux
- Problématique phosphore centrale et exacerbées en certains points : source du Dessoubre, résurgences diffuses du bras ouest, tronçon du Dessoubre en amont des 3 Pucelles (fortes pertes en P).

Complémentairement, le questionnement du transfert d'éventuelles pressions potentiellement majeures est abordé le cas échéant (i.e. vers quel point de restitution).

Les informations relatives aux traçages sont issues de la BDD bancarisées par la DREAL, complétées si nécessaire par des documentations techniques (Conseil Général du Doubs 1991 en particulier). Ci-après sont listées les éléments recueillis permettant d'établir une partie des transferts entre points d'infiltration et résurgences par partie de linéaire ou par résurgence :

- Source du Dessoubre :
 - o Orchamps-Vennes (1975) (station d'épuration)
- Résurgences diffuse du bras ouest :
 - o Fuans (2013)
- Source du Lançot :
 - o Le Barboux (2019)
- Source du Tabourot :
 - o Le Russey (1990)
 - o Le Barboux (2019)
- Ruisseau de la Scie (Val Noir) :
 - o Fuans (2013)
- Source de la Cressonnière :
 - o Le Russey (1990)
 - o Fournet-Luisans (2016) (gouffre de Leusiole)
- Source Noire :
 - o Narbief (2019)
 - o Fournet-Luisans (2016) (gouffre de Leusiole)
 - o Le Barboux (2019)
- Autres résurgences diffuse du bras est :
 - o Le Bélieu 2001
 - o Noël-Cerneux 2001
 - o Fuans (2013)

- Bief Airoux :
 - o Guyans-Vennes / Vennes (2002)

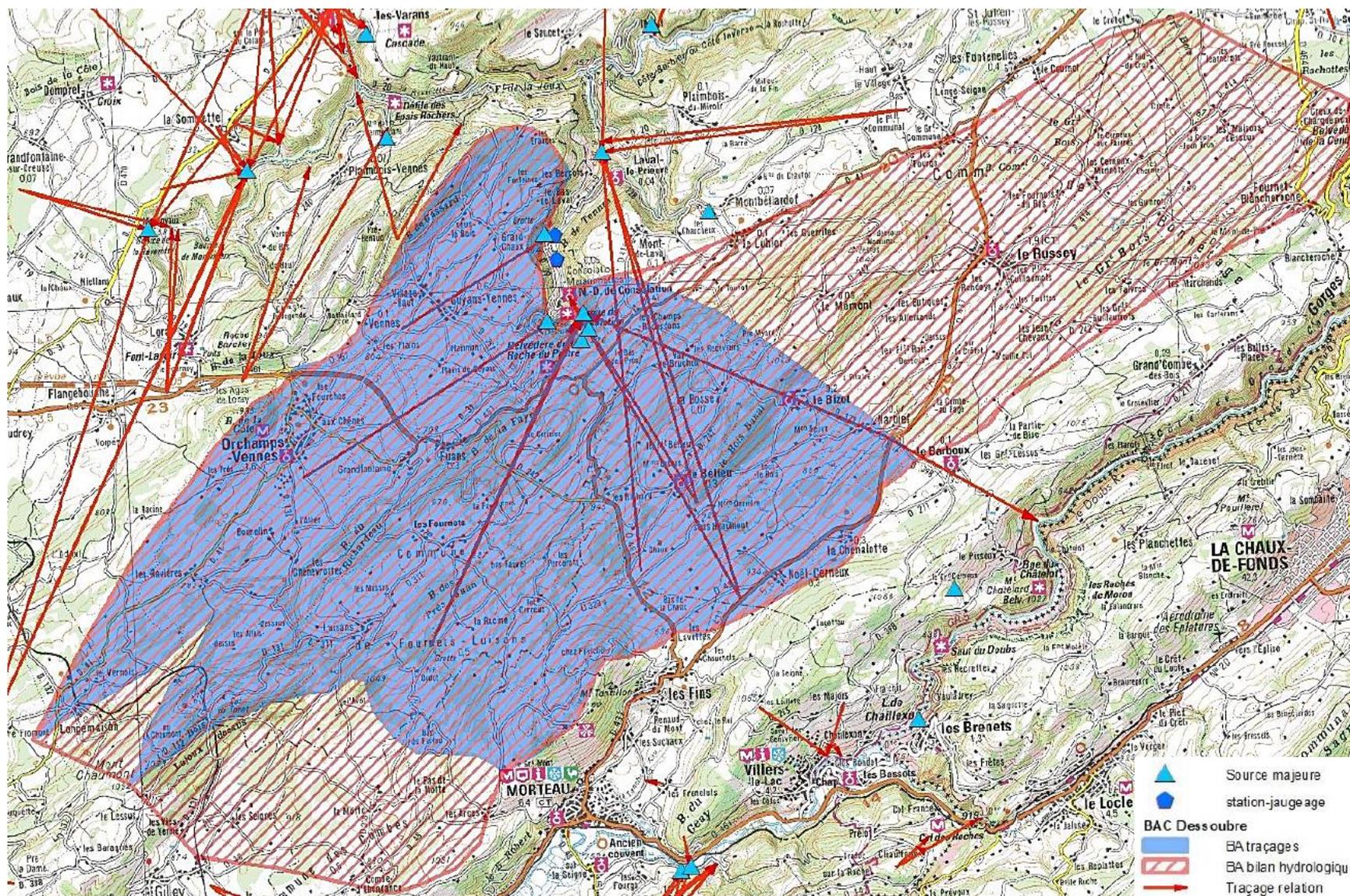
- Source des 3 Pucelles (+Grotte de Moulin Girardot) :
 - o Pertes de la Doye (Réverotte apicale, en une 10^{aine} de jours) (1991) – à confirmer –
 - o Perte Madame de Bonnétage (1979)
 - o Bélieu / Les Fins (1996)
 - o Pierrefontaine-les-Varans (1976)
 - o Le Russey (2008)
 - o Le Barboux (2019)
 - o Noël-Cerneux (2001)
 - o Le Bélieu (2001)

- Moulin Girardot :
 - o Pertes de la Doye (Réverotte apicale, en une 10^{aine} de jours) (1991)
 - o Perte Madame de Bonnétage (1979)
 - o Bélieu / Les Fins (1996)

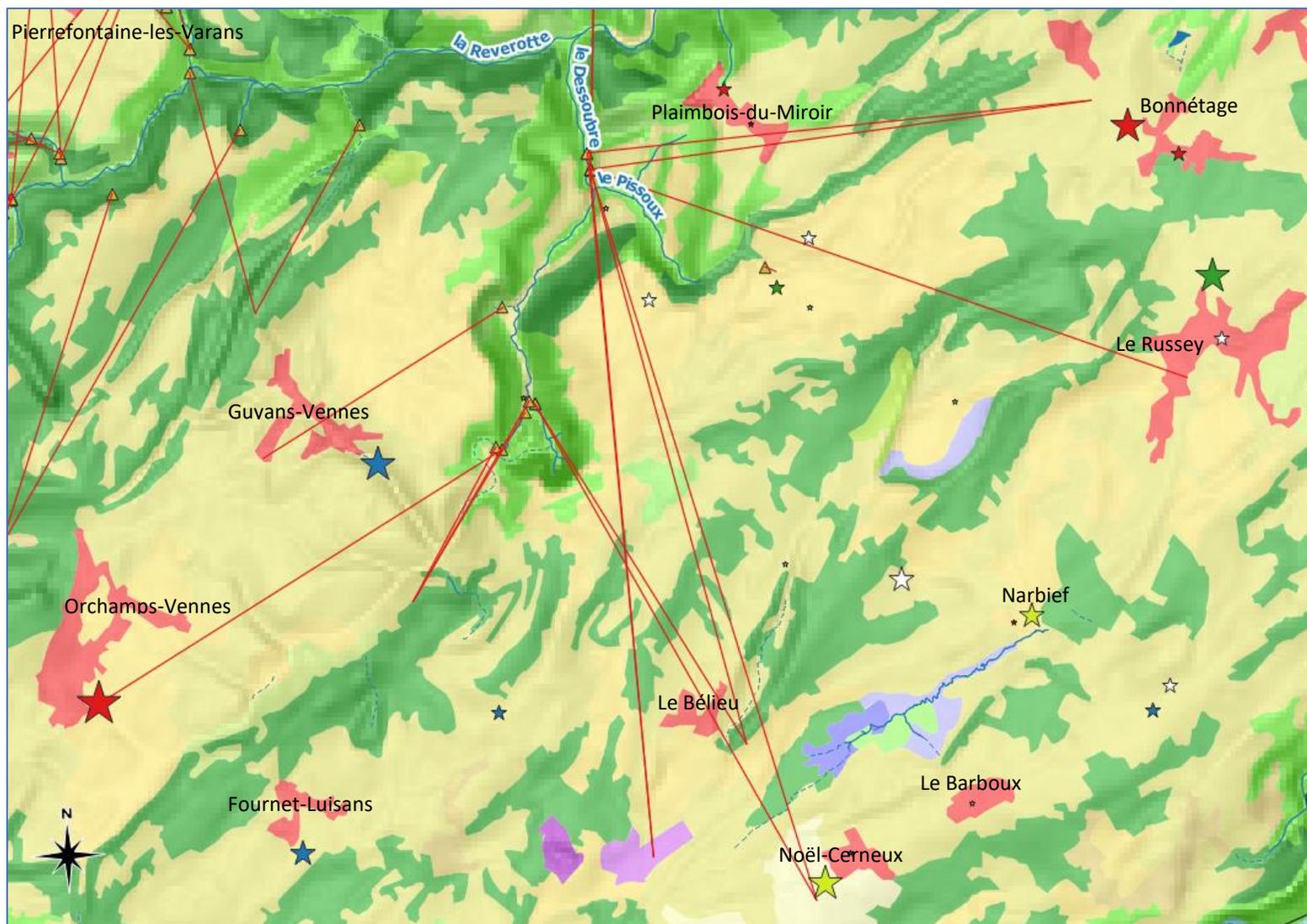
1 résurgence intègre des parties parfois éloignées du BV karstique, et 1 point d'infiltration a potentiellement plusieurs points de sorties. Par conséquent, on observe un chevauchement des systèmes d'alimentation des différentes résurgences. Néanmoins, de grandes tendances d'influence peuvent être discriminées :

- **Alimentation du bras ouest** (dont la source du Dessoubre) par le territoire occidental du sous-bassin (Guyans-Vennes, Orchamps Vennes...), se prolongeant très vraisemblablement plus au sud.
- **Alimentation du bras est** (cirque de Consolation-Maisonnettes) très étendue en direction du sud et de l'est (Le Barboux, Noël-Cerneux, Fournet-Luisans), ce qui explique un débit médian environ 2,1 fois supérieur à celui du bras ouest (hors forts étiages et fortes eaux).
- **Alimentation du secteur 3 Pucelles et Moulin Girardot** lui aussi très étendue en direction du sud et de l'est, mais avec un décalage vers le nord par rapport au bassin alimentant le bras est. Certains secteurs localisés beaucoup plus à l'ouest peuvent aussi potentiellement y contribuer (comme Pierrefontaine-les-Varans), mais aussi une capture conséquente du bassin apicale de la Réverotte.

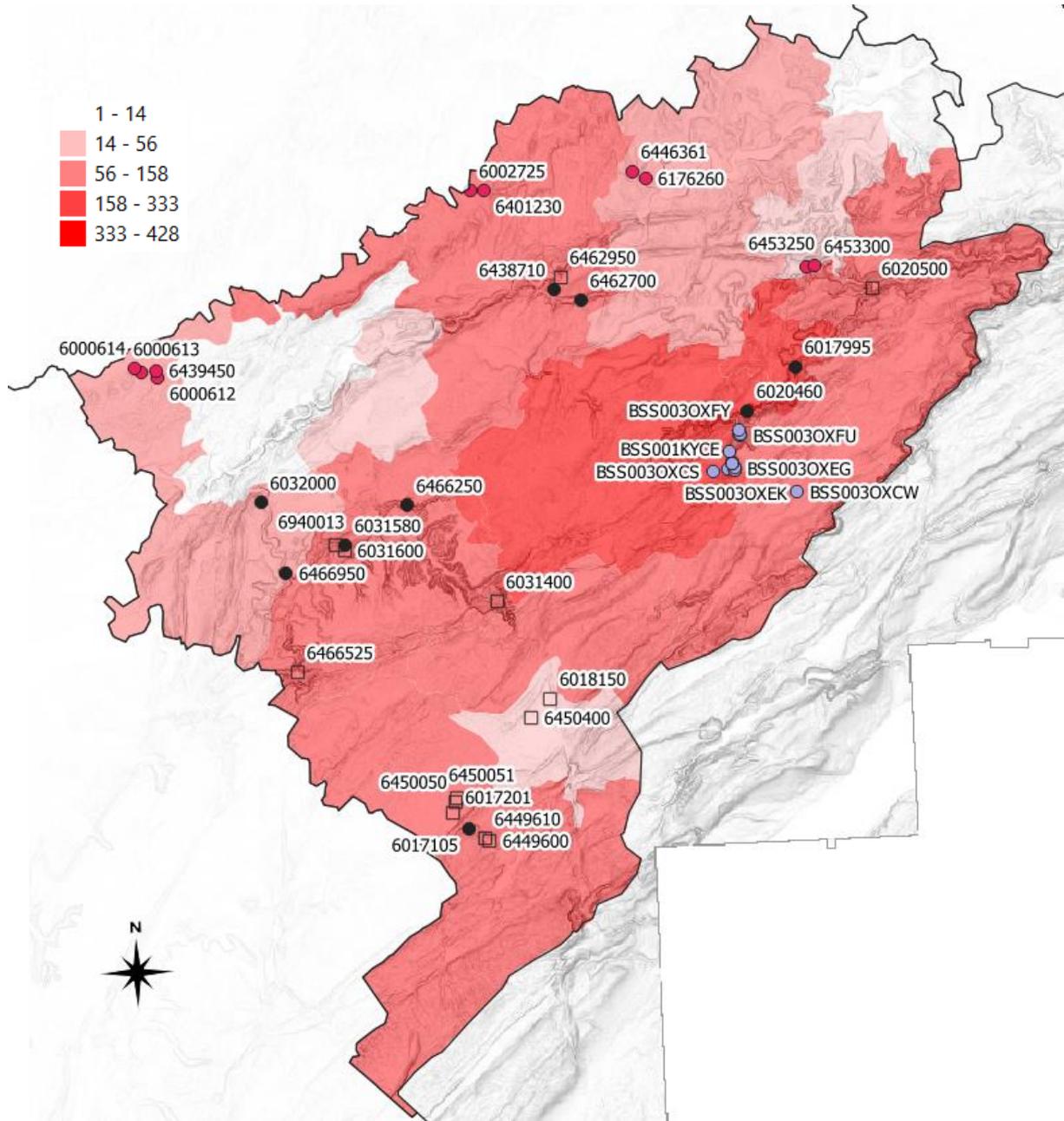
On remarque par ailleurs l'absence de traçage se restituant dans le tronçon du Dessoubre entre la confluence des bras est /ouest et la source des 3 Pucelles. Ceci corrobore les précédentes observations identifiant ce secteur comme étant conservatif voire à pertes de débits. La question du devenir de ces pertes n'est pas élucidée, mais il paraît très probable que la restitution intervienne un peu plus en aval, au niveau des sources des 3 Pucelles et de Moulin Girardot (restitution par exemple des pertes en P).



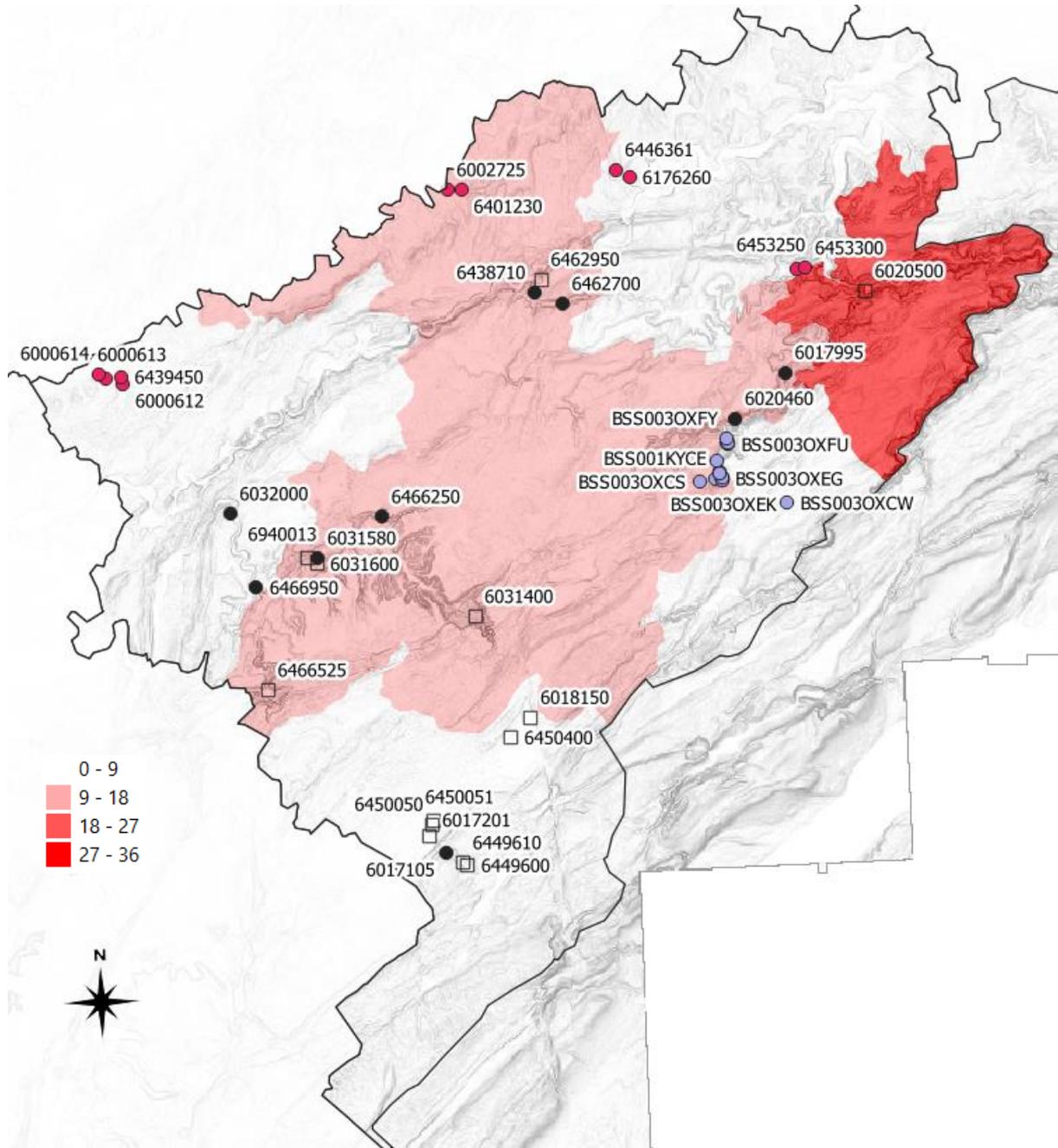
Carte 20. Délimitation estimée du sous-BV alimentant la partie apicale du Dessoubre (source : Cabinets Caille & IdéesEaux, 2017-2018).



Carte 22. Traçages (non exhaustifs) et pressions domestiques. Figurés : étoiles = stations d'épuration ; triangles : assainissement non collectif. Taille des figurés proportionnelle au nombre d'EH. Couleur indicatrice du niveau de fonctionnalité des installations (rouge : mauvais fonctionnement ; jaune : des dysfonctionnements ; vert : fonctionnement correct ; bleu : très bon fonctionnement ; blanc : sans information).



Carte 23. Nombre d'établissement agricole par canton du Doubs faisant de l'élevage de bovins. Les couleurs indiquent les degrés de densités de ces établissements à l'échelle du département (données DRAAF BFC 2020). Ronds violets : stations dans le Dessoubre apical.



Carte 24. Nombre d'établissement agricole par canton du Doubs faisant de l'élevage de porcins. Les couleurs indiquent les degrés de densités de ces établissements à l'échelle du département (données DRAAF BFC 2020). Ronds violets : stations dans le Dessoubre apical.

Les pressions anthropiques ont été évaluées à partir de la typologie d'occupation du sol (BDD CorineLandCover 2018), des données « assainissement » transmises par le Département, et la pression « élevage » recueillie auprès de la DRAAF BFC (nombre d'établissements par canton faisant de l'élevage de volailles, de porcins ou de bovins).

Concernant les pressions domestiques, des sources à la fois diffuses à l'échelle du BV du Dessoubre apical (nombreuses stations d'épuration, forte densité de coopératives laitières et plusieurs systèmes d'assainissement non collectifs), mais aussi localisées concernant quelques sources potentielles majeures de pollution sont identifiées. Ainsi on remarque en particulier les stations d'épuration d'Orchamps-Vennes, Noël-Cerneux et Bonnéage, conjuguant à la fois d'importants volumes et des dysfonctionnements plus ou moins affirmés.

Le secteur de Noël Cerneux est susceptible d'alimenter à la fois le bras est et le secteur des 3 Pucelles, Bonnéage alimentant plus particulièrement ce dernier secteur. Or, il n'a pas été mis en évidence de singularisme de la qualité hydro-écologique de ces tronçons.

En revanche, une circulation souterraine existe entre la **station d'épuration d'Orchamps-Vennes et la source du Dessoubre**. Il s'agirait donc là d'une explication potentielle de la physico-chimie particulièrement altérée de cette source, en particulier vis-à-vis des matières phosphorées.

D'autres éléments sont susceptibles d'étayer cette hypothèse :

- Les concentrations en matières phosphorées du bras ouest sont particulièrement plus élevée en période d'étiage, comme si un effet de moindre dilution de rejet intervenait (contrairement aux autres points suivis, en particulier le bras est) ;
- Ce même point d'infiltration alimente aussi le BV de la Réverotte, mais aussi le Dessoubre dans le secteur de Gigot. Or, la station DES10 (qui intègre la Réverotte et plus globalement le secteur de Gigot) présente une augmentation des teneurs en matières phosphorées lors des basses eaux encore plus marquée.

A noter que des travaux ont été engagés dès 2021 quant à l'amélioration de la station d'épuration d'Orchamps-Vennes. De futures investigations permettront ainsi d'évaluer l'efficacité potentiellement significative quant à la qualité du Dessoubre apical.

Les pressions agricoles identifiées sont essentiellement de **type « élevage », particulièrement bovins**, avec une occupation du sol nettement prédominante et homogène dans l'ensemble du BV alimentant le Dessoubre apicale. Autrement dit, il n'est pas fait état de discrimination spatiale vis-à-vis de cette typologie **de pression diffuse, au demeurant très élevée**. Ceci expliquerait ainsi le « bruit de fond » relativement diffus, significatif et chronique en nitrates et phosphore total opérant dans l'ensemble de l'hydrosystème investiguée, indépendamment des fonctionnements karstiques : de l'ordre de 7-9 mg/L en NO3 et 0,03-0,04 mg/L en Ptot.

En revanche, la plus forte volatilité (relative) entre stations des teneurs en phosphates (hors bras ouest) et d'une façon générale la plus forte pollution du bras ouest par les nitrates s'avèrent difficilement explicable de façon univoque : plus forte pression agricole dans la partie occidentale du BV ? Présence de pressions domestiques modérées altérant le bruit de fond par les phosphates dans certaines stations ?

PARTIE 3 – Approche assainissement

Cette approche vise par comparaison amont-aval à évaluer l'incidence d'installations d'épuration des eaux domestiques sur le milieu récepteur. 2 campagnes de mesures physico-chimiques ainsi qu'une campagne hydrobiologique (diatomées et macro-invertébrés) ont ainsi été investiguées dans chacune des 10 stations évaluées au sein de 5 cours d'eau.

I. Crenu

A. Localisation et contexte



Figure 85. Localisation des 2 stations encadrant le rejet de la station d'épuration d'Avilley.

L'ancienne step – qui était un filtre à Sable de 170 EH – fut remplacée par une nouvelle type filtre planté de roseau (FPR) de 200 EH mis en service en juillet 2021. Le rejet de ce dernier s'effectue dans le futur ancien bras du Crenu qui doit être reméandré.

L'objectif du suivi est donc ici de disposer d'un état initial 2020 du Crenu en amont et aval d'Avilley avant les travaux, et de renouveler l'opération quelques années après les travaux. Les données pourront également être utilisées dans le cadre du suivi de l'efficacité des travaux de restauration de la continuité et de la morphologie du Crenu dans la traversée et à l'aval d'Avilley.

A noter par ailleurs que des travaux ont été réalisés en 2020 sur le réseau rue de Rougemont et Besançon avec mise en séparatif car l'ancien réseau unitaire avait un DO qui déversait jusqu'à 80% du volume (étude 2016).

B. Physico-chimie

	25/08/2020			14/10/2020		
	CRE35 06401230 Amont rejet	Crenu à Avilley 06002725 Aval rejet	Evolution	CRE35 06401230 Amont rejet	Crenu à Avilley 06002725 Aval rejet	Evolution
Temp. de l'eau (°C)	13,4	14,6	↗	10,1	10,4	=
pH	7,97	8,12	↗	7,81	/	
Oxygène dissous (mg/l)	8,61	7,6	↘	10,71	10,19	↘
Satur. en oxygène (%)	82,3	74,8	↘	99,5	93,7	↘
DBO5 (mg/l d'O2)	0,9	0,6	↘	<0,5	0,8	↗
DCO	<5	8,2	↗	<5	6,2	↗
COD (mg/l)	1,1	1,2	=	1,7	1,9	↗
NTK (mg/l N)	<0,5	<0,5	=	<0,5	<0,5	=
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,07	↗	<0,05	<0,05	=
Nitrites (mg/l)	0,03	0,16	↗↗	<0,01	0,05	↗
Nitrates (mg/l)	17	17	=	20	33	↗
Phosphates (mg/l)	0,07	0,23	↗↗	0,17	0,21	↗
Phosphore total (mg/l)	0,029	0,101	↗↗	0,055	0,063	↗
MEST (mg/l)	4,3	11	↗	<2	6,4	↗↗
Conductivité (µS/cm)	354	402	↗	526	486	↘

Tableau 32. Comparaisons amont-aval des mesures physico-chimiques lors des 2 campagnes de mesures. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE ou à défaut SEQ-Eau. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

On constate un net accroissement transversal de la pression physico-chimique entre l'amont et l'aval du rejet : pollution organique, dystrophies azotées (hors nitrates) et phosphorées. Cette pression s'avère récurrente car observée en basses et moyennes eaux. Elle demeure néanmoins compatible avec un « bon état » au regard du référentiel DCE.

C. Biologie

	25/08/2020		
	CRE35 06401230 Amont rejet	Crenu à Avilley 06002725 Aval rejet	Evolution
IBGN-eq	10	10	=
I2M2	0,3488	0,3125	↘
GFI	6	6	=
VT	16	15	=
IBD	15,6	15,3	↘
IPS	15	14,8	↘

Tableau 33. Comparaisons amont-aval des mesures hydrobiologiques. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

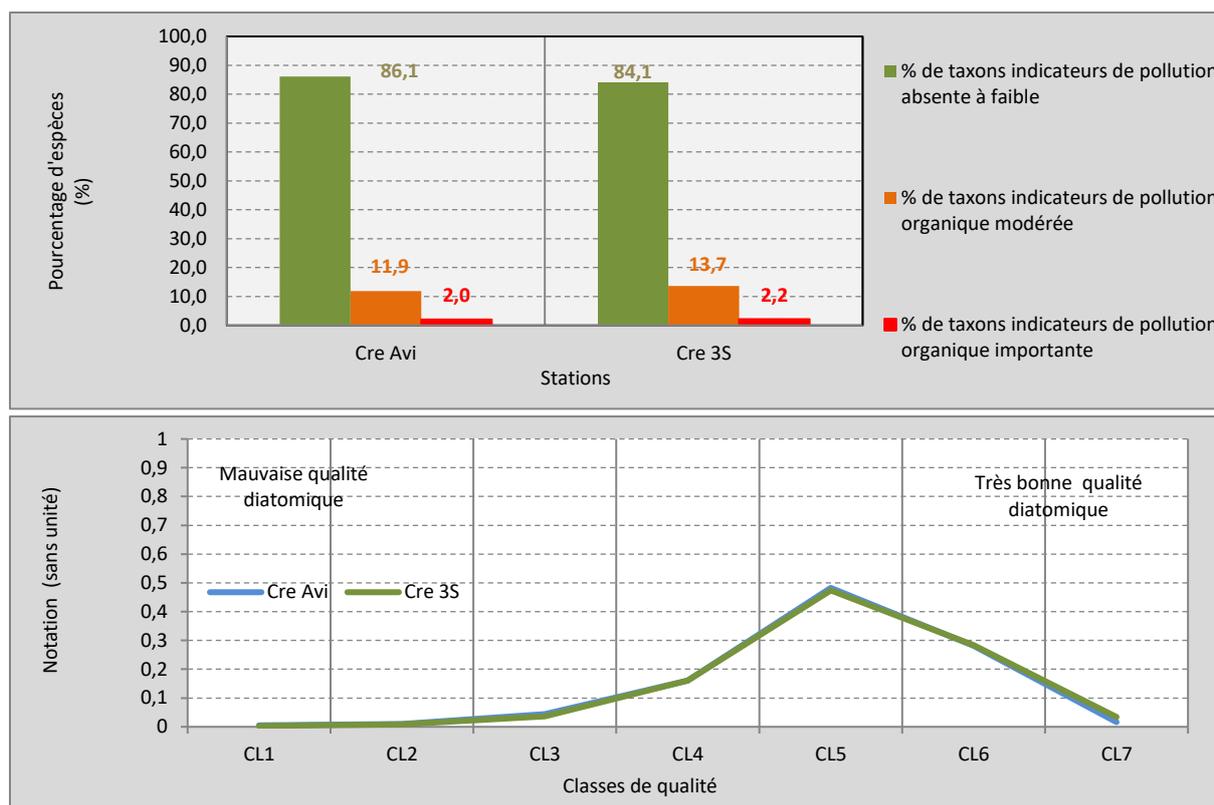


Figure 86. Indicateurs complémentaires de la qualité diatomique des 2 stations investiguées : degré de saprobie (en haut) et de sensibilité (en bas).

Les indicateurs de la qualité macrobenthiques sont proches entre les 2 stations, i.e. très altérés dès la station amont, souvent proche de la limite entre « état moyen » et « état médiocre » : faible variété taxonomique, sensibilité moyennes des taxons.

Il en est de même pour les communautés diatomiques des 2 stations, avec des états dysfonctionnels dès l’amont (classe de sensibilité dominante : 5/7), proches d’un déclassement en « état moyen ».

Les impacts hydro-biologiques du rejet demeurent donc délicat à mettre en évidence dans ce cours d’eau, compte tenu des états déjà fortement altérés dès la station amont.

D. Conclusion

On constate un net accroissement de la pression physico-chimique (dystrophies azotées et phosphorée, pression organique), en basses et moyennes eaux, malgré un déclassement modéré de la classe d’état. L’érosion de la qualité hydrobiologique, initialement nettement dégradée, s’avère quant à elle moins ostensible.

In fine, l’impact du rejet considéré sur la qualité du cours d’eau est avéré mais globalement modéré, en particulier au regard des autres pressions concomitantes et/ou plus apicales (pression agricole, hydromorphologie, autres rejets domestiques plus en amont).

II. Ru du Breuil

A. Localisation et contexte

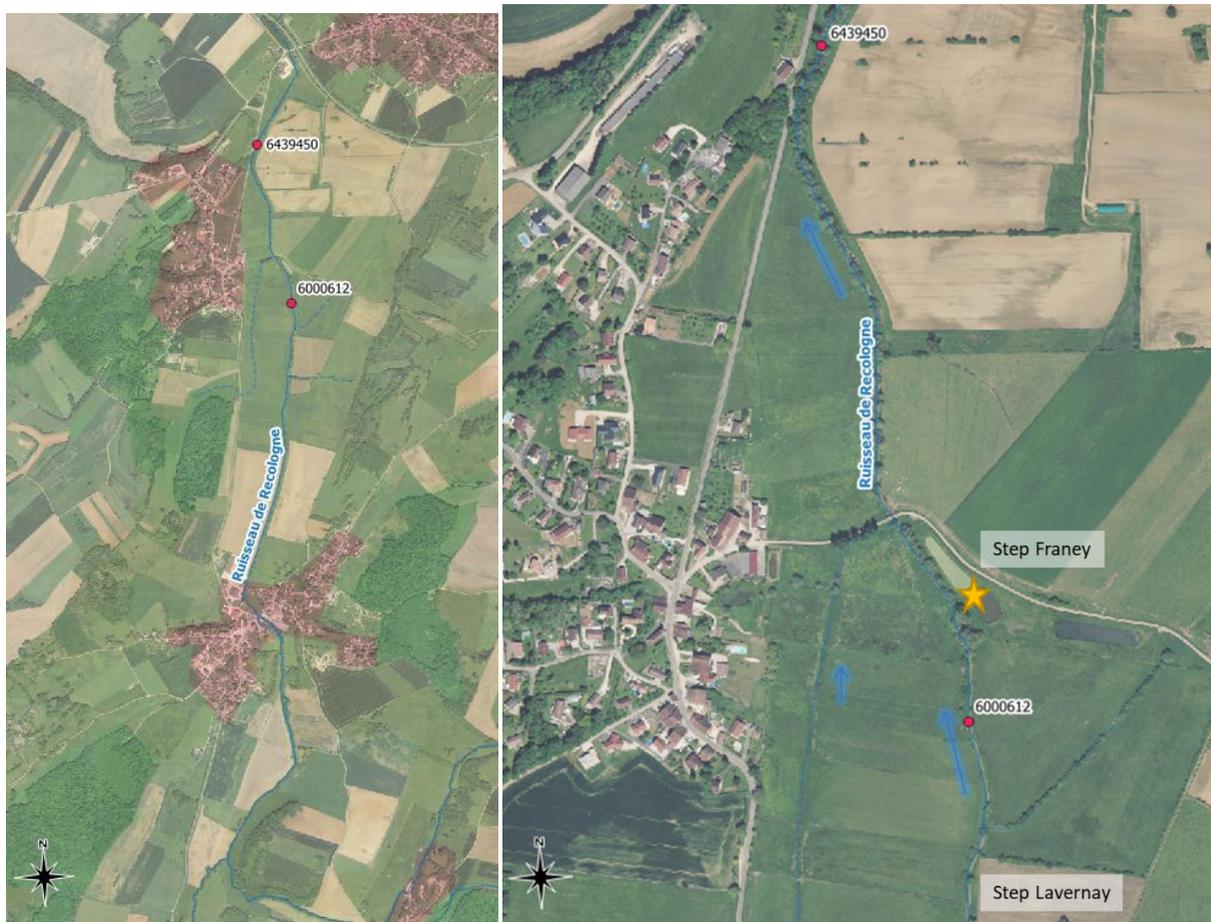


Figure 87. Localisation des 2 stations encadrant le rejet de la station d'épuration De Franey.

Ce suivi s'inscrit dans le cadre d'un dysfonctionnement régulier du poste de refoulement en amont de la step est observé, en particulier vis-à-vis du DO amont se jette en aval du pont rive gauche. A noter que depuis le suivi de 2020, des réparations effectuées en 2021 par le SIEVO (MOA désormais) ont été opérés avant remplacement dès que possible.

Le contexte amont d'avère déjà perturbée par pressions agricoles, agro-alimentaires et domestiques. Quelques travaux récents ont été réalisés mais la pression subsiste :

- Remplacement de la Step de Lavernay Type FPR système Azoé (avec filtre bactérien pour azote et chlorure ferrique pour phosphore) de la Société SCIRPE de 720 EH depuis 2019 ;
- Construction d'une nouvelle Step 100% fromagerie à Lavernay, type Boues Activées.

B. Physico-chimie

Date	25/08/2020			14/10/2020		
	06000612 Franey_amont	06439450 Franey_aval	Evolution	06000612 Franey_amont	06439450 Franey_aval	Evolution
Temp. de l'eau (°C)	18,6	16,2	↘	11,3	12	↗
pH	7,7	7,99	↗	7,98	7,79	↘
Oxygène dissous (mg/l)	4,31	4,26	=	10,36	9,23	↘
Satur. en oxygène (%)	46,4	45,5	=	98,7	88,5	↘
DBO5 (mg/l d'O2)	0,6	0,6	=	0,7	1,6	↗
DCO	12	26	↗↗	10	12	↗
COD (mg/l)	5,2	5,2	=	3,4	3,3	=
NTK (mg/l N)	0,57	0,57	=	0,63	0,71	↗
Ammonium (mg/l)	<0,05	<0,05	=	<0,05	<0,05	=
Nitrites (mg/l)	0,24	0,09	↘↘	0,14	0,15	=
Nitrates (mg/l)	14	11	↘	27	50	↗↗
Phosphates (mg/l)	0,18	0,44	↗↗	0,21	0,22	=
Phosphore total (mg/l)	0,069	0,12	↗	0,092	0,127	↗
MEST (mg/l)	5,7	84	↗↗↗	8	5,2	↘
Conductivité (µS/cm)	520	515	=	542	556	↗

Tableau 34. Comparaisons amont-aval des mesures physico-chimiques lors des 2 campagnes de mesures. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE ou à défaut SEQ-Eau. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

On constate à la fois un accroissement de la pollution organique entre l'amont et l'aval ainsi que de la dystrophie phosphorée plus particulièrement lors des basses eaux.

En revanche, la pression azotée (hors nitrates) – déjà initialement non optimale – n'évolue pas ostensiblement entre les 2 stations investiguées. On remarque une hypoxie marquée du cours d'eau lors des périodes de basses eaux (indépendamment du rejet évalué).

C. Biologie

Date	25/08/2020		
	06000612 Franey_amont	06439450 Franey_aval	Evolution
IBGN-eq	6	4	↘
I2M2	0,2258	0,229	=
GFI	2	2	=
VT	16	7	↘
IBD	13,1	11,4	↘
IPS	11,6	9,8	↘

Tableau 35. Comparaisons amont-aval des mesures hydrobiologiques. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

Malgré des états amont déjà largement dysfonctionnels, l'hydrobiologie du milieu récepteur s'avère encore davantage altéré à l'aval du rejet, qu'il s'agisse des macro-invertébrés ou des diatomées.

Si seuls des taxons ubiquistes et tolérants demeurent déjà seuls persistants dès la station, la variété taxonomique s'avère en revanche encore plus catastrophique à l'aval. Concernant les diatomées, une sensibilité légèrement moindre et surtout une plus grande tolérance à la pression organique est observée au niveau de la station aval.

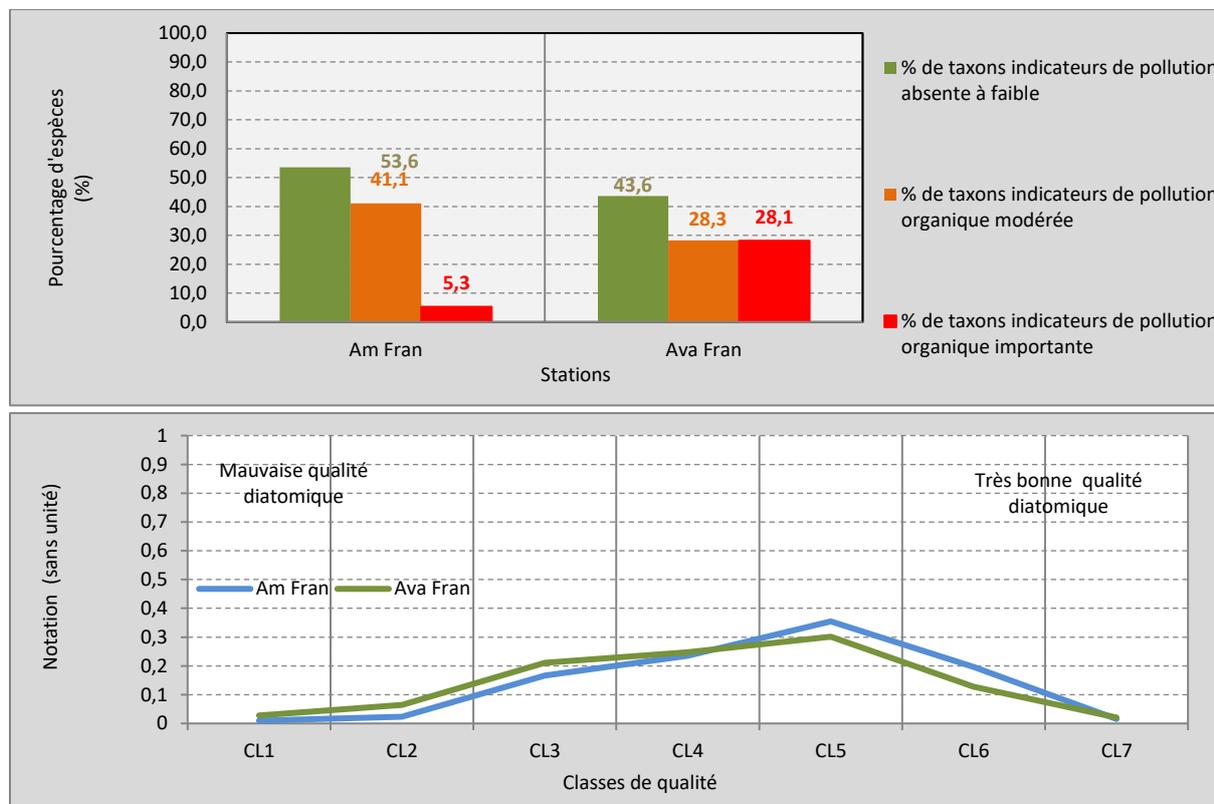


Figure 88. Indicateurs complémentaires de la qualité diatomique des 2 stations investiguées : degré de saprobie (en haut) et de sensibilité (en bas).

Ces différents indicateurs indiquent donc qu'une pression physico-chimique déjà conséquente impacte l'hydrobiologie dès l'amont du rejet évalué, elle tendrait à s'accroître encore un peu à son aval, et que l'hydromorphologie très contrainte de la station aval accentue ces dysfonctionnements. Par exemple, de nombreux abreuvoirs sauvages et berges piétinées sont constatés entre les deux stations (ce qui n'exclut pas par ailleurs de possibles autres perturbations conjointes).

D. Conclusion

L'état physico-chimique du cours d'eau est déjà altéré dès en amont du rejet, le rejet tendant néanmoins à accroître encore la dystrophie phosphorée ainsi que la pression organique. L'hydrobiologie médiocre dès l'amont tend aussi à être encore davantage impactée à l'aval du rejet, bien que les multiples atteintes hydromorphologiques puissent constituer de potentiels facteurs confondants.

In fine, l'impact du rejet de la step de Franey sur le milieu récepteur est avéré, mais l'évaluation de son ampleur est perturbée par les forts dysfonctionnements apicaux et/ou conjoints y opérant.

III. Ru du moulin de Chazoy

A. Localisation et contexte



Figure 89. Localisation des 2 stations encadrant le rejet de la station d'épuration de Franey.

La configuration du site investigué est relativement complexe :

- Source du ruisseau au niveau du lavoir puis séparation en deux bras, celui s'écoulant au nord étant plutôt un bief secondaire recevant d'abord le rejet de la step de Cordon puis les eaux de plans d'eau.
- Le cours principal, s'écoulant au sud, réceptionne le rejet de la station d'épuration de Chazoy et s'avère assez rapidement fortement rectifié.

Ce suivi vise à évaluer l'impact éventuel des 2 steps type filtre à Sable de 50 EH à Chazoy et 150 EH à Cordon. A noter que le SIEVO a déjà réhabilité en 2021 une partie des filtres à sable, donc après les présentes analyses de 2020.

B. Physico-chimie

On constate de nets accroissements des pressions physico-chimiques (pollution organique, dystrophies azotées et phosphorées) entre les 2 stations, tant lors des basses eaux que des moyennes eaux.

Comme précédemment indiqué, de multiples pressions concomitantes aux rejets domestiques sont susceptibles de contribuer à ces dysfonctionnements physico-chimiques, certaines difficile à évaluer en l'état (impact

thermique des plans d'eau ? Teneurs en MES liées à l'hydromorphologie ?), d'autres étant avérées (pression agricole diffuse : nitrates, bruit de fond élevé en matières phosphorées...).

Toutefois, les augmentations amont-aval significatives des teneurs en nitrites, matières phosphorées (voire DBO5 et CCOD) sont relativement univoques pour être imputées aux rejets domestiques.

Date	25/08/2020			14/10/2020		
	06000613 Amont_Cordiron	06000614 Aval_Chazoy	Evolution	06000613 Amont_Cordiron	06000614 Aval_Chazoy	Evolution
Temp. de l'eau (°C)	12,1	17,7	↗↗	12	12	=
pH	7,26	8,03	↗↗	6,82	7,91	↗↗
Oxygène dissous (mg/l)	9,91	6,95	↘	9,41	11,35	↗
Satur. en oxygène (%)	92,3	72,5	↘	90,1	102,1	↗
DBO5 (mg/l d'O2)	1	1,2	↗	<0,5	1,6	↗↗
DCO	<5	<5	=	<5	9,3	↗↗
COD (mg/l)	0,3	3,1	↗↗	1,4	1,7	↗
NTK (mg/l N)	<0,5	<0,5	=	<0,5	<0,5	=
Ammonium (mg/l)	<0,05	<0,05	=	<0,05	<0,05	=
Nitrites (mg/l)	<0,01	0,24	↗↗	<0,01	0,18	↗↗
Nitrates (mg/l)	27	27	=	65	60	=
Phosphates (mg/l)	0,29	0,44	↗↗	0,05	0,23	↗↗
Phosphore total (mg/l)	0,109	0,21	↗↗	0,023	0,106	↗↗
MEST (mg/l)	<2	42	↗↗↗	<2	18	↗↗
Conductivité (µS/cm)	437	503	↗	587	586	=

Tableau 36. Comparaisons amont-aval des mesures physico-chimiques lors des 2 campagnes de mesures. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE ou à défaut SEQ-Eau. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

C. Biologie

Date	25/08/2020		
	06000613 Amont_Cordiron	06000614 Aval_Chazoy	Evolution
IBGN-eq	8	6	↘
I2M2	0,1479	0,4191	↗↗↗
GFI	4	2	↘
VT	13	16	=
IBD	19,8	13,4	↘↘↘
IPS	17,5	11,7	↘↘↘

Tableau 37. Comparaisons amont-aval des mesures hydrobiologiques. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

L'impact macrobenthique demeure délicat à évaluer compte tenu des indicateurs en apparence contradictoires : moindre sensibilité de taxons en aval mais plus grande diversité, diminution de la valeur de l'IBG-DCE mais forte augmentation de l'I2M2... Il semblerait que cette ambivalence soit au moins pour partie la conséquence d'un positionnement très apical de la station amont, sans grande possibilité de recolonisation depuis un aval très dégradé. Ainsi, les quelques taxons modérément sensibles encore apicalement présents ne le sont plus au niveau de la station aval.

En revanche, les diatomées, moins sensibles à ce positionnement apical, indiquent une sensibilité de peuplements fortement réduite d'amont en aval (classe dominante passe de 7/7 à 5/7). La forte tolérance aval vis-à-vis de la matière organique s'explique pour sa part plutôt par la morphologie rectifiée et surdimensionnée de la station.

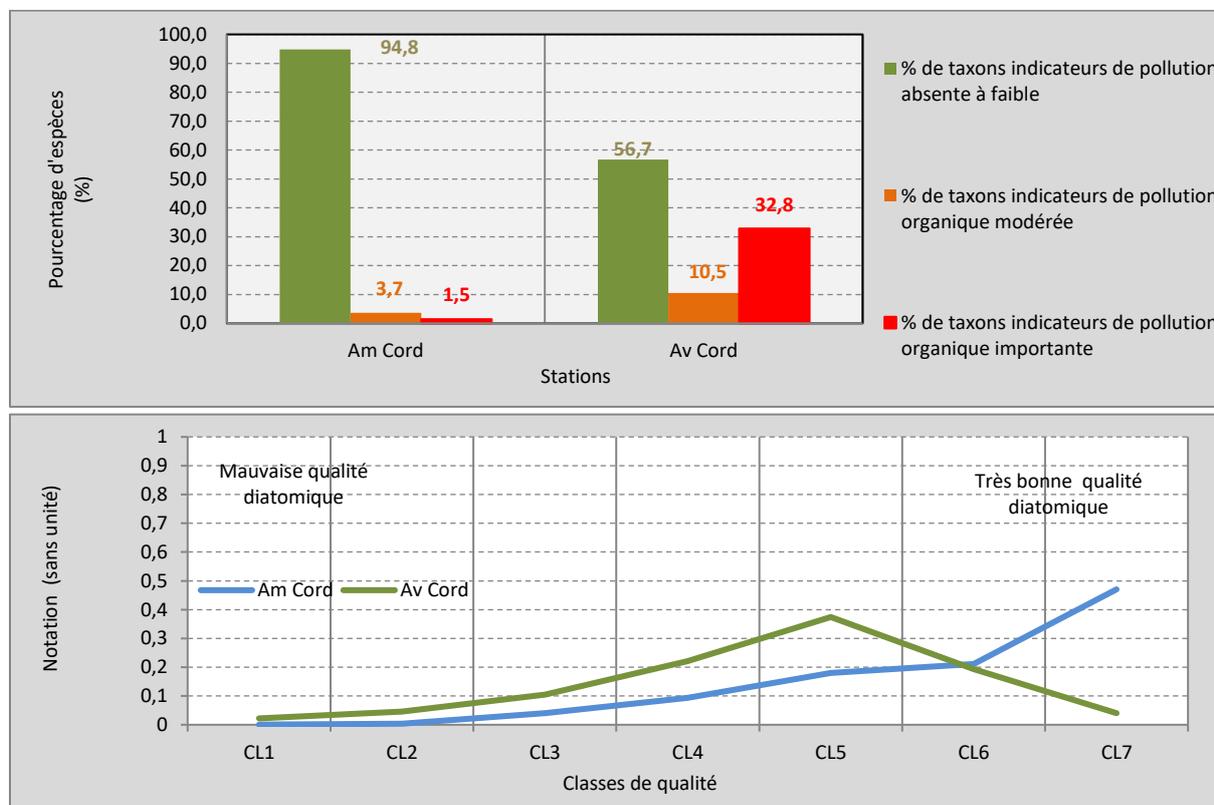


Figure 90. Indicateurs complémentaires de la qualité diatomique des 2 stations investiguées : degré de saprobie (en haut) et de sensibilité (en bas).

D. Conclusion

Dans un contexte de forte pression agricole, et la présence d'autres pressions potentiellement confondantes et/ou potentialisantes (forte rectification de l'hydromorphologie, présence de plans d'eau), il est néanmoins avéré qu'un impact domestique significatif opère dans le milieu.

IV. Ru de Soye

A. Localisation et contexte



Figure 91. Localisation des 2 stations encadrant le rejet de la station d'épuration de Soye.

La station amont est localisée dans la partie apicale du cours d'eau, à proximité de sa résurgence karstique. Plus en aval le cours d'eau conflue avec l'exutoire réceptionnant le rejet de la station d'épuration évaluée. Il s'agit du ruisseau du Château dont le reméandrage fut réalisé en automne 2021.

Enfin, entre cette confluence et la station aval est située une pisciculture, cette-dernière n'étant toutefois plus en activité lors des campagnes d'échantillonnages 2020.

Une nouvelle Step type FPR 450 EH améliorée avec système Azoé de SCIRPE fut mise en service fin octobre 2020 accompagnée de la mise en place d'une zone de rejet végétalisée. La 2nde campagne d'échantillonnage ayant eu lieu le 14 octobre 2020, il s'agit donc présentement d'un état initial avant travaux.

Plus globalement, une majorité du réseau a été refait à neuf en séparatif. Il subsiste des entrées d'eaux claires parasites dont l'origine est en cours de recherche par la CC2VV.

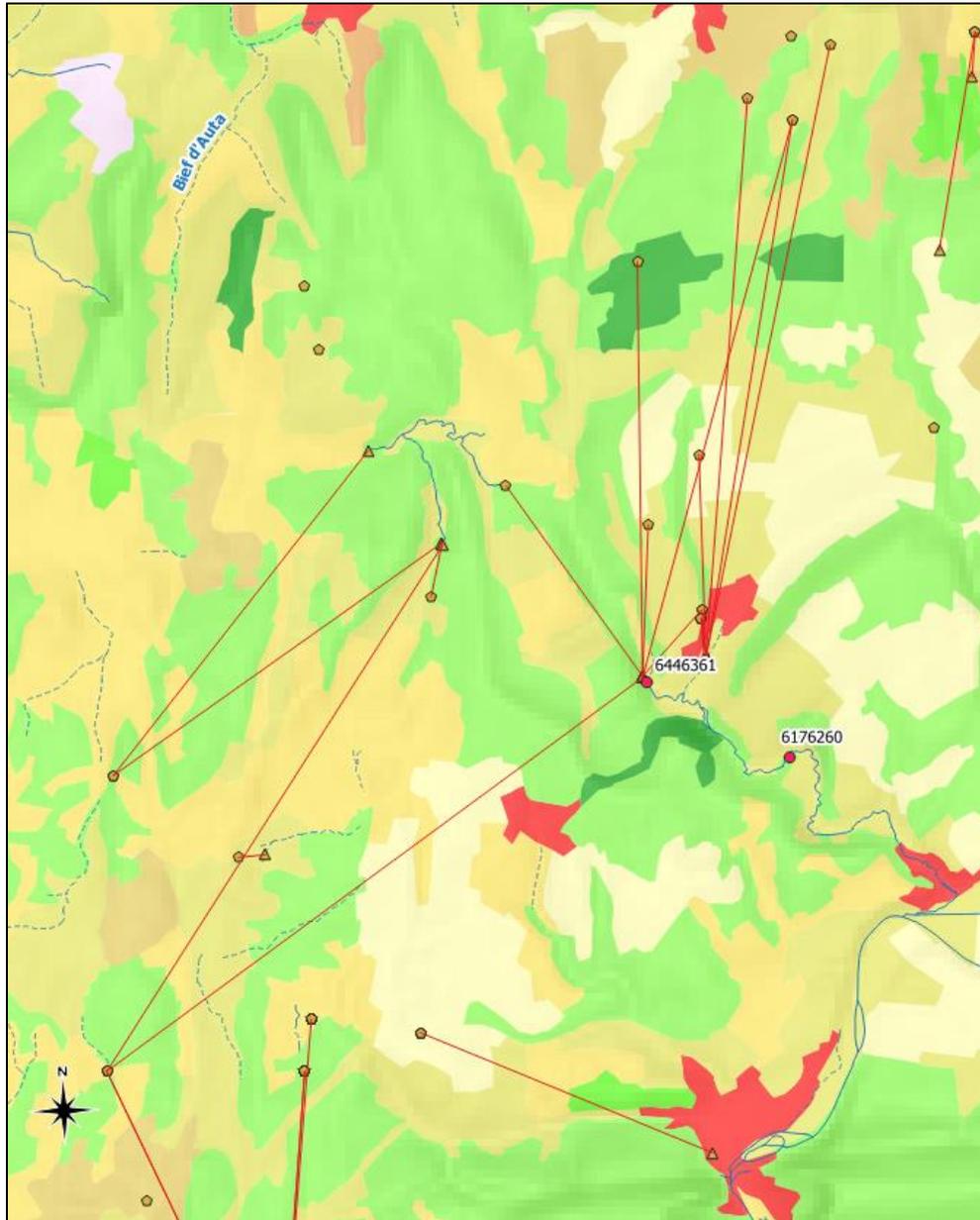


Figure 92. Traçage des circulations karstiques en direction du ruisseau de Soye, et typologie d'occupation des sols (nomenclature CorineLandCover 2018).

B. Physico-chimie

A la pression agricole s'exerçant dès la résurgence karstique (nitrates et bruit de fond en matières phosphorées), s'ajoute une dystrophie accrue en matières phosphorées et en nitrites qui est à rapprocher du rejet de la station d'épuration. Malgré ces incidences récurrentes (mais davantage ostensibles lors des basses eaux), il n'est observé de déclassement au-delà du « bon état » selon référentiel DCE.

L'hypoxie relative au niveau de la station amont en période estivale s'explique pour sa part par la proximité de la résurgence karstique.

Date	25/08/2020			14/10/2020		
	06446361 SOY30 Amont rejet	06176260 SOY10 Aval rejet	Evolution	06446361 SOY30 Amont rejet	06176260 SOY10 Aval rejet	Evolution
Temp. de l'eau (°C)	12,5	14	↗	10,9	10,4	↘
pH	7,31	7,97	↗	7,35	7,75	↗
Oxygène dissous (mg/l)	6,22	9,22	↗↗	9,51	9,67	↗
Satur. en oxygène (%)	63,6	92,8	↗↗	90,5	91,1	=
DBO5 (mg/l d'O2)	1,7	1,2	↘	1,3	0,8	↘
DCO	<5	<5	=	5,9	6,8	↗
COD (mg/l)	0,9	1,4	↗	1,9	2	=
NTK (mg/l N)	<0,5	<0,5	=	<0,5	<0,5	=
Ammonium (mg/l)	<0,05	<0,05	=	<0,05	<0,05	=
Nitrites (mg/l)	<0,01	0,24	↗↗	<0,01	0,13	↗↗
Nitrates (mg/l)	14	15	=	31	17,7	↘↘
Phosphates (mg/l)	0,09	0,22	↗↗	0,13	0,13	=
Phosphore total (mg/l)	0,036	0,077	↗↗	0,046	0,059	↗
MEST (mg/l)	12	<2	↘↘	2,1	2,7	↗
Conductivité (µS/cm)	384	376	=	481	481	=

Tableau 38. Comparaisons amont-aval des mesures physico-chimiques lors des 2 campagnes de mesures. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE ou à défaut SEQ-Eau. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

C. Biologie

Date	25/08/2020		
	06446361 SOY30 Amont rejet	06176260 SOY10 Aval rejet	Evolution
IBGN-eq	14	14	=
I2M2	0,6876	0,708	↗
GFI	8	8	=
VT	23	24	=
IBD	20	16,9	↘↘
IPS	17,4	14,9	↘↘

Tableau 39. Comparaisons amont-aval des mesures hydrobiologiques. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

Aucune évolution ostensible du peuplement macrobenthique n'est constaté entre les 2 stations échantillonnées. Si le caractère non pleinement optimal de la station apicale (absence des taxons les plus sensibles, diversité modeste) peut s'expliquer par la proximité de la résurgence, ce n'est pas le cas de la station aval (qui ne bénéficie donc pas d'un phénomène de « rattrapage »).

En revanche, une forte évolution (négative) de la qualité des communautés diatomiques est constatée entre les 2 stations : se rapprochant d'un état optimal en amont, elle s'avère nettement moins sensible en aval, bio-indiquant de fait une moindre qualité physico-chimique de l'eau et corroborant ainsi les précédentes observations.

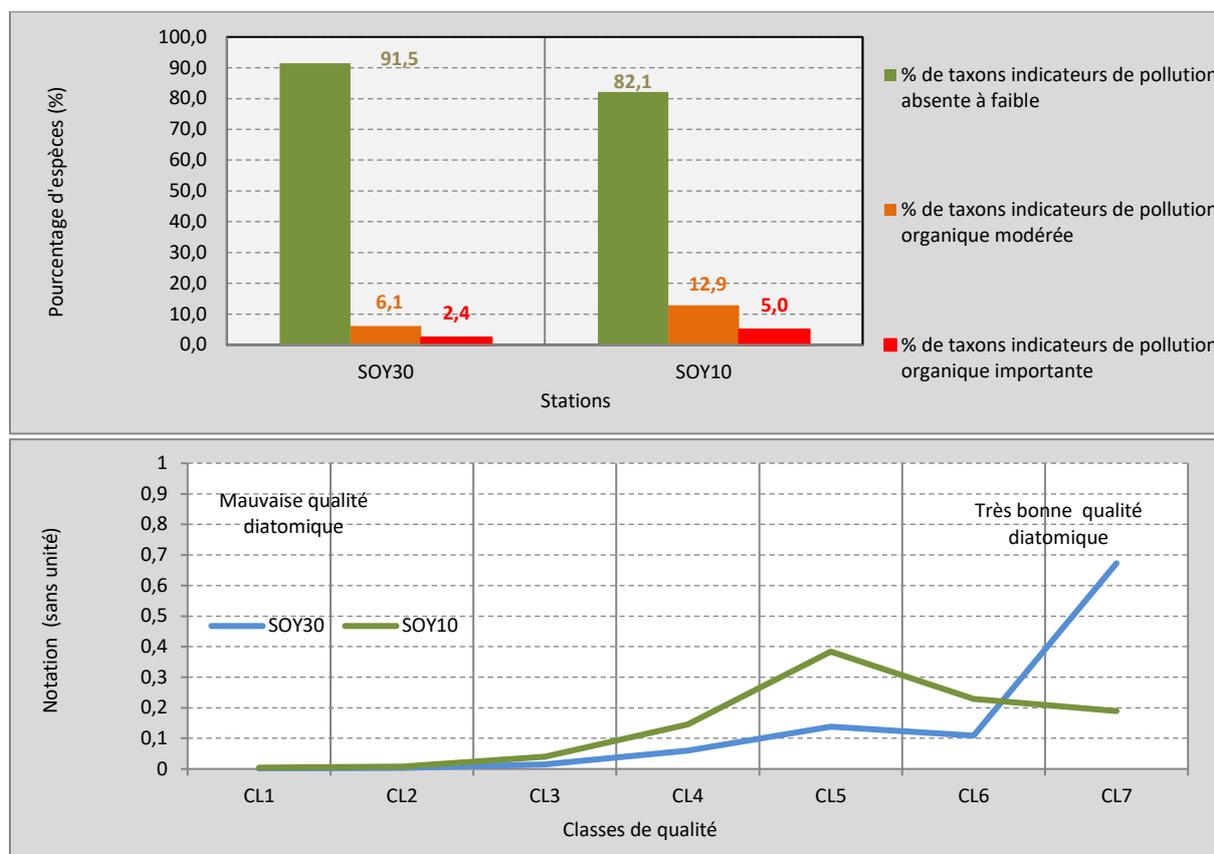


Figure 93. Indicateurs complémentaires de la qualité diatomique des 2 stations investiguées : degré de saprobie (en haut) et de sensibilité (en bas).

D. Conclusion

Dans un contexte de pression agricole opérant sur la qualité de l’eau dès la résurgence, le rejet domestique induit un accroissement de la dystrophie phosphorée préexistante, ainsi qu’une pollution chronique par les nitrites. Ceci explique l’effondrement de la qualité diatomique entre les 2 stations investiguées.

En revanche, le contexte hydromorphologique favorable de la station aval permet le maintien d’un macrobenthos à la qualité plutôt bonne (mais non optimale).

V. La Barbèche

A. Localisation et contexte

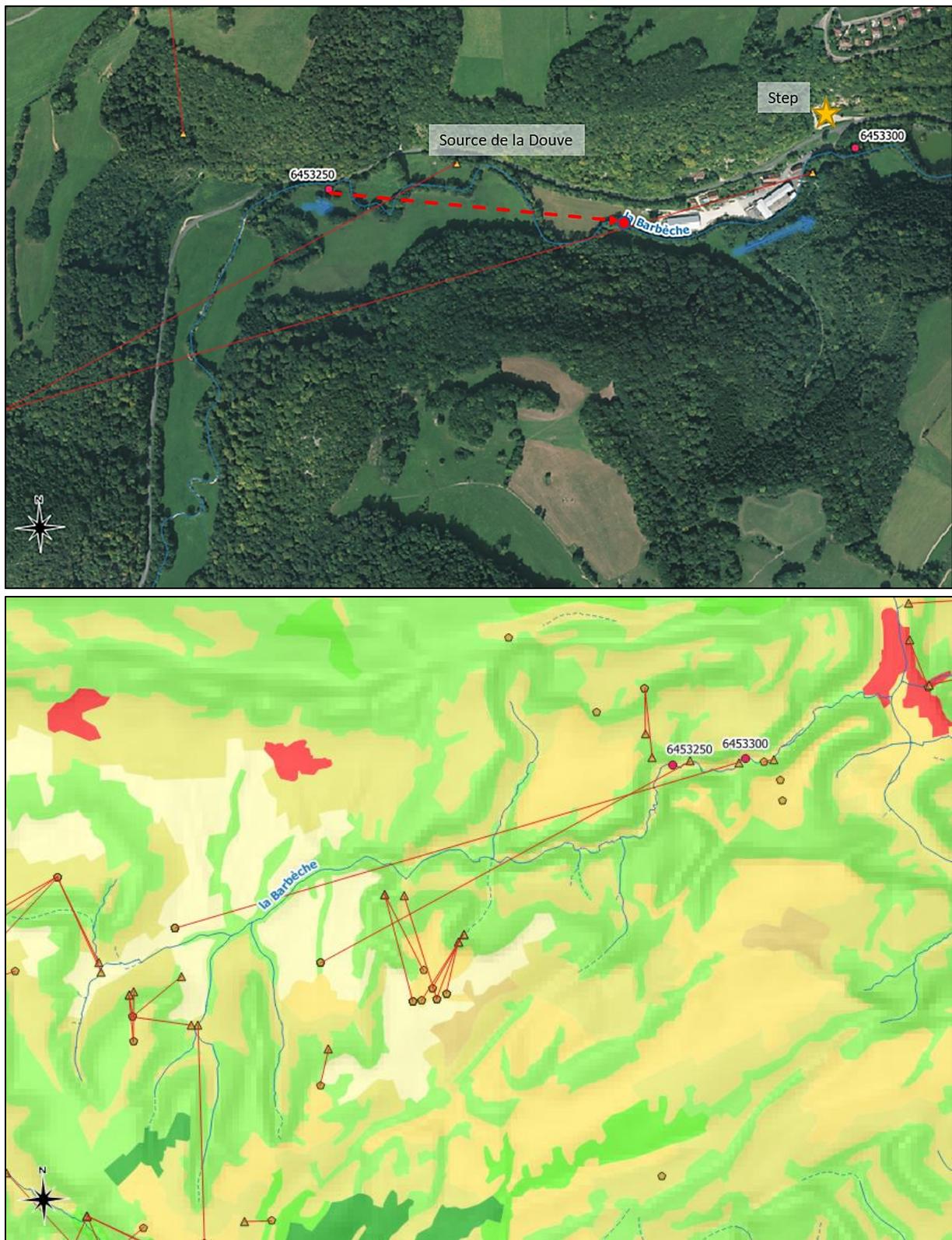


Figure 94. Localisation des 2 stations encadrant le rejet de la station d'épuration de Soye.

Le site d'étude est localisé dans la partie aval de la Barbèche. Le positionnement initial de la station amont fut décalée quelques centaines de mètres plus en aval en raison d'une sortie d'assec récurrent qui s'effectue dans ce secteur. Les tracés souterrains indiquent qu'il s'agit vraisemblablement d'infiltrations qui proviennent de la partie apicale du BV en direction de la source de la Douve ou de façon plus diffuse dans ce secteur de la Barbèche.

La station aval fut localisée très proche de la station d'épuration, son éloignement plus en aval étant contraint par la présence de plans d'eau qui perturberaient potentiellement l'évaluation de l'incidence du rejet domestique.

Le réseau d'assainissement de Feule est en 100% séparatif. Une station d'épuration, de type filtres plantés de roseaux à flux vertical en un seul étage d'une capacité de 250 EH, fut mise en service mars 2016. Le présent suivi vise à apprécier la qualité du cours d'eau suite à ces travaux. Le dossier loi sur l'eau mentionnait qu'un second étage n'est pas nécessaire compte-tenu du débit de la rivière et des objectifs de qualité. Toutefois, la place sera laissée à cette possibilité sur le site d'implantation.

B. Physico-chimie

Date	25/08/2020			14/10/2020		
	06453250 Barbèche Feule 1 Amont rejet	06453300 Barbèche Feule 2 Aval rejet	Evolution	06453250 Barbèche Feule 1 Amont rejet	06453300 Barbèche Feule 2 Aval rejet	Evolution
Temp. de l'eau (°C)	12	12,5	=	10,3	10	=
pH	7,72	7,99	↗	7,36	7,7	↗
Oxygène dissous (mg/l)	9,42	10,95	↗	9,41	10,55	↗
Satur. en oxygène (%)	87,3	103,5	↗	89,3	99,8	↗
DBO5 (mg/l d'O2)	<0,5	1,2	↗	<0,5	<0,5	=
DCO	<5	<5	=	5,8	<5	↘
COD (mg/l)	0,7	0,7	=	2	1,5	↘
NTK (mg/l N)	<0,5	<0,5	=	<0,5	<0,5	=
Ammonium (mg/l)	<0,05	<0,05	=	<0,05	<0,05	=
Nitrites (mg/l)	<0,01	<0,01	=	0,02	<0,01	↘
Nitrates (mg/l)	11	11	=	32	21	↘
Phosphates (mg/l)	0,13	0,1	=	0,12	0,17	↗
Phosphore total (mg/l)	0,031	0,033	=	0,042	0,052	↗
MEST (mg/l)	<2	5,3	↗	<2	<2	=
Conductivité (µS/cm)	378	350	=	456	455	=

Tableau 40. Comparaisons amont-aval des mesures physico-chimiques lors des 2 campagnes de mesures. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE ou à défaut SEQ-Eau. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche verte : évolution amont-aval défavorable.

Il n'est pas constaté d'évolution ostensible de la qualité physico-chimique du cours d'eau entre les 2 stations. Tout au plus, on observe des accroissements modérés en DBO5 lors des basses eaux et du phosphore en moyennes eaux.

	Flux N (mg/s)		Flux P (mg/s)	
	25/08/2020	14/10/2020	25/08/2020	14/10/2020
Débit (L/s)	24	67	51	87
BARBECHE A FEULE 1	0,060	0,485	0,001	0,003
BARBECHE A FEULE 2	0,127	0,413	0,002	0,005
Evolution amont/aval	0,067	-0,072	0,001	0,002

Tableau 41. Comparaison des flux en N global en P total lors des 2 campagnes de mesures en 2020.

Compte tenu de la différence de débit opérant entre les 2 stations, les flux en N et P ont été calculés afin de compléter le diagnostic relatif aux intrants dans ce tronçon de la Barbèche.

Les flux en P n'évolue de façon significative entre les 2 stations (différence de 1 à 2 µg de P/s). Le flux en N est davantage volatil : l'augmentation observée lors des basses eaux est exclusivement imputée aux teneurs en nitrates et donc non liée à la pression domestique. Lors des moyennes eaux, on constate une diminution du flux, suggérant ainsi un phénomène de dilution par des arrivées diffuses globalement moins chargées en azote.

Ces résultats vont donc plutôt dans le sens de la non mise en évidence d'une incidence du rejet sur la qualité physico-chimique de la Barbèche.

C. Biologie

Date	25/08/2020		Evolution
	06453250 Barbèche à Feule 1 Amont rejet	06453300 Barbèche à Feule 2 Aval rejet	
IBGN-eq	13	12	↘
I2M2	0,6418	0,586	↘
GFI	7	7	=
VT	24	18	↘↘
IBD	17,6	19,7	↗↗
IPS	15,8	16,5	↗

Tableau 42. Comparaisons amont-aval des mesures hydrobiologiques. Couleur des cases : classe d'état selon le référentiel DCE. Flèche verte : évolution amont-aval favorable. Flèche rouge : évolution amont-aval défavorable.

La qualité macrobenthique s'avère plutôt moindre au niveau de la station aval, mais plutôt du fait d'une moindre diversité (encroustement de la station), la sensibilité des taxons étant équivalente entre les 2 stations.

En revanche, on relève une nette amélioration de la qualité diatomique entre amont et aval, ce qui d'une part ne met pas en évidence un impact du rejet domestique, mais d'autre part met plutôt en exergue une relative préservation de la qualité physico-chimique des eaux ré-alimentant le lit mineur entre les 2 stations. Ce constat est toutefois à nuancer en considérant les profils de sensibilité des 2 communautés pas si extrêmement éloignés l'un de l'autre.

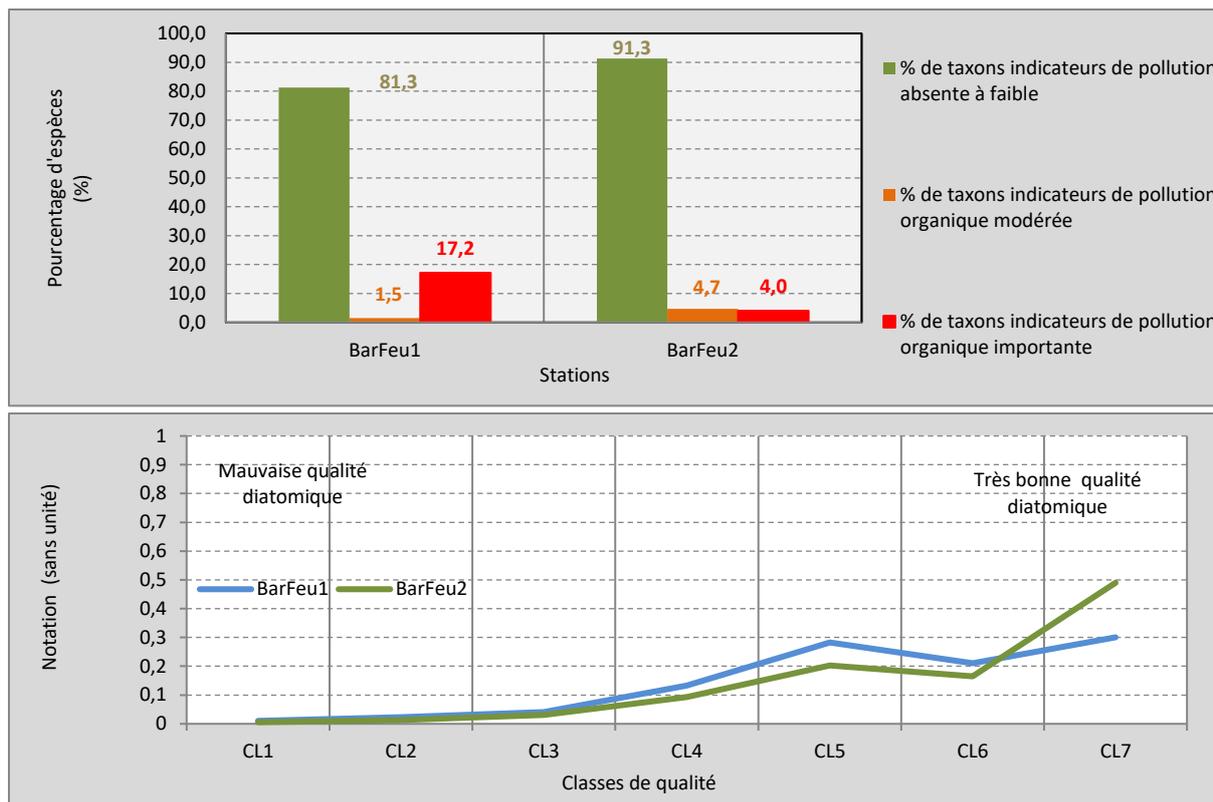


Figure 95. Indicateurs complémentaires de la qualité diatomique des 2 stations investiguées : degré de saprobie (en haut) et de sensibilité (en bas).

D. Conclusion

Le secteur investigué est sous une forte influence des circulations karstiques avec une reprise de la circulation superficielle peu avant la station amont (qui a été décalée pour cette raison).

L'impact physico-chimique du rejet est peu/pas affirmé, de même que son incidence sur le macrobenthos (davantage conditionné par les différences d'habitats entre les 2 stations). L'évolution amont/aval de la microflore diatomique tendrait même à indiquer plutôt une amélioration.

In fine, les travaux engagés pour améliorer l'assainissement semblent avoir portés leurs fruits, avec l'absence d'incidence ostensible mise en évidence sur la qualité hydro-écologique de la Barbèche.

Annexes

Principes d'échantillonnages et d'exploitation des données macrobenthiques et diatomiques

Echantillonnage et traitement des macro-invertébrés

NF T90-333: Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes, septembre 2016.

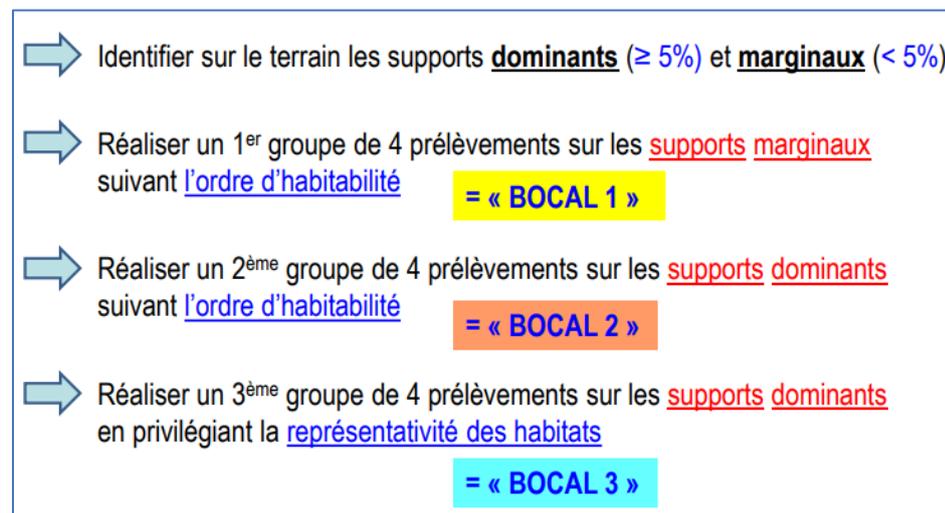
XP T90-388: Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau, juin 2010.

Pour obtenir un échantillon représentatif de la mosaïque des habitats dominants d'un site donné, et échantillonner les habitats marginaux qui permettront en outre de calculer une note équivalent-IBGN et I2M2, le protocole préconise d'échantillonner 12 prélèvements en combinant :

- un échantillonnage des habitats dominants basé sur 8 prélèvements unitaires ;
- un échantillonnage des habitats marginaux, basé sur 4 prélèvements, qui permettra de garantir une conformité suffisante avec le protocole IBGN.

Les 12 prélèvements sont réalisés en 3 groupes de 4 relevés (ou 3 « bocaux ») qui pourront être regroupés sur le terrain en respectant certaines règles. En pratique, cela signifie :

- identifier sur le terrain les supports dominants (superficie > 5 %) et marginaux (< ou égal à 5 %) ;
- réaliser un premier groupe de 4 prélèvements sur les supports marginaux, suivant l'ordre d'habitabilité (bocal 1) ;
- réaliser un deuxième groupe de 4 prélèvements sur les supports dominants, suivant l'ordre d'habitabilité (bocal 2) ;
- réaliser un troisième groupe de 4 prélèvements sur les supports dominants, en privilégiant la représentativité des habitats (bocal 3).



DÉFINITION DU SUBSTRAT	HABITABILITÉ	PROTOCOLE PRÉLÈVEMENT
Bryophytes	11	Végétal seul (sur bloc) ou avec élément support (sur cailloux)
Spermaphytes immergés (hydrophytes)	10	Inclut la couche superficielle du sédiment
Débris organiques grossiers (litières)	9	Inclut la couche superficielle du sédiment
Chevelus racinaires, supports ligneux	8	Végétal seul
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) (25 à 250 mm)	7	Inclut les différentes classes granulométriques de sédiments
Blocs (> 250 mm) inclus dans une matrice d'éléments minéraux de grande taille (25 à 250 mm)	6	Inclut les sédiments et la faune associés au bloc (abris sous bloc)
Granulats grossiers (graviers) (2 à 25 mm)	5	Inclut les différentes classes granulométriques de sédiments
Spermaphytes émergents de strate basse (hélophytes)	4	Inclut la couche superficielle du sédiment
Vases : sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins	3	Couche superficielle du sédiment (< 3 cm)
Sables et limons (< 2 mm)	2	Couche superficielle du sédiment (< 3 cm)
Algues	1	Inclut les éléments minéraux du support
Surfaces uniformes dures naturelles et artificielles (roches, dalles, marnes et argiles compactes)	0	Raclage de surface

Les résultats sont exprimés sous la forme de 3 listes faunistiques par échantillon, soit une liste pour chaque bocal. Ces listes permettront par différentes combinaisons de recalculer

- une liste « équivalente IBGN » (B1 + B2) ;
- une liste « habitats dominants » (B2 + B3) ;
- une liste « habitats marginaux » (B1) ;
- une liste « faune globale » (B1 + B2 + B3).

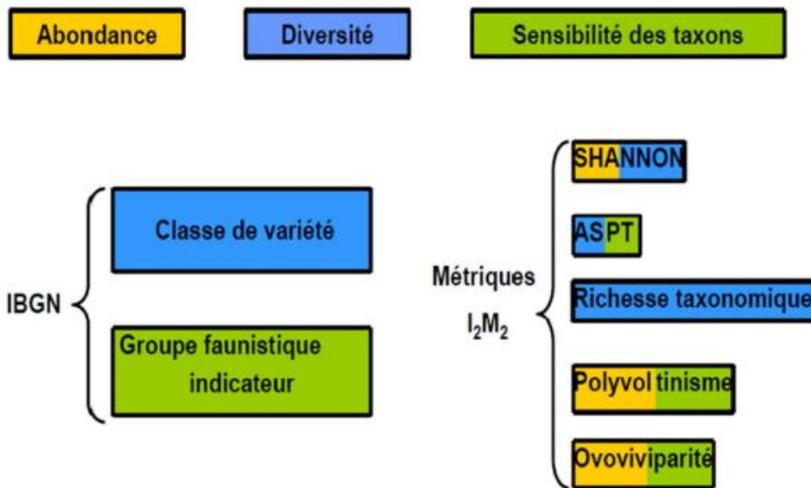
Exploitation des données macro-invertébrés

Cet unique protocole d'échantillonnage permet l'exploitation des données selon deux philosophies distinctes :

- « l'équivalent-IBGN », qui dérive directement de l'IBGN, dont la note /20 est calculé à partir de la combinaison d'un rang de groupe indicateur (sensibilité des taxons) et d'une variété taxonomique (identification au niveau de la famille), sur la base de 8 prélèvements.
- « l'I2M2 », qui considère l'intégralité des 12 prélèvements/3 phases avec une détermination pouvant atteindre le niveau générique. Le calcul de l'indice se fait à l'aide d'un algorithme qui prend en compte plusieurs dizaines, voire centaines, de sous-métriques. Parmi-ces dernières, 5 ont un poids prépondérant dans la note I2M2 final : elles sont appelées les 5 métriques élémentaires et peuvent être utilisées pour faciliter l'interprétation de la note finale.
- « l'outil diagnostique », indépendant de l'I2M2, qui est un outil d'aide à l'interprétation en établissant des probabilités de présence différents types de pressions physico-chimiques et hydromorphologiques. Il est généralement présenté sous forme de diagrammes en étoile.

Métriques utilisées, IBG vs I2M2

Paramètres exigés par la DCE pour l'élément biologique « macro-invertébrés »



1- l'indice de **diversité de Shannon-Weaver** (Shannon, 1948) = abondance et diversité : B1 + B2 (habitats les plus biogènes) : **hétérogénéité et la stabilité de l'habitat**, compte tenu de la structure taxonomique de l'assemblage autochtone des macro-invertébrés. Cet indice prend en compte à la fois la **richesse taxonomique** et la **distribution des abondances relatives**

2- la valeur de l'**ASPT** (Average Score Per Taxon ; Armitage *et al.* 1983) = sensibilité et diversité : B2+ B3 (habitats dominants) mesure, sur une échelle [0-10] dans sa version initiale, le **niveau de polluo-sensibilité moyen de l'assemblage des macro-invertébrés**

3- la **fréquence relative des espèces polyvoltines** = taxons ayant capacité à produire plus d'une génération par an = abondance et sensibilité : B1 + B2+ B3 La présence d'une forte proportion de **taxons à cycle court** (donc susceptibles de produire un nombre élevé de générations au cours d'une année = taxons polyvoltins) dans un assemblage faunistique est **indicateur de l'instabilité de l'habitat**, souvent associée à des pressions anthropiques fortes et/ou fréquentes.

4- la **fréquence relative des espèces ovovivipares** = soins parentaux jusqu'au moment de l'éclosion (soins parentaux) = abondance et sensibilité : B1 + B2 + B3 L'ovoviviparité est une stratégie de reproduction qui permet de **maximiser la survie au stade embryonnaire**, en isolant les oeufs des contraintes environnementales du milieu extérieur

5- la **richesse taxonomique** (Gabriels *et al.* 2010) = diversité = B1+ B2+ B3 **nombre de taxons identifiés** au niveau systématique préconisé par la norme AFNOR XP T90-388, révèle l'**hétérogénéité de l'habitat**

Focus I2M2

- intègre l'écart à la situation de référence,
- prend en compte les caractéristiques des communautés de macro invertébrés benthiques en terme de caractéristiques taxonomiques et de traits biologiques (détermination des individus au genre et non plus à la famille),
- prend en compte les abondances,
- calculé à partir d'un protocole de prélèvement représentatif de la mosaïque d'habitats présents dans le cours d'eau.

> **Indicateur beaucoup plus sensible à la dégradation de la qualité de l'eau et aux altérations morphologiques.**

Focus 'Outil diagnostic' de l'I2M2

- Lié à l'I2M2
- Donne des probabilités de pressions :
 - **Morphologique**
 - RIPISYLVE : dégradation de la ripisylve.
 - VOIES_COMMUNICATION : de voies de communication.
 - URBANISATION_100M : l'urbanisation dans une zone de 100m
 - RISQUE_COLMATAGE : colmatage des substrats.
 - INSTABILITE_HYDROLOGIQUE :
 - ANTHROPISATION_BV : liée à l'anthropisation globale du BV
 - **Physicochimique**
 - MATIERES_ORGANIQUES : oxygène dissous, taux de saturation en oxygène, (DBO5), (DCO), carbone organique dissous, ammonium et azote Kjeldahl.
 - MATIERES_PHOSPHOREES : orthophosphates et phosphore total.
 - MATIERES_AZOTEES : matières azotées (hors nitrates).
 - NITRATES
 - HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques.
 - PESTICIDES



Echantillonnage et exploitation des données diatomiques

Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) (NF T90-354 Décembre 2007)

Qualité de l'eau - Échantillonnage, traitement et analyse de diatomées benthiques en cours d'eau et canaux (NF T90-354 Avril 2016)

Spectre biologique large, espèces avec des cycles de vie court
Réactivité : Echelle spatio-temporelle étroite (station)
Pressions principales : modification de la qualité de l'eau

- **Inconvénients**
 - Difficultés de détermination
 - Peu sensibles aux modifications d'habitat
- **Avantages**
 - Présence dans tous les systèmes aquatiques
 - Facilité d'échantillonnage
 - Forte réactivité aux perturbations ponctuelles (cycle de vie court)

Habitat /supports prélevables

- Préférentiellement pierres
- Mais aussi supports artificiels !



Echantillonnage :

- Le prélèvement s'effectue sur des substrats stables, durs et inertes en priorité (rochers, pierres, blocs, galets) de taille suffisante pour ne pas être déplacés par le courant et dont il est sûr qu'ils ont été immergés les mois précédents. Les substrats retenus se situent généralement à environ 15 à 20 cm de profondeur. A défaut, on cherchera des substrats durs artificiels comme piles de pont, berges bétonnées...En cas d'absence de substrats durs, les diatomées peuvent être récoltées sur des végétaux immergés par expression de ceux-ci. Les prélèvements sur des substrats meubles comme la vase ou le bois sont strictement proscrits (flore diatomique saprophyte) ; dans le cadre de cette étude, les prélèvements ont toujours été réalisés sur des substrats durs naturels (galets, blocs, rochers) ;
- Une surface de 100 cm² est prospectée et est répartie sur 5 substrats différents (20 cm² par substrat). Dans les cours d'eau pauvres en nutriments où les diatomées ne sont pas abondantes, on augmentera la taille de la surface prospectée ; elle peut aller jusqu'à 1000 cm² d'après la norme. Les substrats sont rincés dans le courant pour éliminer les particules minérales et/ou valves mortes éventuellement déposées ;
- Les diatomées sont récoltées par grattage de la surface supérieure des substrats à l'aide de brosses à dents. La brosse est idéale pour récupérer les diatomées fixées dans les interstices des supports, en particulier si ces derniers ne sont pas lisses. Afin d'éviter toute interférence entre deux échantillons, les brosses sont systématiquement remplacées à chaque relevé ;
- L'échantillonnage s'effectue au centre du lit du cours d'eau grâce au port de cuissardes. Les prélèvements sont toujours effectués en faciès lotique ou semi-lotique (préférence pour les radiers) dans des zones bien éclairées (évitement des couverts forestiers si cela est possible) ; cela n'a pas été toujours possible, certaines stations étant situées dans la forêt ;
- Le matériel biologique prélevé est immédiatement fixé à l'éthanol 70% et réparti dans un pilulier à double cape en polyéthylène translucide. Les renseignements suivants sont portés sur chaque flacon : code station, nom du cours d'eau, commune, date du prélèvement, nom du préleveur.

L'identification des diatomées étant basée sur l'examen microscopique du frustule siliceux, les échantillons sont traités à l'eau oxygénée H₂O₂ bouillante (30 %) et, le cas échéant, à l'acide chlorhydrique afin d'éliminer le protoplasme. Ils sont ensuite centrifugés et les culots sont rincés plusieurs fois à l'eau distillée pour enlever toute trace d'eau oxygénée. Après déshydratation, une partie du culot est montée entre lame et lamelle dans une résine réfringente, le Naphrax (Northern Biological Supplies Ltd, Angleterre - Indice de réfraction = 1,74).

Un comptage par transect est effectué sur 400 valves à partir de la lame réalisée à partir du prélèvement « IBD » ; ceci afin de dresser un inventaire taxonomique, les résultats étant exprimés par l'abondance relative (en %) de chaque taxon. Le comptage est réalisé à l'aide d'un compteur manuel afin d'obtenir 400 diatomées. Les valves sont comptées et déterminées au niveau spécifique ou infraspécifique, en microscopie photonique au grossissement x 1000 et à contraste de phase.

L'identification fait appel aux ouvrages les plus récents de la Süßwasserflora (Krammer & Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b...) et à d'autres ouvrages pour les taxons absents de la flore de référence, notamment celui relatif aux zones des sources (LangeBertalot H. 2004).

Après saisie codifiée (code à 4 lettres) sur ordinateur à l'aide du logiciel OMNIDIA (Lecoite & al., 1993) et de la base récemment mise à jour, les inventaires conduisent à l'estimation de l'abondance relative des taxons, au calcul d'un indice de diversité (Shannon & Weaver) et de plusieurs indices diatomiques dont l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) et l'Indice Biologique Diatomées (IBD).

L'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) mis au point par le Cemagref (1982) sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse est un indice fondé sur la pondération "abondance-sensibilité spécifique". Il présente

l'avantage de prendre en compte la totalité des espèces présentes dans les inventaires. Il permet de donner une note à la qualité de l'eau variant de 1 (eaux très polluées) à 20 (eaux pures). Il a été utilisé en routine durant plusieurs années et de nombreux auteurs ont noté sa bonne corrélation avec la physico-chimie de l'eau. La sensibilité de l'IPS à la dégradation de la qualité du milieu s'avère meilleure comparativement aux autres indices ; cela a été mis en évidence notamment dans le cadre du suivi de plus de 300 relevés du bassin Artois-Picardie (COSTE et AYPHASSORHO, 1991). Cet indice fait l'objet de mises à jour régulières.

L'indice Biologique Diatomées (IBD), utilise 209 taxons repères dont 57 appariés (diatomées morphologiquement très proches, regroupées au sein d'unités taxonomiques) et le barycentre de leurs profils de distribution établis en probabilités de présence à partir d'un jeu de données volumineux. Notons que l'IBD est un indice de qualité générale de l'eau basé en particulier sur les matières oxydables et la salinité qui ne prend pas en compte tous les taxons d'un relevé. Son calcul diffère notablement de celui de l'IPS et est complexe pour les non-statisticiens. Pour plus d'informations sur le calcul de cet indice, on pourra se reporter à l'article de LENOIR & COSTE (1996).