

## Révision des zones vulnérables 2020-2021 - Phase de concertation

### Analyse et synthèse des données physico-chimiques, hydrométriques et biologiques sur 8 stations DCE du Charolais.

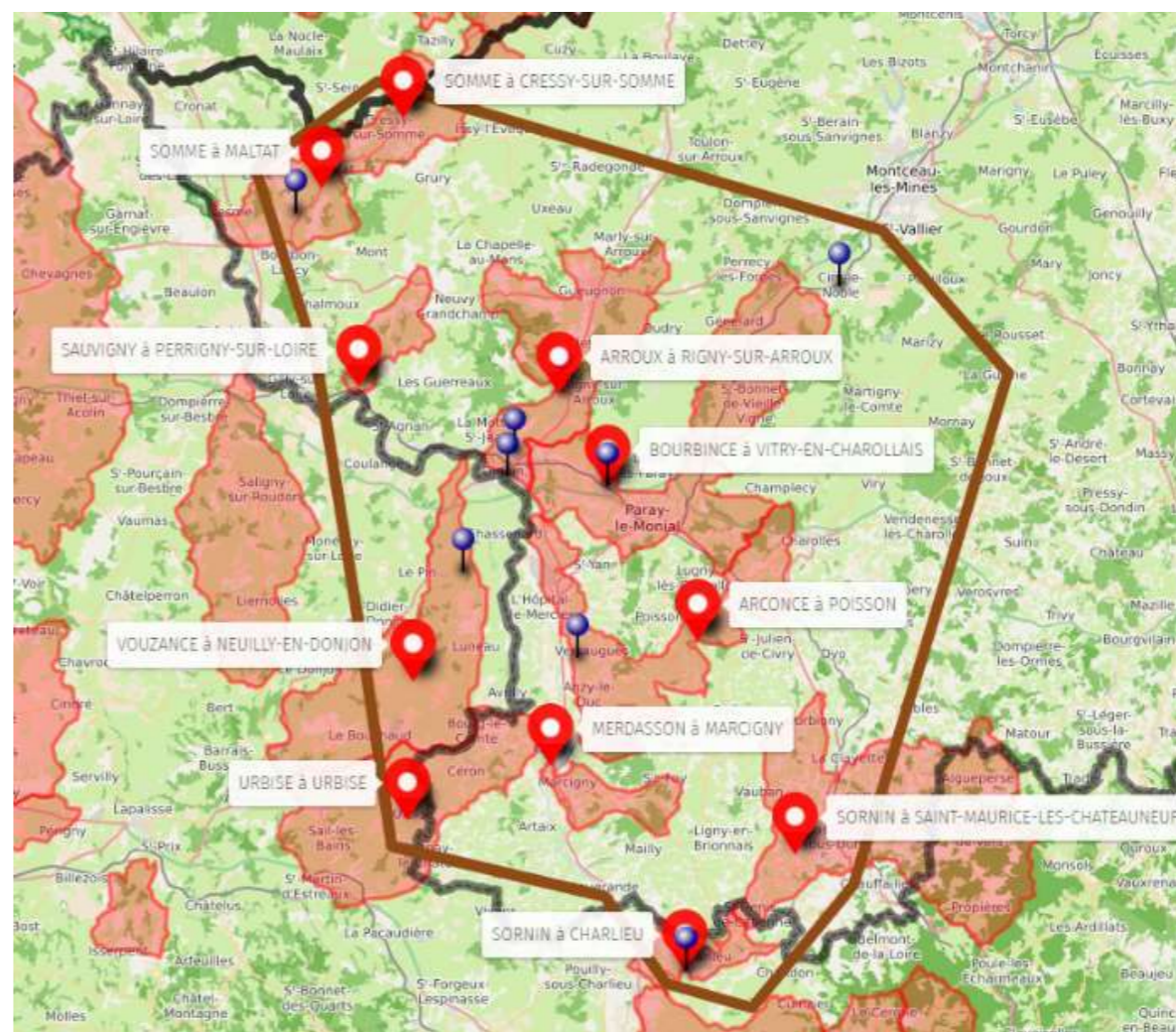
Les DREALs de bassin ont engagé en juillet 2020 l'exercice de révision des zones vulnérables Nitrates qui devra se terminer en juillet 2021. L'exercice est strictement encadré par les articles R211-75 à 77 du code de l'environnement, et piloté par les DREALs de bassin. Dans la première proposition de zonage, soumise à la concertation au cours de l'automne 2020, la région Bourgogne Franche Comté se trouve fortement touchée par des extensions, notamment sur des secteurs en élevages extensifs caractéristiques de la région. Dans le cadre de la concertation prévue par le code de l'environnement et suite à la réunion régionale de concertation du 19/11/2020, la DREAL a mené une expertise spécifique sur le secteur du Charolais et partagé la méthode d'approche et les conclusions avec les principales parties prenantes : DRAAF, DDT 71, Chambre régionale d'agriculture, membres de la Commission régionale Territoire Environnement de la chambre.

L'objectif de l'étude est de comprendre, à travers des données environnementales et climatiques plus larges que celles prévues par la réglementation (7<sup>e</sup> campagne nitrates d'octobre 2018 à septembre 2019), et en corrélant des données relatives à l'évolution de l'activité agricole, les origines de la pollution par les nitrates et l'évolution des concentrations constatés.

#### **Sommaire de l'étude**

- 1) Données disponibles et données analysées
- 2) Vue d'ensemble des concentrations de nitrates
- 3) Evolution connue des pratiques agricoles sur le secteur
- 4) Cycles saisonniers de 5 stations
- 5) Analyse détaillée des données de chaque station : corrélations entre paramètres physico-chimiques, et lien avec les paramètres biologiques
- 6) Caractérisation des années hydrologiques 2003, 2018 et 2019
- 7) Liens entre débits et Pics de nitrates (2018/2019)
- 8) Exploitation des données disponibles pour l'année 2003
- 9) Humidité du sol
- 10) Pratiques de fertilisation sous forme d'apports d'engrais azotés
- 11) Croissance végétale dans les régions fourragères de l'est de la Saône et Loire
- 12) Hypothèses sur l'hétérogénéité spatiale des transferts
- 13) Conclusion

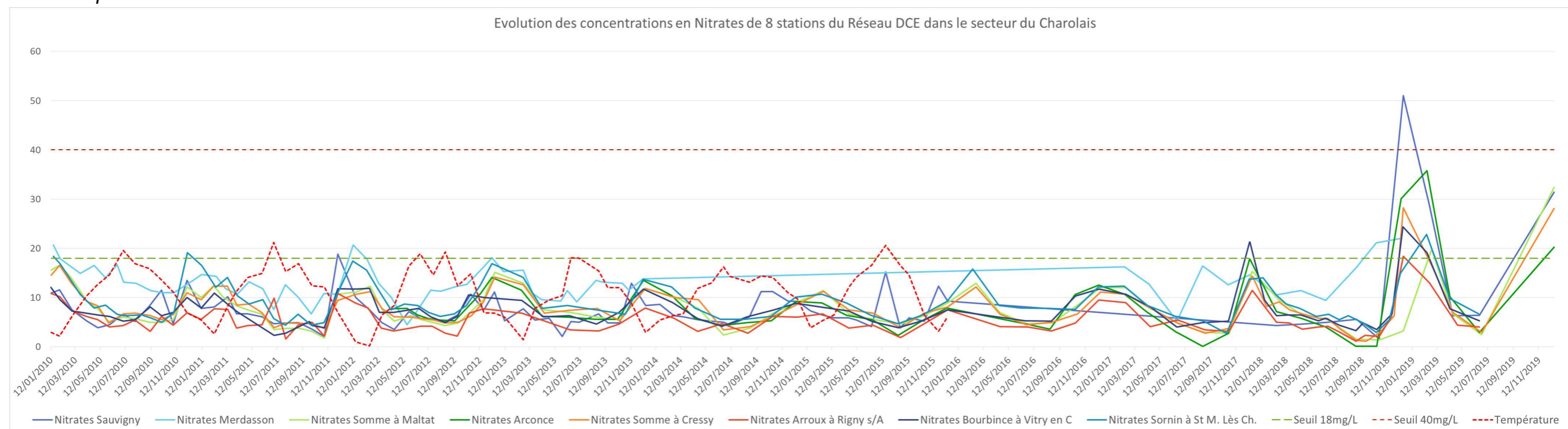
## 1) Données disponibles et données analysées :



	Station	Station Hydrométrie (sur le cours d'eau)	Stations Physico-chimie- Biologie	Fin des données nitrates	Analyse des données 2003
1	Arconce à Poisson	X	X	12/2019	
2	Arroux à Rigny sur Arroux	X	X	06/2019	X
3	Bourbince à Vitry en Charolais	X	X	06/2019	X
4	Somme à Cressy sur Somme		X	12/2019	X
5	Somme à Maltat		X	12/2019	
6	Sauvigny à Perrigny sur Loire		X	12/2019	
7	Merdasson à Marcigny		X	11/2018	
8	Sornin à St Maurice lès Châteauneuf		X	12/2019	

## 2) Vue d'ensemble des concentrations de nitrates :

Premier graphique en mg/L avec seuils de 18 et 40. Le graphique suivant est en pourcentage par rapport à la moyenne de chaque paramètre sur la période couverte par les données.



Les 8 stations présentent des cycles saisonniers de Nitrates avec des pics hivernaux marqués, suggérant des lessivages (lixiviations) dus aux précipitations remaniant les nutriments minéralisés que l'on peut supposer issus des épandages agricoles hivernaux et des apports par les bovins. Cependant le Merdasson et le Sauvigny présentent des cycles plus irréguliers avec des pics moins nets, ce qui suggère des sources de nitrates multiples. Toutes les stations sont concernées par une hausse en 2018 et 2019, aux périodes de pics habituelles (Novembre à Mars, max en Janvier). Une connaissance du territoire et des pratiques agricoles de ces dernières années (2018-2019) est nécessaire pour conclure quant aux causes des augmentations de nitrates constatées sur ce secteur. Il nous faut nous assurer que les apports (pâturage, épandages et engrais) ont été similaires ces années-là. Hormis ces pics de 2018-19, il semble que 6 stations sur les 8 présentent un profil typique des lessivages de début/ fin d'hiver, et les 2 autres une influence de ces épisodes hivernaux au sein d'un flux de nitrates avec des arrivées plus fréquentes.

### Points à retenir

- Sur les 8 stations du Charolais, les nitrates présentent des pics hivernaux relativement réguliers années après années.
- Les concentrations atteintes par ces pics lors des hivers 2017, mais surtout 2018 et 2019 sont plus élevées que les 9 années précédentes, et dépassent des seuils critiques en 2018 et 2019.



### 3) Evolution connue des pratiques agricoles sur le secteur :

MESU	nom MESU	UGB au 01/01/2016	UGB au 01/01/2020	Évolution UGB 2016-2020	évolution prairies permanentes 19/15	évolution terres arables 19/15
FRGR0184b	L'ARROUX DEPUIS GUEUGNON JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	7177,4	5896,4	-18%	6%	-23%
FRGR0185	LE SORNIN ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LE BOTORET	15309	14666,4	-4%	-1%	-4%
FRGR0190	L'ARCONCE DEPUIS LA CONFLUENCE DE L'OZOLETTE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	10669,2	10160,4	-5%	0%	-9%
FRGR0200	LA BOURBINCE DEPUIS GENELARD JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC L'ARROUX	18344,4	16792,2	-8%	3%	-12%
FRGR0211	LA SOMME DEPUIS MARLY-SOUS-ISSY JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	10321,4	9384,4	-9%	8%	-17%
FRGR1783	LE MERDASSON ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	1517,8	1583,4	4%	-3%	7%
FRGR1895	LE SAUVIGNY ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE	#N/D	#N/D		8%	-21%
	<b>total</b>	<b>63339,2</b>	<b>58483,2</b>	<b>-8%</b>	<b>3%</b>	<b>-15%</b>

Les données concernant les UGB et l'occupation des sols des dernières années évoluent paradoxalement dans le sens contraire des concentrations de nitrates trouvées dans les cours d'eau. Une explication doit être recherchée pour expliquer comment moins de bétail sur plus de prairies, et moins de cultures, ont pu engendrer des pics de concentrations. La question de la source de l'azote (quantité, qualité) doit être soulevée, ainsi que celle des transferts aux cours d'eau. Des hypothèses plausibles donnent un début de réponse, car la/les sécheresse(s) exceptionnelle(s) de 2018 et 2019 peuvent avoir empêché la bio-assimilation des nutriments du sol à cause de la perte de biomasse active en herbe, ainsi que peut-être l'augmentation du ruissellement.

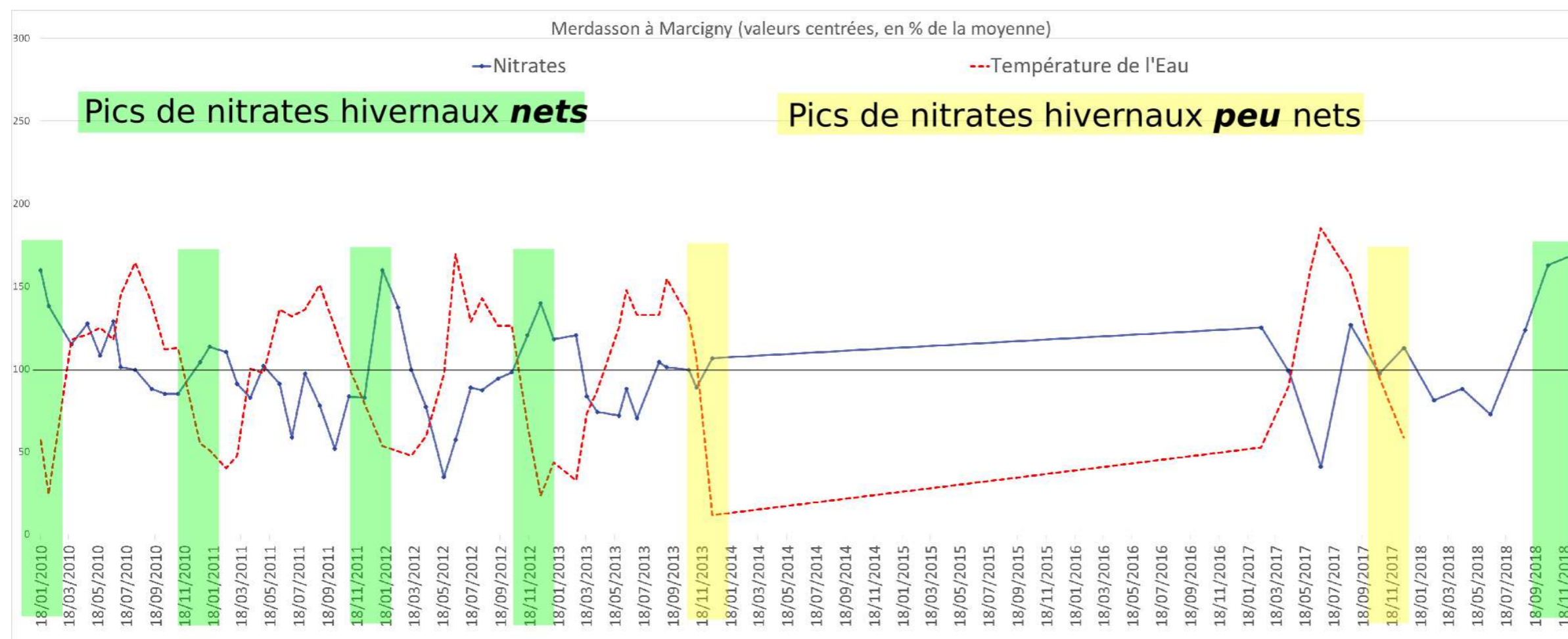
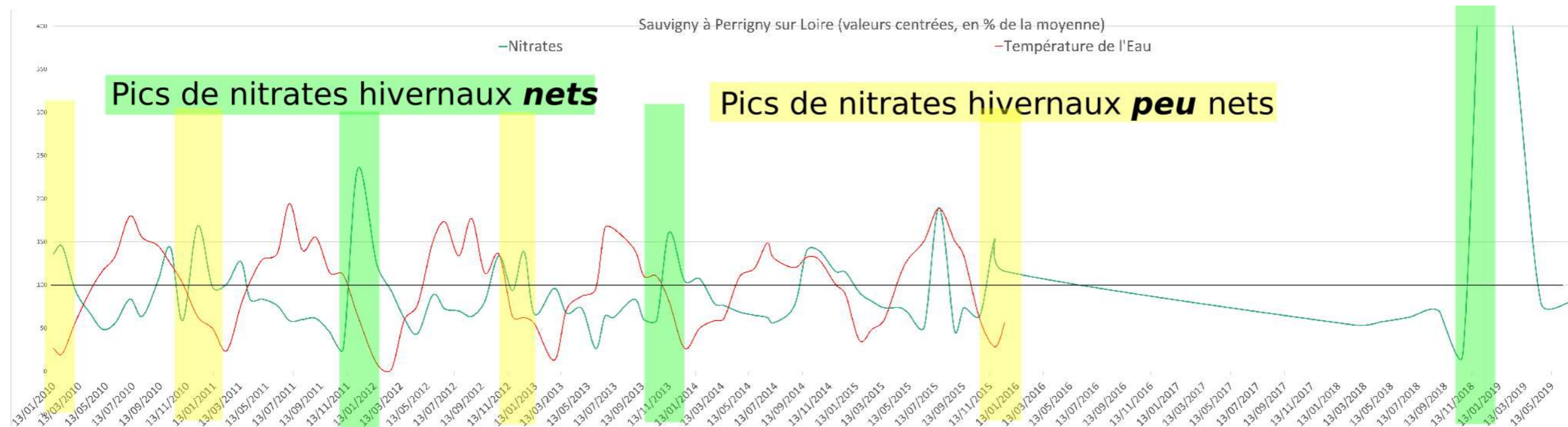
#### Points à retenir :

- La production agricole diminue alors que les flux de nitrates augmentent.

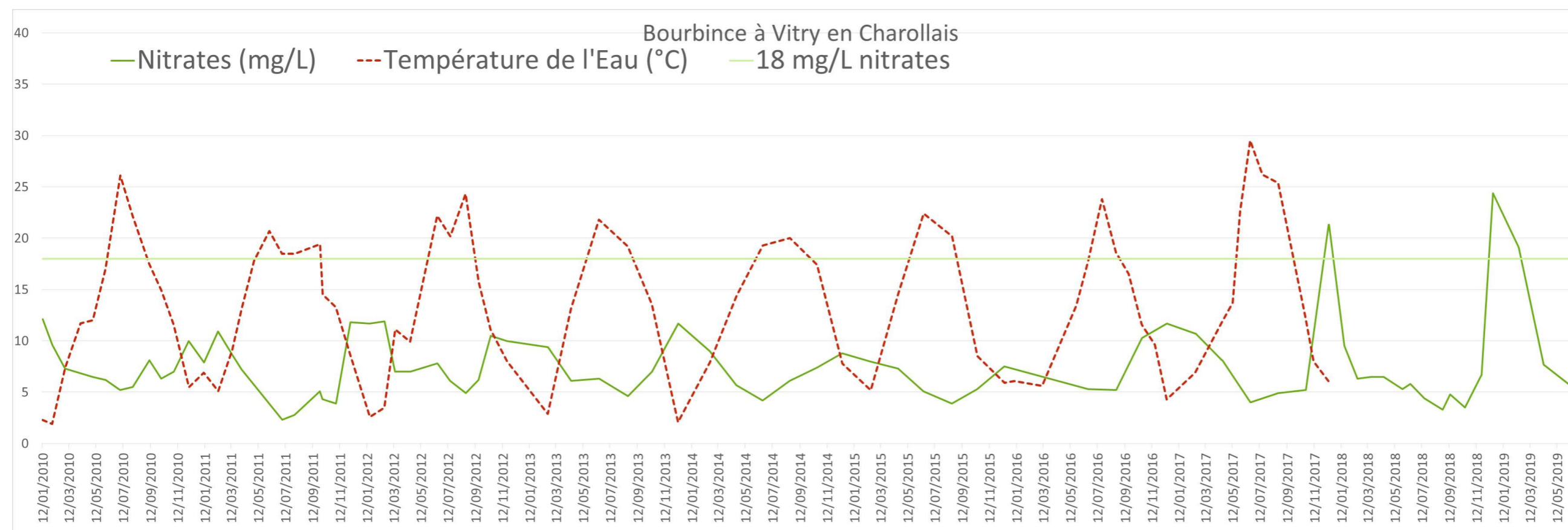


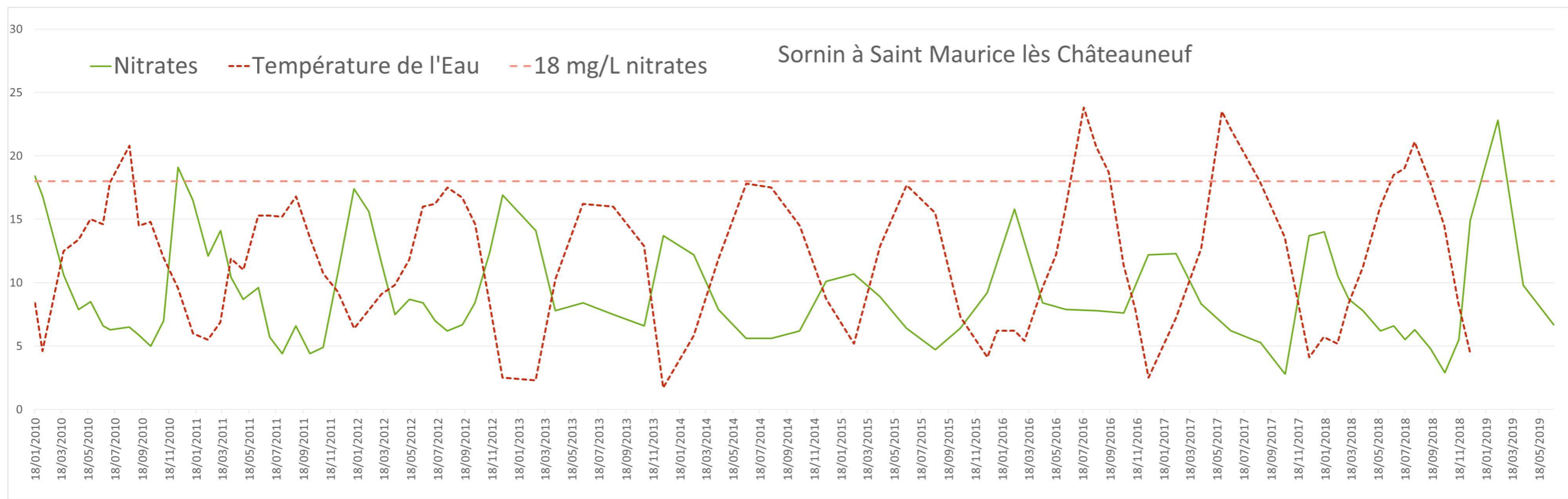
#### 4) Cycles saisonniers de 5 stations

Ici sont présentées les 2 stations avec des concentrations en nitrates jugées irrégulières (Merdasson et Sauvigny) , et 3 autres suivies par des stations hydrométriques.



La Bourbince présente des pics de Nitrates modérés en dehors de ceux suivants les années sèches de 2017 et 2018 avec des oscillations saisonnières nettes .

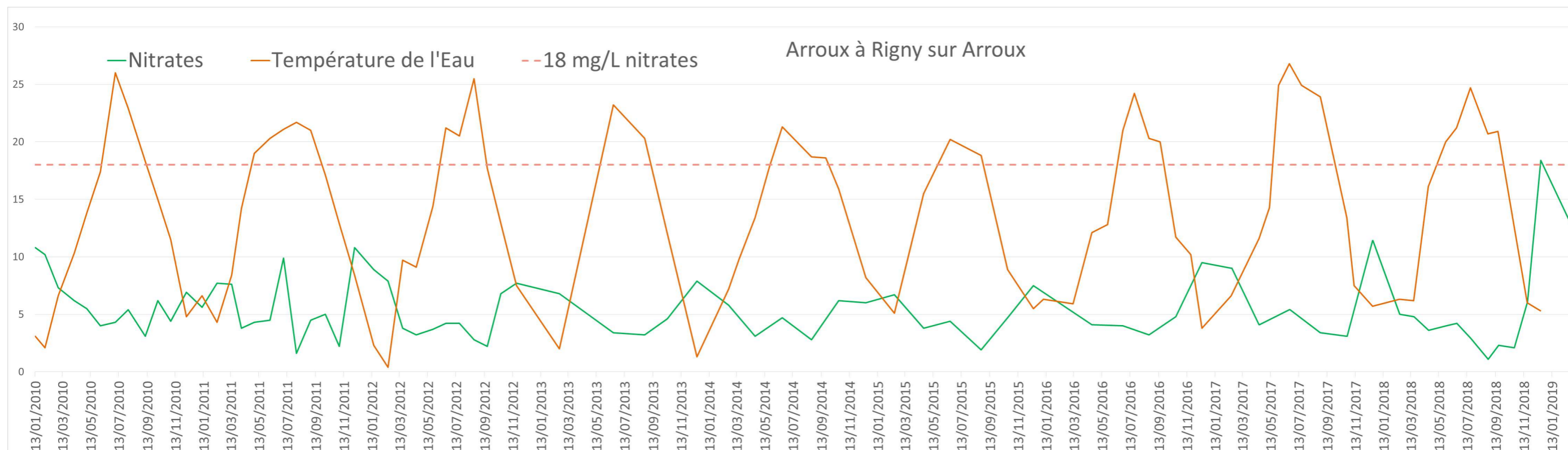




**Le Sornin** présente aussi une saisonnalité marquée, mais avec des pics de nitrates nettement plus importants par rapport au niveau minimal atteint en été.

Il est intéressant de voir que le pic de 2018 atteint un niveau identique à la Bourbince, alors qu'habituellement, la Bourbince présente des concentrations inférieures. On peut se demander ce qui est à l'origine de cet écart ; une différence dans les pratiques agricoles du bassin versant ou des paramètres du milieu. *(fin 2019 non disponible)*





Depuis 2012 l'**Arroux** présente la même saisonnalité typique de lessivages de nitrates hivernaux, en restant toutefois sur des valeurs faibles (<10mg/L), même à l'hiver 2018 succédant à l'été sec de 2017. Les pics de l'hiver succédant à la sécheresse de 2018 ont engendré un pic modéré juste au-dessus du seuil de 18mg/L. (*fin 2019 non disponible*)

#### Points à retenir :

- Le Merdasson et le Sauvigny présentent des saisonnalités moins régulières, avec parfois des taux élevés à d'autres périodes.
- Toutes les stations ne sont pas identiques dans leurs fluctuations, les causes principales peuvent en être : la présence d'assainissement, les différentes pratiques agricoles, les caractéristiques des sols, les différences de précipitations.
- En dehors des hivers 2018 et 2019, les concentrations sont acceptables dans la grande majorité des cas.

## 5) Analyse détaillée des données de chaque station : corrélations entre paramètres physico-chimiques, et lien avec les paramètres biologiques

Corrélations : Les tableaux suivants donnent des coefficients de corrélation entre les valeurs de chaque paramètre. Ceci est une méthode statistique rapide à mettre en œuvre et approximative pour aider à la lecture des graphiques. Elle permet de déterminer si deux paramètres présentent des valeurs liées proportionnellement les unes avec les autres, et permet donc d'évaluer succinctement si les paramètres varient l'un avec l'autre. Ces valeurs n'indiquent que des corrélations quantitatives, et non pas temporelles.

Certaines corrélations ne sont pas pertinentes car ce sont des phénomènes physiques liés, comme Température, saturation en Oxygène et oxygène dissous. Les sulfates doivent être analysés à part car ils n'ont pas le même nombre d'analyses.

Les corrélations avec la température indiquent a priori une saisonnalité des phénomènes.

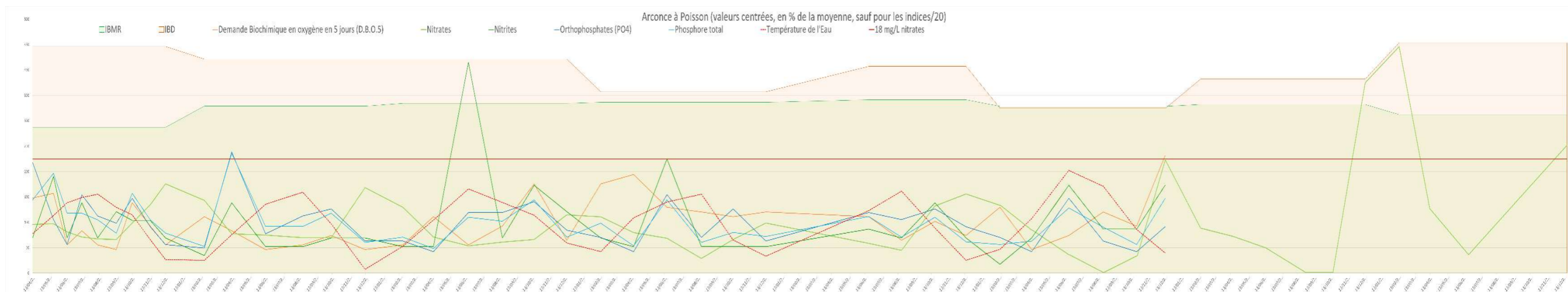
Graphiques des paramètres : Pour des raisons d'échelle et d'unités, tous les paramètres physico-chimiques sont exprimés en valeurs centrées, c'est-à-dire en pourcentage par rapport à leur moyenne sur la période considérée. Par exemple si ma moyenne des nitrates est de 10mg/L alors 15mg/L correspondent à 150%. Le seuil de 18mg/L de nitrates (et nitrates uniquement) est indiqué pour chaque station.

### a) Arconce à Poissons

valeur absolue des Coefficients de corrélation de Pearson

Arconce à Poissons

	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	Sulfates	% sat. O2	T° eau
Conductivité à 25°C	1,00										
D.B.O.5	0,02	1,00									
Nitrates	0,70	0,17	1,00								
Nitrites	0,33	0,06	0,11	1,00							
Orthophosphates (PO4)	0,13	0,07	0,18	0,38	1,00						
Oxygène dissous	0,58	0,10	0,66	0,46	0,43	1,00					
Phosphore total	0,01	0,27	0,04	0,49	0,77	0,38	1,00				
Potentiel en Hydrogène (pH)	0,13	0,01	0,14	0,35	0,45	0,51	0,44	1,00			
Sulfates	0,47	0,04	0,83	0,74	0,67	0,06	0,61	0,47	1,00		
Taux de saturation en oxygène	0,22	0,10	0,15	0,47	0,42	0,71	0,31	0,73	0,09	1,00	
Température de l'Eau	0,66	0,18	0,80	0,33	0,25	0,87	0,21	0,12	0,50	0,32	1,00



Comme dans les autres stations, il y a des pics de nitrates saisonniers centrés sur Janvier/Février. Les nitrates semblent la plupart du temps très indépendants des autres pollutions N et P, ce qui suggère une origine isolée de ces nitrates, par lessivage. Ptot et PO4 semblent extrêmement liés dans le temps (les pics arrivent en même temps), et en grande partie liés au niveau de la quantité (les pics ont la même taille). Ceci suggère une origine unique pour PO4 et Ptot. En revanche, les pics de nitrites semblent souvent arriver en même temps que ceux de phosphore, mais ne semblent pas identiques au niveau de la quantité. On peut donc supposer des variations dans la composition de la source de Nitrites+P (par source il faut entendre source d'apport sur le BV ou processus de transfert).

Décembre 2017 semble montrer des hautes valeurs pour tout, y compris la DBO, qui est –en dehors de cet épisode- la plupart du temps indépendante. Donc à de rares exceptions, **les sources de P et N ne sont pas pourvoyeuses de DBO, ce qui fait pencher pour une source dépourvue de matière organique.** Donc a priori pas de ruissellement ni de débordement d'assainissement apportant directement des matières organiques au cours d'eau.

Les indices biologiques ne montrent pas de tendance sur la période considérée. Les diatomées ont remonté de 2 classes d'état, en restant bien inférieur au bon état. Des pressions sont donc présentes, mais variables. Les IBMR montrent peu d'évolution et donnent un bon état (mais non-optimal, donc un milieu légèrement dégradé par eutrophisation).

## b) Somme à Maltat :

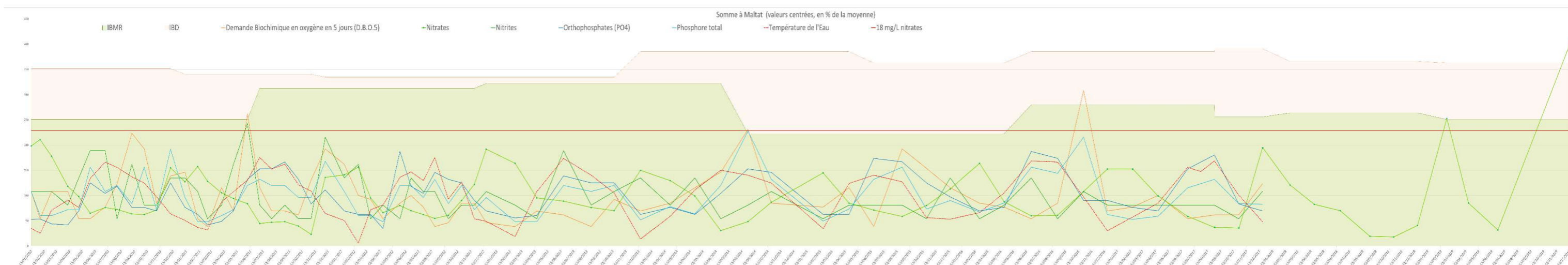
	Somme à Maltat										
	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	Sulfates	% sat. O2	T° eau
Conductivité à 25°C	1,00										
Demande Biochimique en oxygène en 5 jours (D.B.O.5)	0,07	1,00									
Nitrates	0,58	0,06	1,00								
Nitrites	0,07	0,27	0,19	1,00							
Orthophosphates (PO4)	0,58	0,01	0,59	0,01	1,00						
Oxygène dissous	0,51	0,05	0,68	0,04	0,66	1,00					
Phosphore total	0,36	0,48	0,39	0,20	0,68	0,60	1,00				
Potentiel en Hydrogène (pH)	0,13	0,10	0,12	0,01	0,21	0,03	0,17	1,00			
Sulfates	0,09	0,02	0,68	0,37	0,41	0,11	0,82	0,31	1,00		
Taux de saturation en oxygène	0,36	0,03	0,42	0,01	0,54	0,70	0,50	0,45	0,17	1,00	
Température de l'Eau	0,53	0,04	0,81	0,00	0,71	0,88	0,55	0,05	0,27	0,44	1,00

extrait du tableau avec les seules dates donnant une analyse des sulfates

	Chlorures	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrate s	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	Sulfates	
Sulfates		0,42	0,09	0,92	0,68	0,37	0,41	0,11	0,82	0,31	1,00



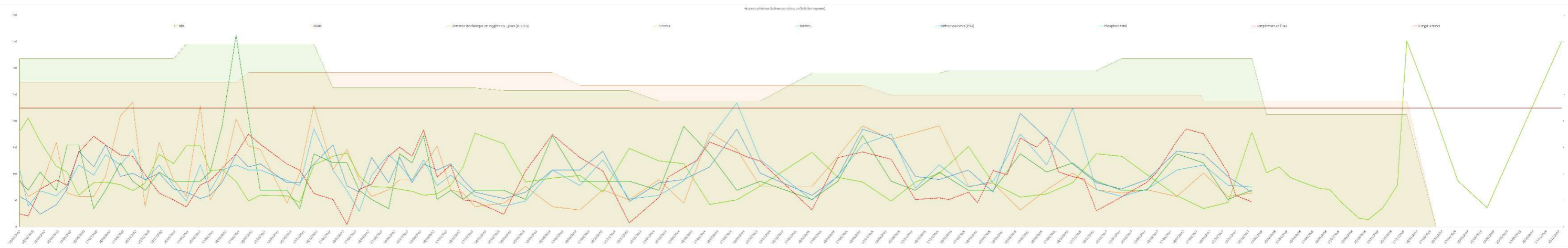
La corrélation entre PO4 et Ptot est moyenne au niveau des quantités, donc il y a de (légers) changements dans la composition de la source de phosphore. La saisonnalité des nitrates est très marquée. Cependant, pour les autres substances, la saisonnalité est irrégulière. Typiquement des baisses des concentrations de P et NO2 arrivent en début d'hiver (domestique+dilution ?) mais en 2011, 2012 et 2016, des pics divers et plus ou moins longs arrivent en début d'hiver. La DBO est plutôt concomitante aux orthophosphates et pas aux nitrates. En 2018 et 2019, les nitrates atteignent des niveaux jamais atteints et >18mg/L. Les IBD stagnent à un niveau moyen depuis 5 ans après avoir été mauvais, les IBMR eux montrent un enrichissement en P et N (eutrophisation), à un niveau « bon » mais qui était auparavant « très bon » pendant une certaine période. Une évolution plutôt dans le mauvais sens donc, mais très progressive.

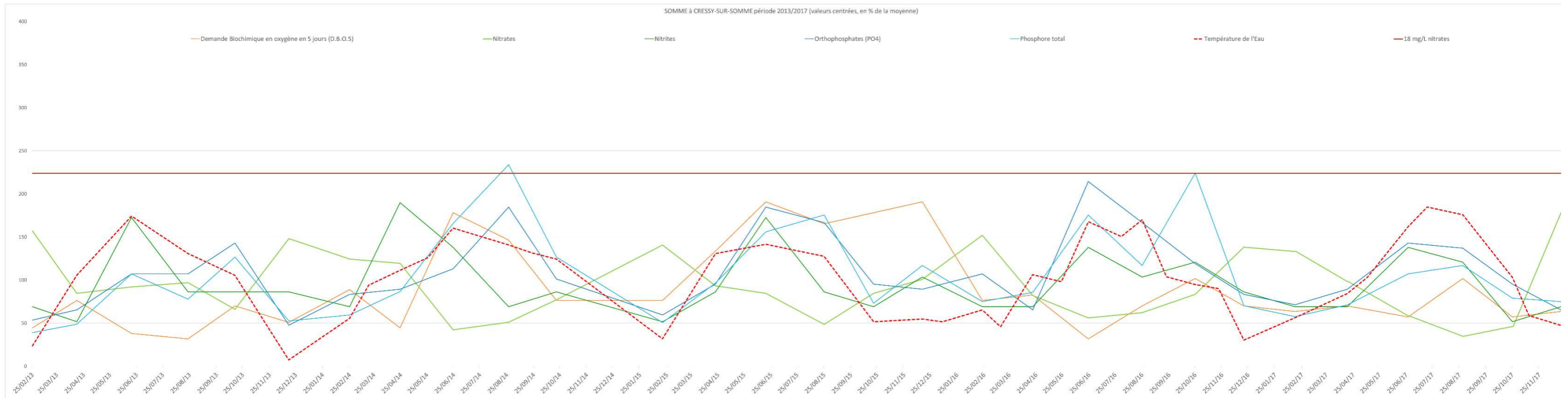


### c) Somme à Cressy sur Somme

valeur absolue des Coefficients de corrélation de Pearson Somme à Cressy sur Somme

	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	Sulfates	% sat. O2	T° eau
Conductivité à 25°C	1,00										
Demande Biochimique en oxygène en 5 jours (D.B.O.5)	0,20	1,00									
Nitrates	0,60	0,17	1,00								
Nitrites	0,15	0,27	0,14	1,00							
Orthophosphates (PO4)	0,49	0,16	0,62	0,30	1,00						
Oxygène dissous	0,47	0,09	0,70	0,31	0,52	1,00					
Phosphore total	0,37	0,43	0,50	0,29	0,72	0,53	1,00				
Potentiel en Hydrogène (pH)	0,02	0,05	0,05	0,00	0,02	0,09	0,03	1,00			
Sulfates	0,68	0,20	0,54	0,21	0,42	0,05	0,31	0,27	1,00		
Taux de saturation en oxygène	0,22	0,01	0,35	0,06	0,31	0,56	0,36	0,36	0,15	1,00	
Température de l'Eau	0,55	0,10	0,80	0,34	0,62	0,87	0,53	0,15	0,40	0,26	1,00

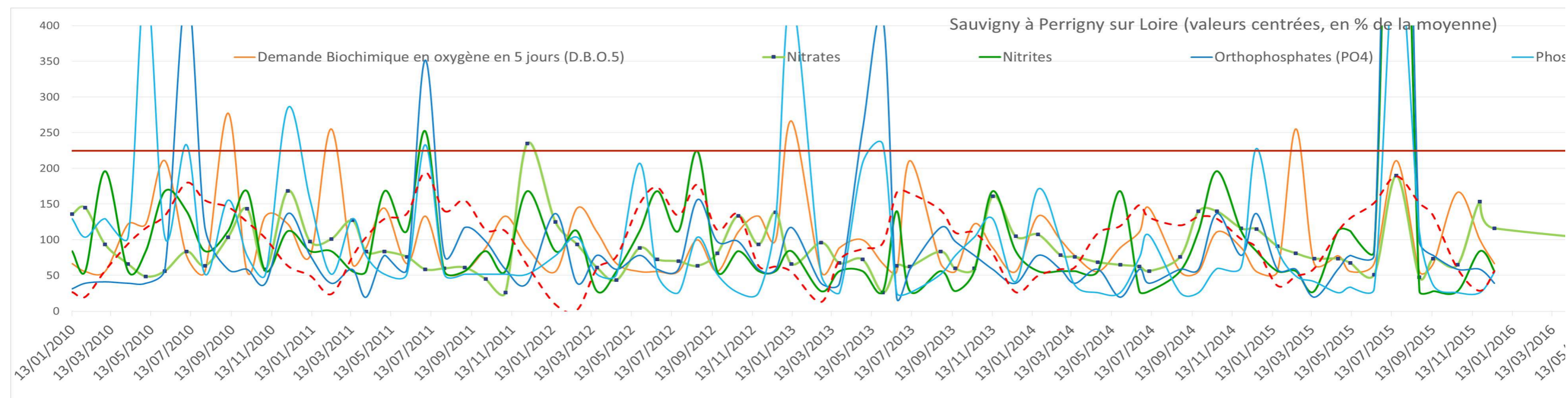




La station présente des pics de nitrates entre décembre et début Mars. Les quantités de PO4 et Ptot sont assez mal liées, on peut supposer plusieurs sources pour le phosphore sous ses différentes formes. La DBO et les nitrites présentent des pics irréguliers sur la période. Les PO4 et Ptot semblent suivre une saisonnalité avec de la dilution en hiver, mais des pics irréguliers surviennent aussi. Les nitrates présentent des valeurs très fortes ( 3,5X la moyenne ) lors des hivers des deux dernières années (2018-2019) suggérant comme pour les autres, un changement des flux d'azote dans le bassin versant. Depuis 2011, les Diatomées et les IBMR montrent une dégradation progressive du milieu, avec un rebond notable pour l'ibmr entre 2015 et 2017, mais les deux indicateurs n'ont jamais été plus bas qu'en 2018 (dernières données). La DBO5 est assez intrigante : parfois haute en été, parfois basse, parfois haute en même temps que P, parfois non. Il est difficile de conclure là-dessus, il peut s'agir de plusieurs sources ou de changements qualitatifs de la/ les source(s).

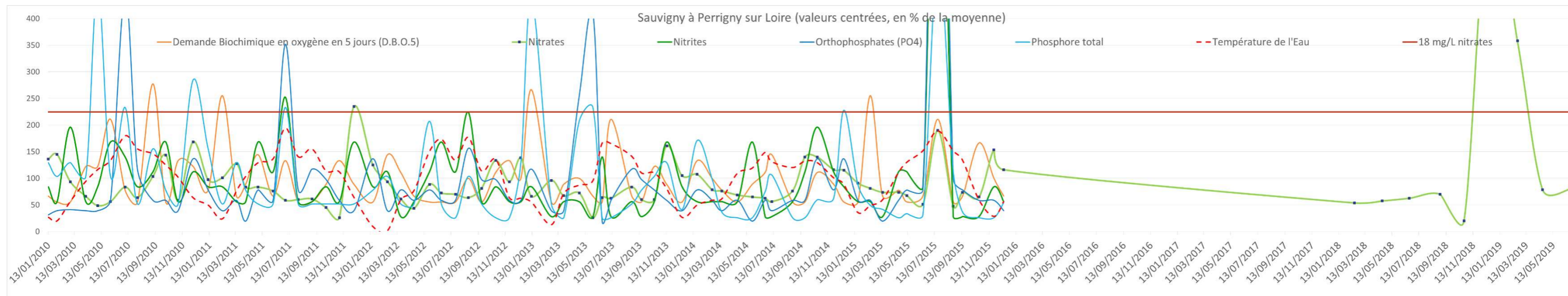


## d) Le Sauvigny à Perrigny sur Loire



Sauvigny à Perrigny sur Loire

	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	% sat. O2	T° eau
Conductivité à 25°C	1,00									
Demande Biochimique en oxygène en 5 jours (D.B.O.5)	0,02	1,00								
Nitrates	0,21	0,00	1,00							
Nitrites	0,19	0,23	0,40	1,00						
Orthophosphates (PO4)	0,18	0,18	0,20	0,82	1,00					
Oxygène dissous	0,62	0,01	0,24	0,37	0,37	1,00				
Phosphore total	0,30	0,33	0,15	0,50	0,61	0,12	1,00			
Potentiel en Hydrogène (pH)	0,53	0,03	0,18	0,05	0,04	0,10	0,18	1,00		
Taux de saturation en oxygène	0,55	0,19	0,05	0,44	0,43	0,72	0,20	0,22	1,00	
Température de l'Eau	0,58	0,02	0,30	0,33	0,34	0,89	0,08	0,14	0,46	1,00



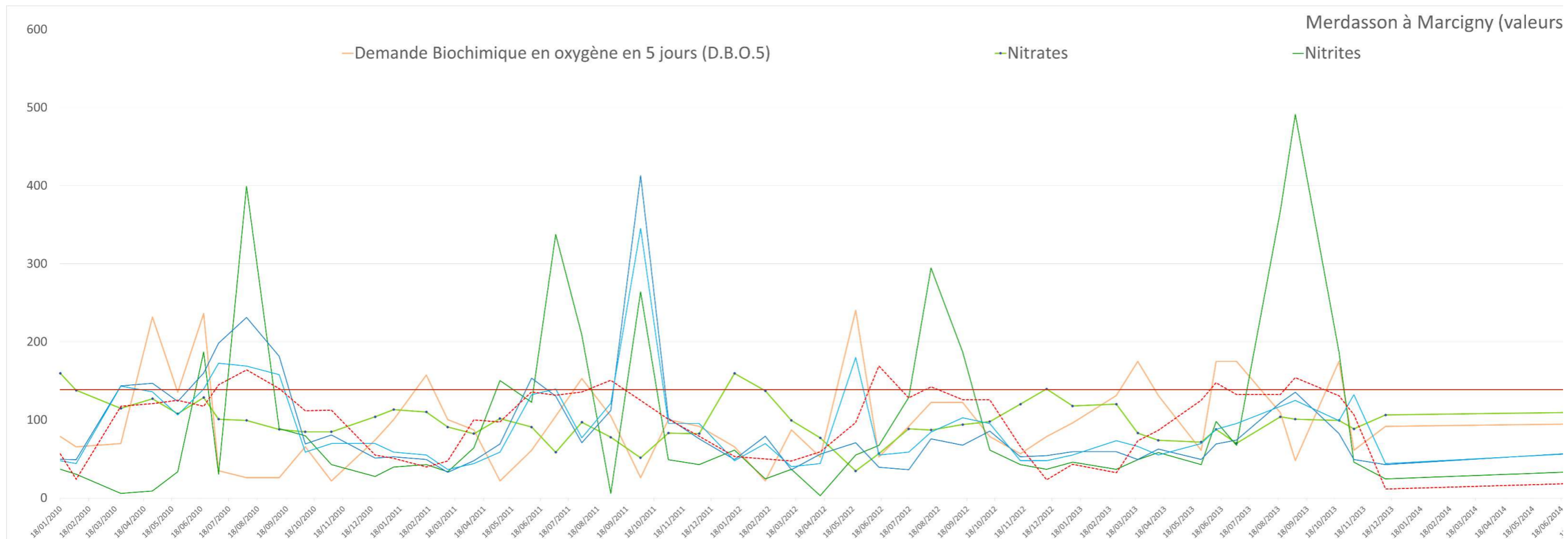
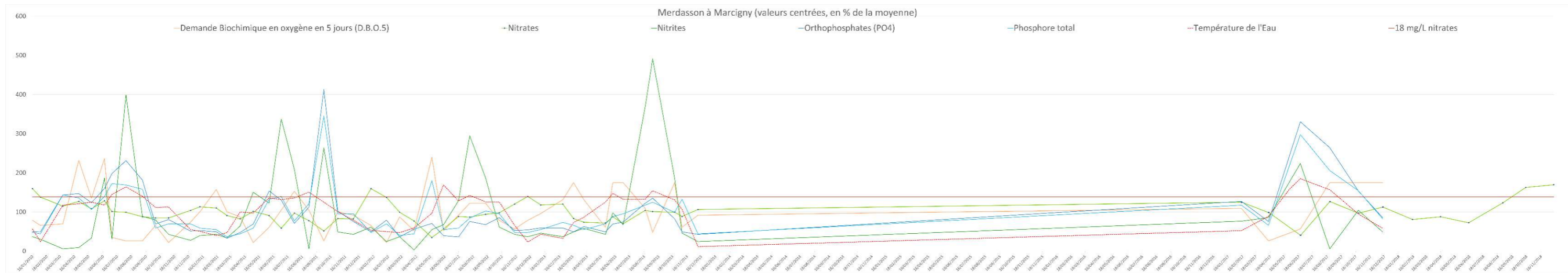
Le Sauvigny à Perrigny sur Loire ne présente pas une saisonnalité des nitrates aussi nette que les stations ci-dessus (voir §a-). Les pics de tous les composés semblent décorrélés, y compris PO4 et Ptot. La source ou les sources de pollution sont ici de compositions changeantes. Des pics de pollution estivaux assez intenses arrivent régulièrement, suggérant des effets de concentrations par des débits réduits.

### e) Le Merdasson à Marcigny

Merdasson

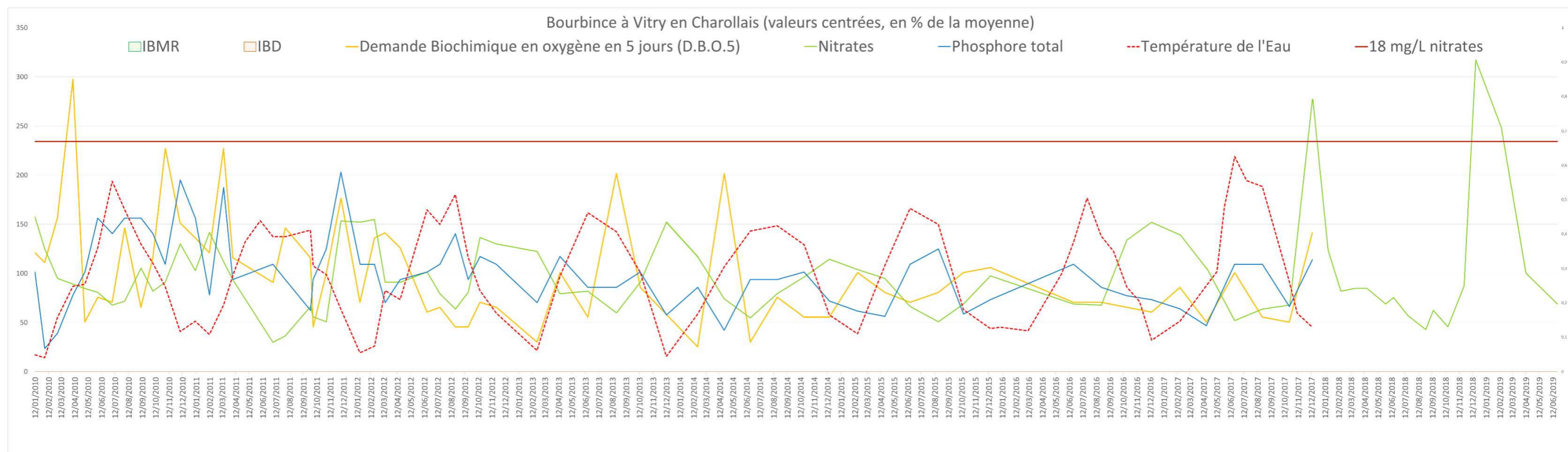
	Conductivité à 25°C	D.B.O.5	Nitrates	Nitrites	Orthophosphates (PO4)	Oxygène dissous	Phosphore total	pH	% sat. O2	T° eau
Conductivité à 25°C	1,00									
Demande Biochimique en oxygène en 5 jours (D.B.O.5)	0,01	1,00								
Nitrates	0,14	0,01	1,00							
Nitrites	0,36	0,09	0,23	1,00						
Orthophosphates (PO4)	0,58	0,10	0,23	0,39	1,00					
Oxygène dissous	0,13	0,10	0,23	0,36	0,47	1,00				
Phosphore total	0,49	0,03	0,38	0,38	0,94	0,49	1,00			
Potential en Hydrogène (pH)	0,05	0,15	0,25	0,06	0,18	0,61	0,24	1,00		
Taux de saturation en oxygène	0,12	0,02	0,12	0,36	0,40	0,90	0,38	0,77	1,00	
Température de l'Eau	0,16	0,03	0,52	0,50	0,52	0,64	0,56	0,12	0,31	1,00





Le phosphore est très majoritairement sous forme d'orthophosphates car les pics sont synchrones et souvent de même taille, suggérant une origine commune aux deux composés. Des pics de DBO arrivent à n'importe quel moment de l'année sur la période. Il y a systématiquement des pics de nitrites en été. Les nitrates sont plus élevés en hiver comme partout, mais avec un schéma moins net, des pics moins importants. Ceci suggère un transfert où le lessivage des nitrates est moins intense, et/ou ne joue qu'un rôle partiel dans l'apport en nitrates dans les cours d'eau. À ce stade ce stade, même si d'autres hypothèses sont possibles, il est utile de noter que la DDT signale que le réseau d'assainissement de la ville de Marcigny connaît des dysfonctionnements notables (déversement de temps de sec et de temps de pluie).

## f) La Bourbince à Vitry en Charolais



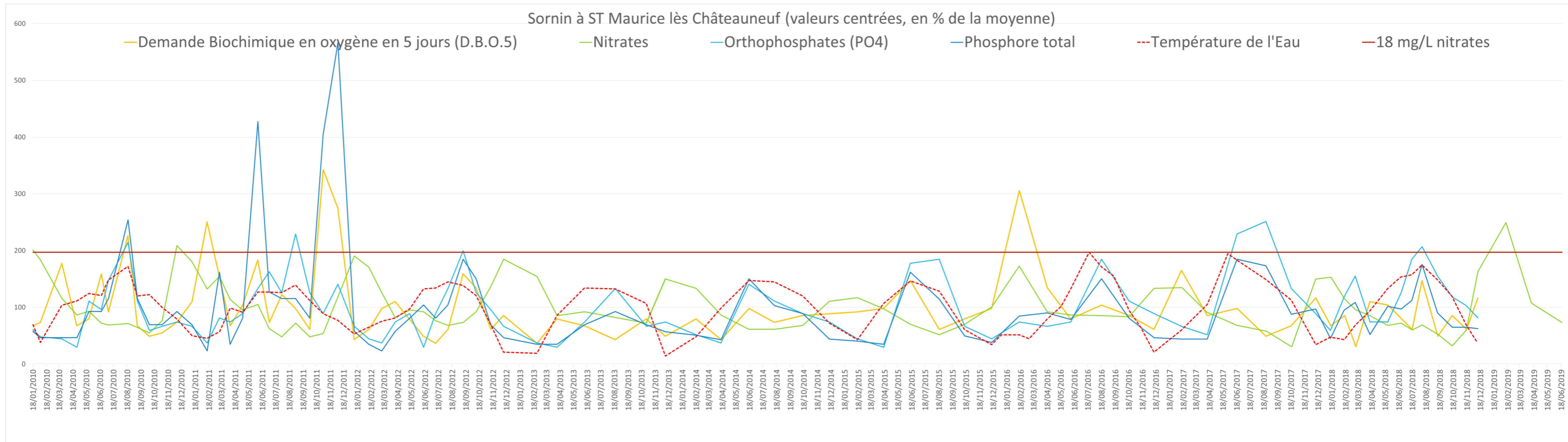
Année	IBD norme 2007	M o i s	IBG PCE	I2M2	M o i s	IBG GCE	M o i s	IPR	M o i s	IBMR	M o i s
2019	8,60	06		0,3189				18,86	07		
2018	13,70	08	11	0,2427	08					8,4	07
2017	11,30	05	13	0,1105	05			15,50	08		
2016	8,80	08	16	0,2727	08					8,23	08
2015	9,70	06	11	0,2077	06			14,18	06		
2014	9,00	08	15	0,4627	08					7,65	09
2013	10,80	07	17	0,3931	07			13,41	10		
2012	6,70	09	17	0,4360	09					6,57	09
2011	10,60	06	17	0,3648	09			14,60	07		
2010	9,10	08	15	0,4128	07						
2009	11,40	06	16	0,3635	06			14,13	07	7,55	07
2008	13,90	07	13	0,2189	08						
2007	11,40	07	11		10			15,11	07	8,36	07

La Bourbince présente des pics de nitrates modérés en dehors des hivers 2018 et 2019 et la saisonnalité des pics suggère une part de lessivage dans les apports. Les pics de DBO ne semblent pas liés aux étiages, donc leur origine n'est probablement pas un « bruit de fond » régulier lié au rejet d'une STEP qui tend à se concentrer en période de basses eaux / hautes températures. En revanche La DDT signale des dysfonctionnements importants de certains réseaux du secteur en période de nappe haute-temps de pluie.

La biologie indique un état dans l'ensemble très médiocre, avec une mauvaise qualité de l'eau (IBD) et un état d'eutrophisation marqué (IBMR).



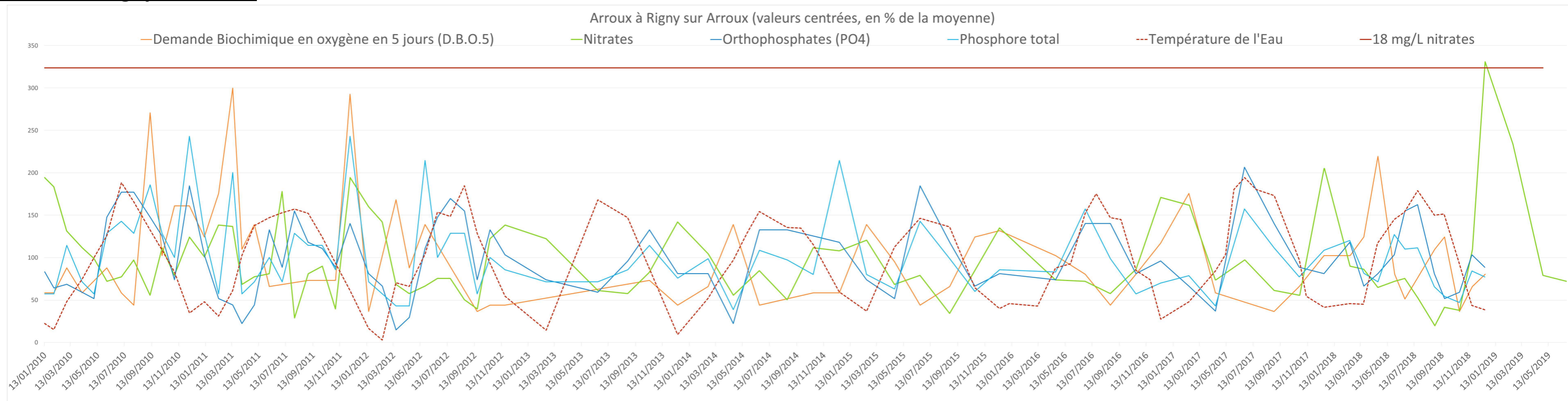
## g) Le Sornin à Saint Maurice lès Chateuneuf



Année	IBD norme 2007	M o i s	IBG PCE	I2M2	M o i s	IBG GCE	M o i s	IPR	M o i s	IBMR	M o i s
2019	13,40	09		0,5177				21,28	07		
2018	14,40	08	13	0,4502	08					10,81	07
2017	14,20	05	17	0,6210	05			21,51	08		
2016	12,10	08	15	0,5677	08					11,22	09
2015	15,20	06	15	0,5129	06			16,99	06		
2014	14,50	09	17	0,6097	09					10,75	08
2013	17,80	08	16	0,6225	07			22,07	10		
2012	14,40	08	18	0,6381	09					10,66	07
2011	14,80	07	17	0,5569	08			16,95	07		
2010	14,00	08	18	0,5402	07						
2009	14,60	07	15	0,4977	06			20,26	07	12,13	07
2008	14,30	07	16	0,4864	07						
2007	13,50	08	13		08			20,76	07		

Des pics de phosphates et de DBO sont fréquents en été, ce qui est typique des apports à flux constants sur l'année, qui sont plus concentrés en période de basses eaux et suggère une pollution due à l'assainissement. Des pollutions phosphorées avec de la DBO hivernales/printanières sont également apparues en 2017 et 2018. Ceci peut être les conséquences des épandages de fumure organique printaniers, ou d'un assainissement dysfonctionnel (débordements de réseaux). Les indicateurs biologiques indiquent une eutrophisation modérée du cours d'eau, avec un niveau de qualité de l'eau d'ensemble assez moyen (diatomées).

## h) l'Arroux à Rigny sur Arroux



Année	IBD norme 2007	M o i s	IBG PCE	I2M2	M o i s	IBG GCE	M o i s	IPR	M o i s	IBMR	M o i s
2019	13,00	06		0,5283				26,25	06		
2018	11,60	08	16	0,4877	08					8,73	09
2017	13,10	05	18	0,5869	05						
2016	12,90	08	18	0,5932	08			16,60	08	8,45	10
2015	13,90	06	15	0,4019	06						
2014	11,50	09	19	0,6875	09			16,72	06	7,9	06
2013	13,30	08	18	0,6204	07						
2012	14,20	08	17	0,5513	09			18,05	07	7,47	09
2011	11,40	06	19	0,5743	06						
2010	10,00	08	16	0,5290	07			29,63	07	7,35	08
2009	8,60	06	18	0,6331	06						
2008	14,80	07	13	0,4622	08			21,02	07	8	07
2007	14,70	09	19		10						

Sur l'Arroux, la DBO a un comportement particulier et augmente en même temps que les nitrates. En l'absence de signalements sur l'assainissement ceci suggère que les épisodes de lessivage pourraient être associés à des lessivages de fumure organique.

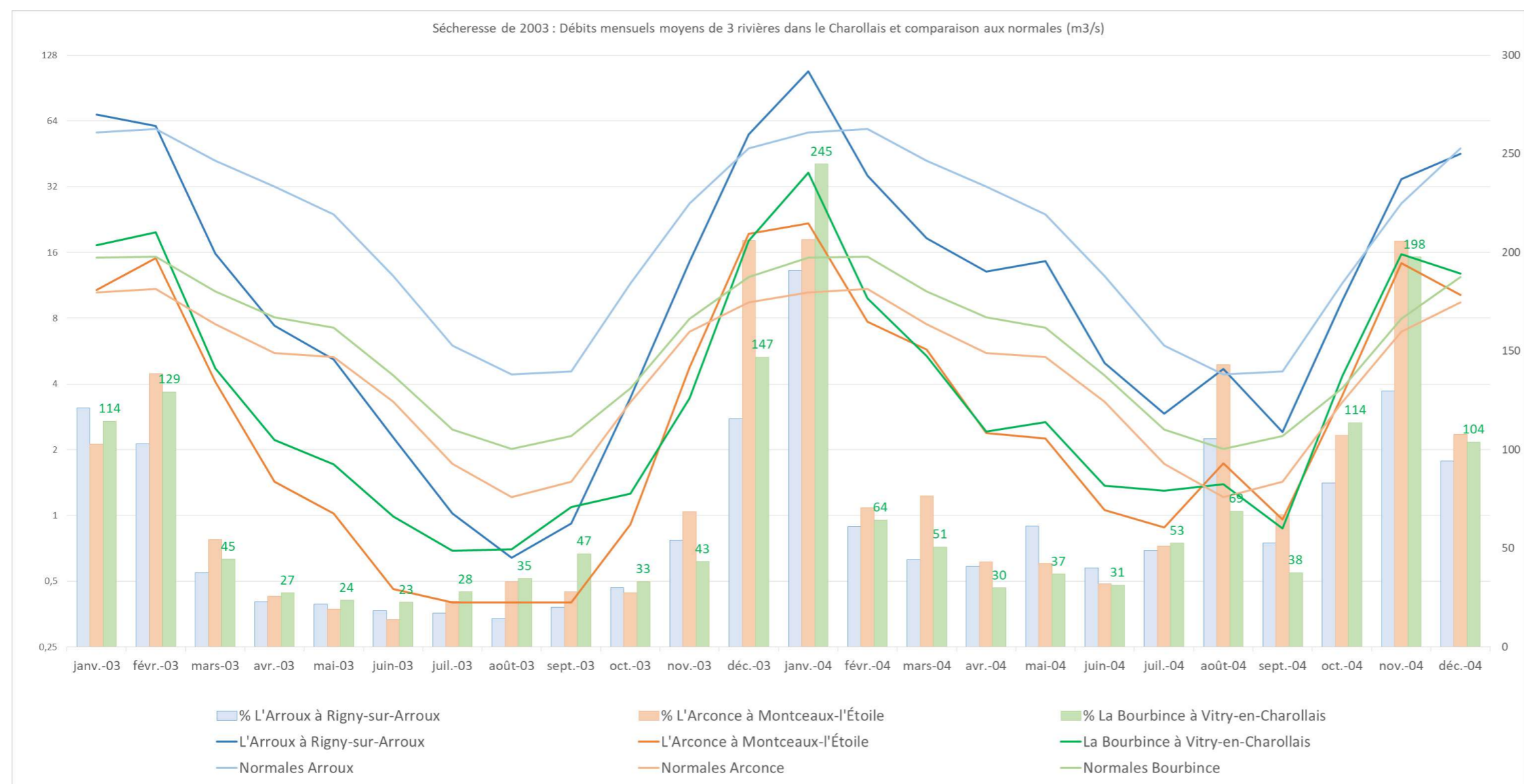


Au niveau biologique, la qualité de l'eau est problématique avec une eutrophisation marquée par les plantes, et une dégradation générale marquée par les diatomées. La bonne morphologie du cours d'eau préserve les invertébrés (oxygénation, habitat varié).

**Pour l'ensemble des stations on notera que état biologique est toujours en dessous des seuils optimaux, et généralement nettement en dessous, avec un souci fréquent de qualité de l'eau.**

### 6) Caractérisation des années hydrologiques 2003, 2018 et 2019 :

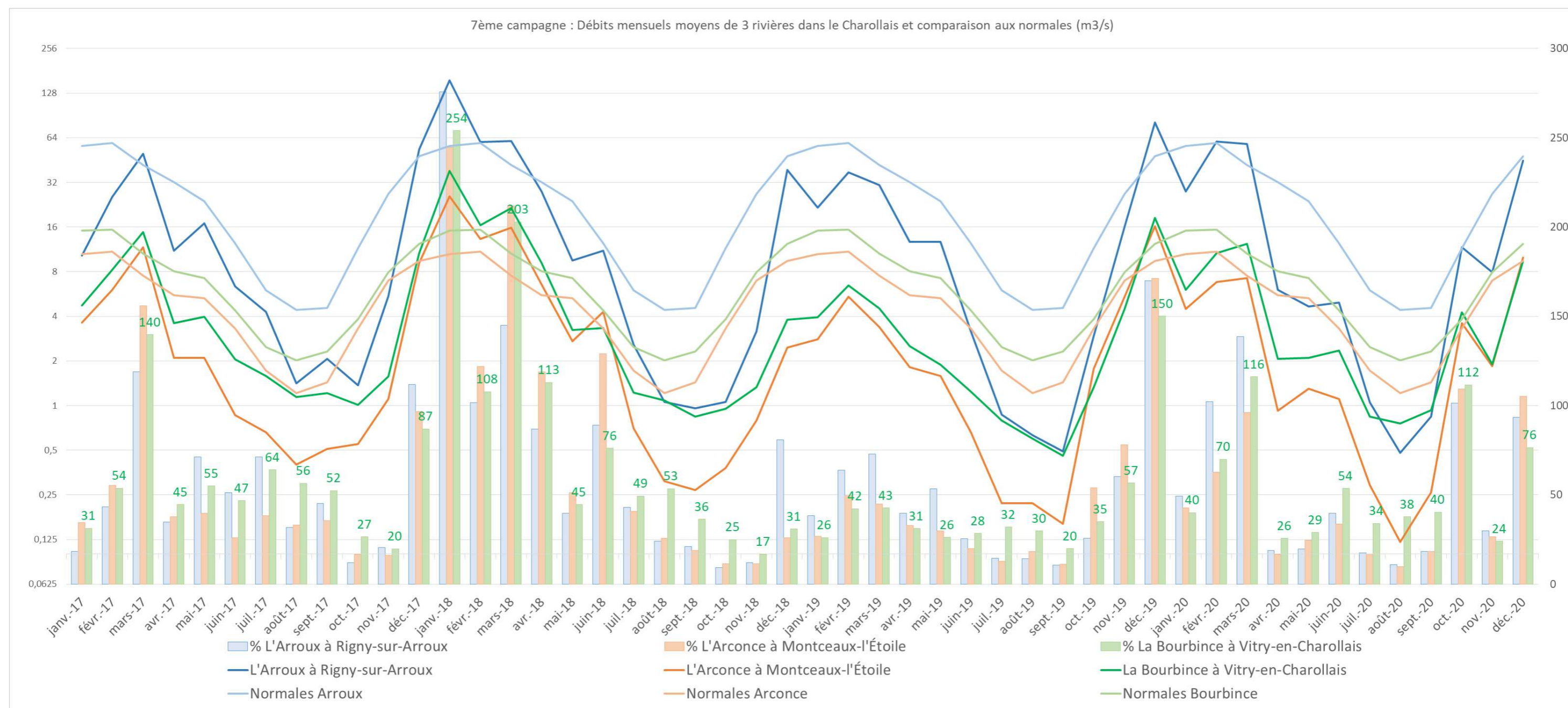
Dans les diagrammes ci-dessous les courbes représentent les débits moyens mensuels, les histogrammes et les chiffres représentent le ratio (en pourcentage) entre le débit moyen mensuel du mois considéré et le débit moyen mensuel interannuel.





L'année 2003 se caractérise par des débits faibles par rapport aux normales dès le mois de Mars et jusqu'à Novembre : de 50 à 25% du débit normal pendant 6 mois de suite, donc probablement des sols peu rechargés en eau, en tout cas une année sèche pendant la période de végétation. Les mois humides affichent des débits 2 à 2.5 fois plus hauts que les normales.

En comparaison, l'été 2018 est nettement moins secs dans les rivières, ce qui n'empêche pas les sols d'être beaucoup plus secs que les normales (cf infra) Les crues sont du même ordre qu'en 2003 ( 250%) mais la transition des bas débits aux hauts débit est beaucoup plus violente (entre Novembre 2017 et Janvier 2018 les débits MENSUELS MOYENS sont multipliés par 40 à 60). L'année 2019 se caractérise par une sécheresse marquée toute l'année, même en hiver. Les mois d'hiver fin 2019 sont dans les normales (150 puis 50%). Il semble se dessiner 2 phénomènes à l'origine des pics : 2003 et 2019 sont des années globalement sèches suivies par des hivers plutôt bien arrosés. D'une autre manière, 2018 est très sec en fin d'été et tout l'automne puis très fortement arrosé. Il semble donc que les étés secs d'une part et les hivers très arrosés d'autre part fassent augmenter les lessivages d'azote. Il serait nécessaire de connaître les données agricoles (ou les ressentis) concernant la sécheresse et la production d'herbe sur le secteur pour ces périodes.



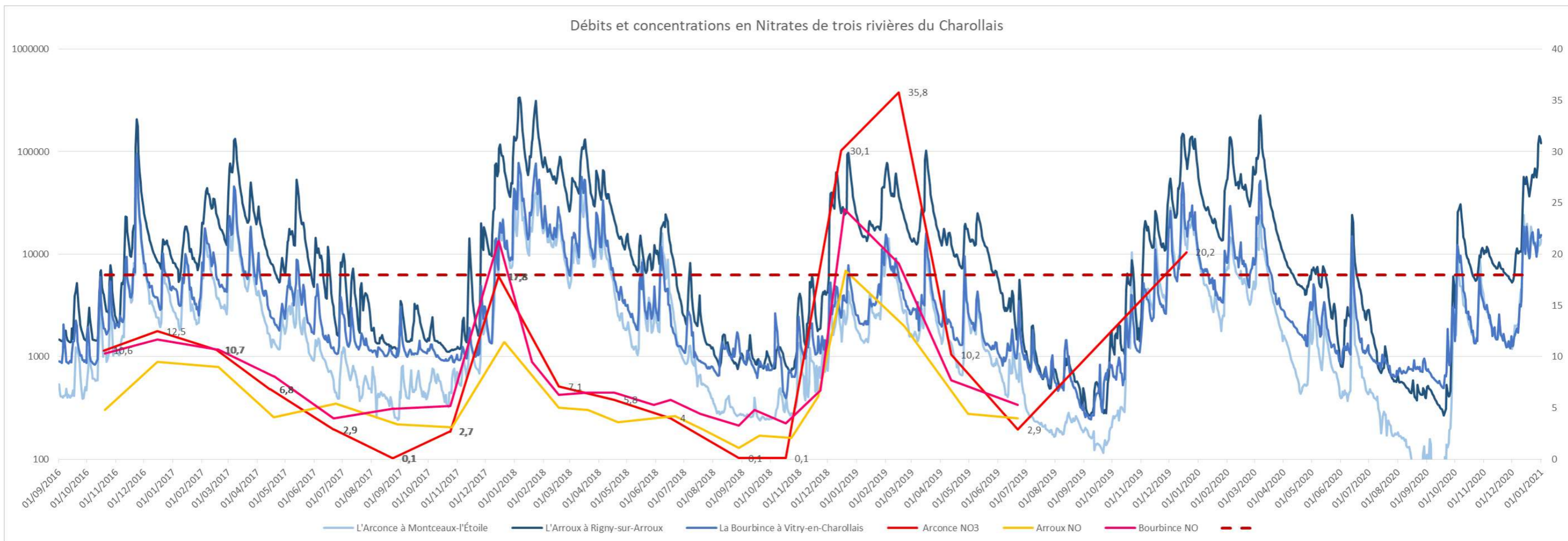
### *Points à retenir :*

- 2003, 2017, 2018, 2019 et 2020 ont été des années de sécheresse d'intensités différentes : 2003 et 2018 sont les plus longues, 2019 est la plus intense en été, 2017 est modérément sèche. (Les données nitrates ne sont pas disponibles pour toutes ces années)
- 2003 et 2018 sont des années globalement sèches qui se caractérisent par des sécheresses longues. Elles sont aussi celles terminées par les plus forts pics de nitrates.
- L'hiver 2018/2019 est extrêmement sec, avec un débit environ 4 fois moindre que la normale. Le mois de Janvier 2019 est le plus sec enregistré depuis 50 ans, et le mois de Novembre 2018 correspond à une sécheresse vicennale (temps de retour de 20 ans).
- La transition sécheresse/ automne humide est progressive en 2003, et pourtant les pics de nitrates sont les plus importants ; le contraste période sèche-période humide n'est donc pas un facteur prépondérant.
- C'est plus la durée de la sécheresse que son intensité ou que la soudaineté des crues, qui semble induire les pics de nitrates les plus importants.

### **7) Liens entre débits et Pics de nitrates (2018/2019)**

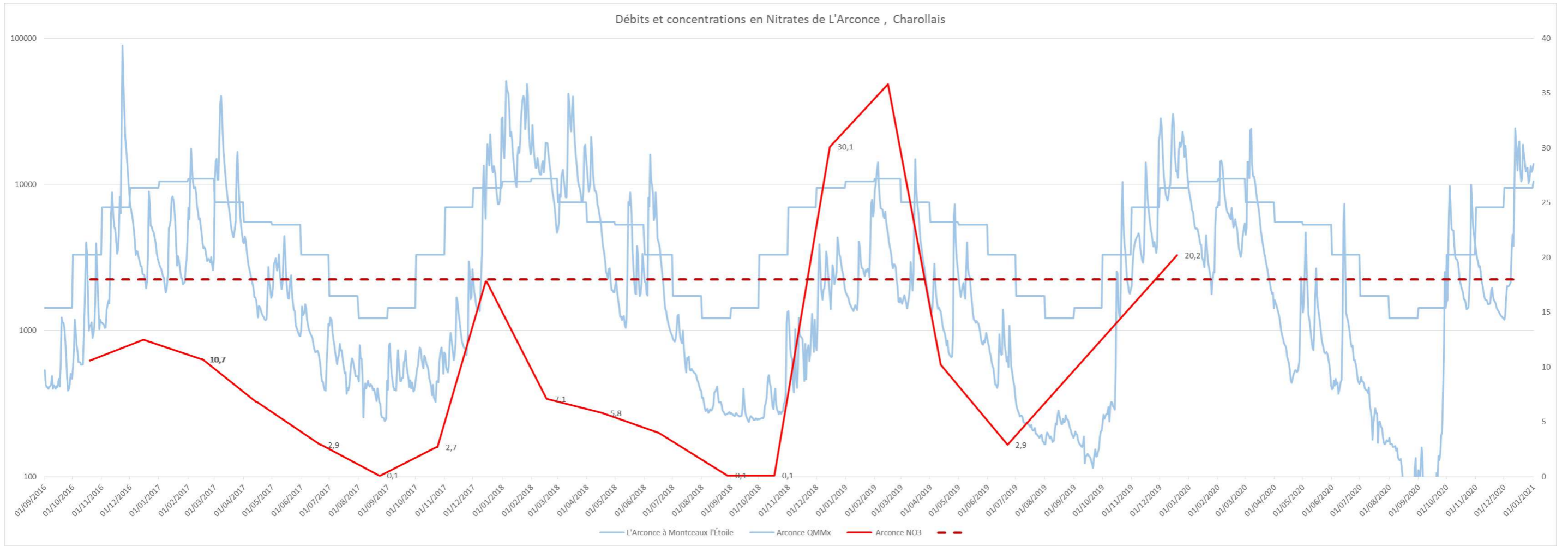
Suivre les débits des rivières est une bonne façon d'appréhender les transferts d'eau pouvant lessiver les nitrates car, ces débits sont gouvernés à la fois par la pluviométrie d'une région, et la saturation des sols en eau. On voit ici que les pics hivernaux de nitrates dus au lessivage ne sont pas systématiquement de la même ampleur chaque année. En comparant aux sécheresses 2017, 2018 et 2019 étudiées précédemment, on peut supposer que l'intensité de la sécheresse (des rivières mais aussi des sols) et sa durée influe sur la quantité d'azote restant dans les sols ; plus la sécheresse est importante, plus les reliquats hivernaux sont importants, car les plantes sont moins actives, croissent moins, et donc utilisent moins les nitrates du sol.

Débits et concentrations en Nitrates de trois rivières du Charollais

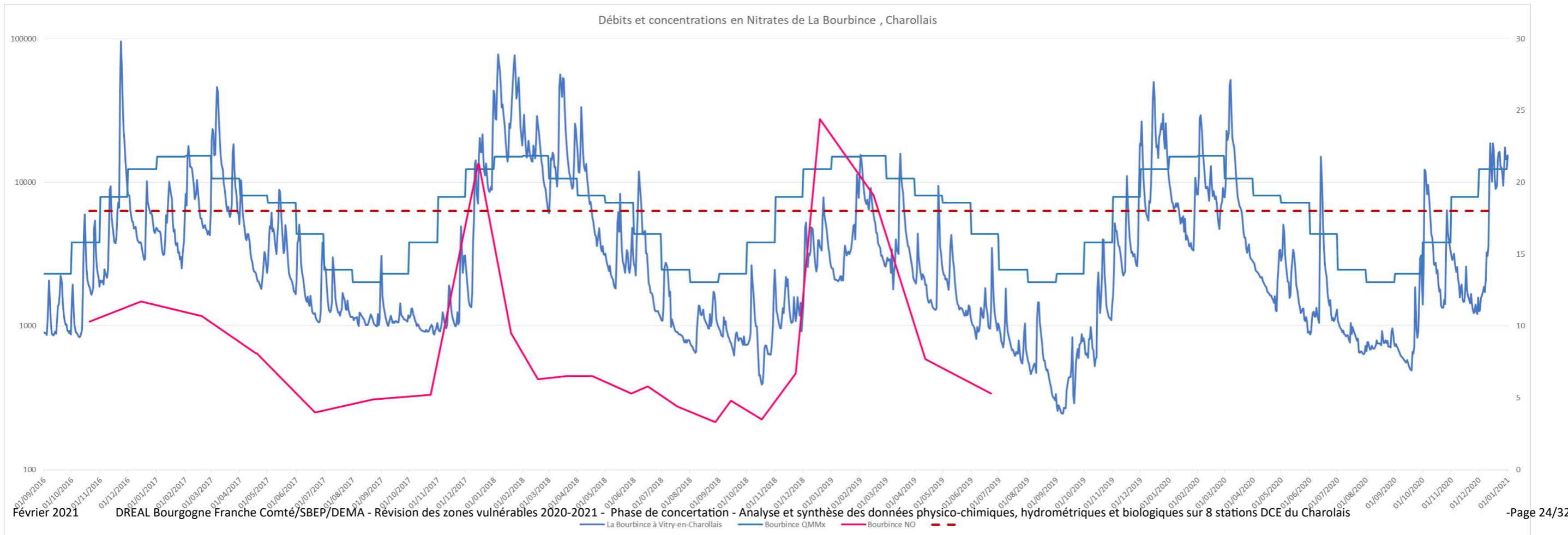


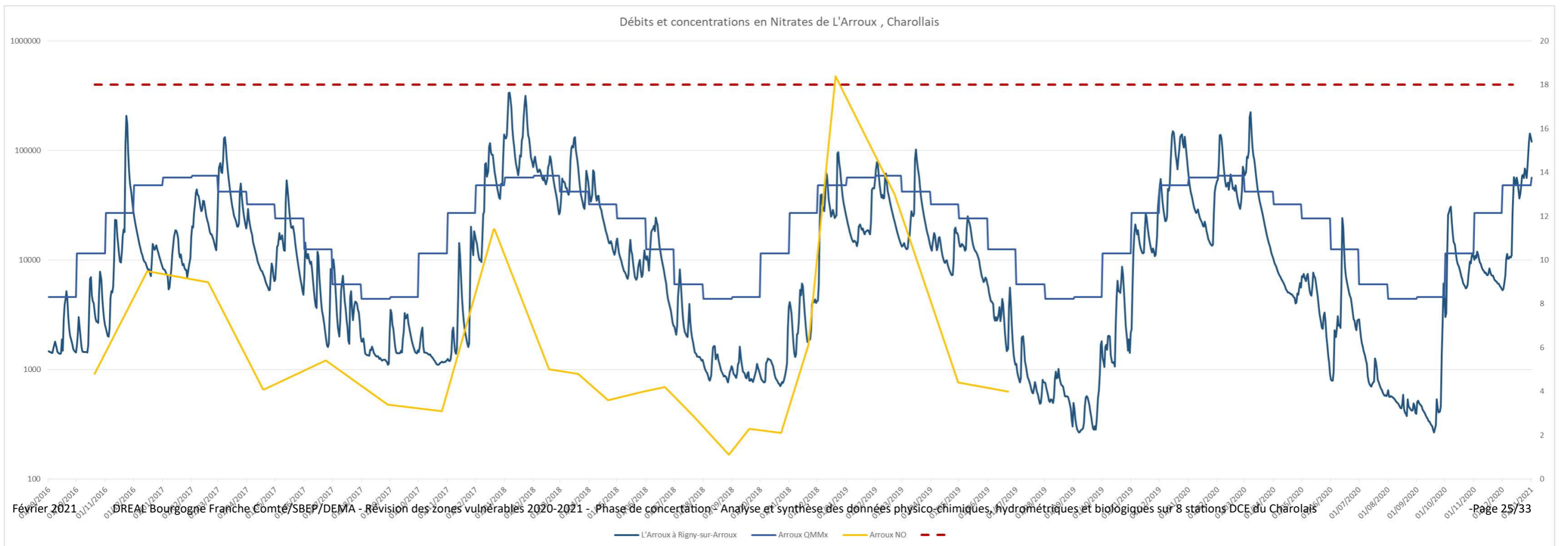
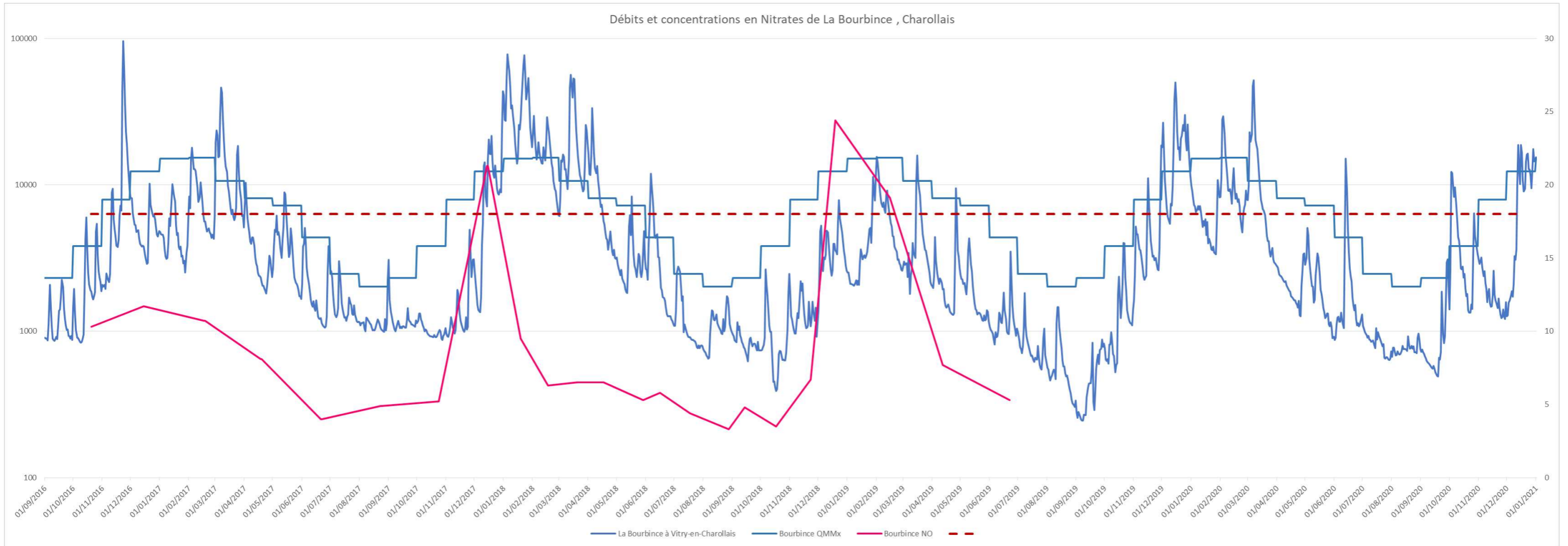


Débits et concentrations en Nitrates de L'Arconce , Charollais



Débits et concentrations en Nitrates de La Bourbince , Charollais





Les saisons végétatives de 2018 et 2019 (ainsi que 2020 d'ailleurs) présentent des débits nettement plus bas que les normales pendant une longue période, et sur l'Arconce et l'Arroux, (ci-dessus) il semble que ce soit la durée de la sécheresse plutôt que son intensité ( faiblesse des débits) ou que l'intensité des crues (donc de la pluviométrie) qui témoigne de l'intensité du pic de nitrates. Ça serait donc plutôt une sécheresse longue (cas de l'été 2018 précédant la campagne), et non un contraste entre une période sèche puis humide qui induit un déficit d'utilisation de l'azote et donc flux de nitrates lorsque les pluies reviennent. Il est également possible que ces pluies plus faibles en Janvier 2019 (début de la 7<sup>ème</sup> campagne) qu'en janvier 2018 aient augmenté les concentrations de 2019 à cause d'une plus faible dilution dans le milieu. Un calcul des flux serait nécessaire pour l'établir. En revanche, nous pouvons suggérer qu'un suivi des résidus d'azote minéral (NO3 surtout) dans les sols en été/ automne serait un élément permettant de caractériser des apports nutritifs trop importants sur les prairies, à moyen terme.

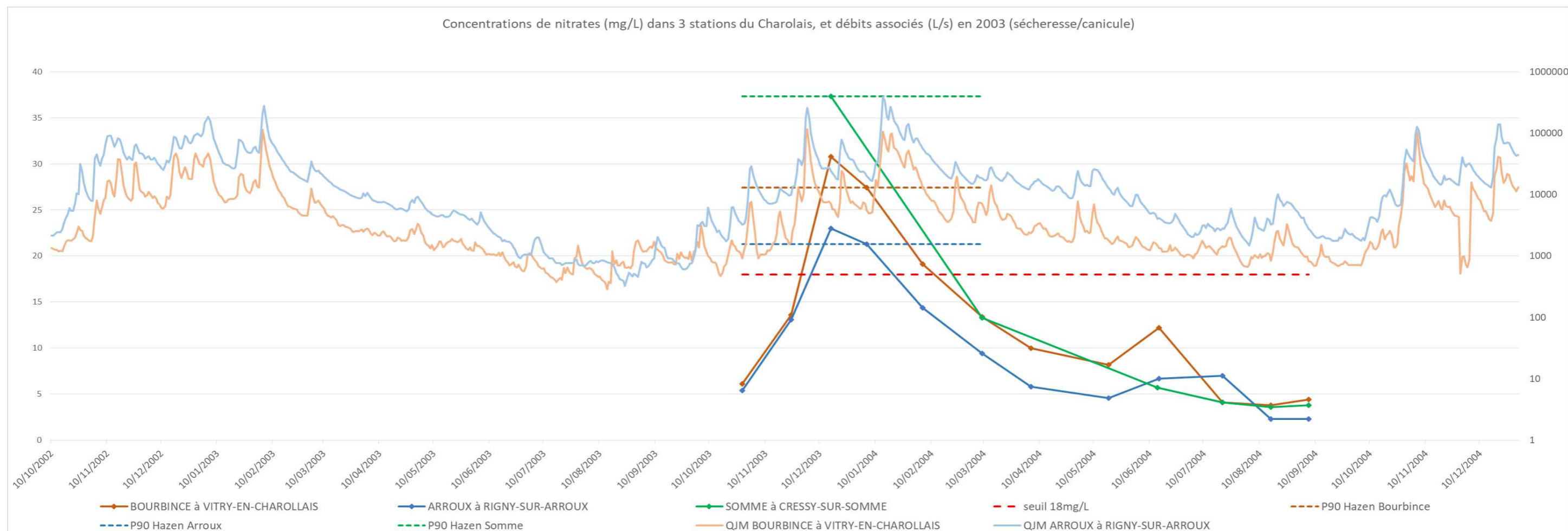
Le lien entre la durée de la sécheresse et l'importance du pic de nitrates pourrait s'expliquer par le déficit de croissance végétale, qui crée un excédent d'azote, lessivé par la suite.

*Points à retenir :*

- Les données pour 2 cours d'eau s'arrêtent plus tôt, mais l'ensemble des autres cours d'eau réagit comme l'Arroux (entre 20 et 30mg/L)
- Les périodes sèches dans les rivières sont suivies par des pics de nitrates.
- Il semble que ce soit la durée des étiages plus que leur importance qui conditionne les pics.
- Il est nécessaire d'étudier l'humidité des sols, lieu de la formation et stockage des nitrates.

## **8) Exploitation des données disponibles pour l'année 2003**





On note ici la hausse très importante des nitrates lors des crues suivant la sécheresse de l'été 2003. Les valeurs atteintes sont supérieures en 2003, mais du même ordre de grandeur que celles de l'hiver 2018-2019. A noter que la remontée des niveaux est moins brutale en 2003, mais nous ne savons pas si cela engendre un moindre lessivage, plus étalé, ou au contraire une plus grande concentration du fait de niveaux moins hauts.

NO3 Max en mg/L	Somme à Cressy/S	Arconce à Poisson	Arroux à Rigny/A	Bourbince à Vitry en C
<b>2003</b>	37,3		21,3	30,8
<b>2018</b>		35,8	18,4	24,4

(Cependant, les pics de concentrations sont trouvés dans des prélèvements ne correspondant pas au pic de crue, mais arrivant après. Il aurait été intéressant de connaître les concentrations maximales atteintes lors du pic de crues (03 et 04/12/2003), qui auraient peut-être été encore plus élevées (c'est un enjeu classique et une question récurrente en hydrobiologie).

#### Points à retenir :

- La sécheresse de 2003 a été suivie par des pics de nitrates légèrement supérieurs à ceux de la 7<sup>ème</sup> campagne.
- Les conditions de 2003 et de 2018 et 2019 (voire 2020) sont comparables mais pas exactement les mêmes.

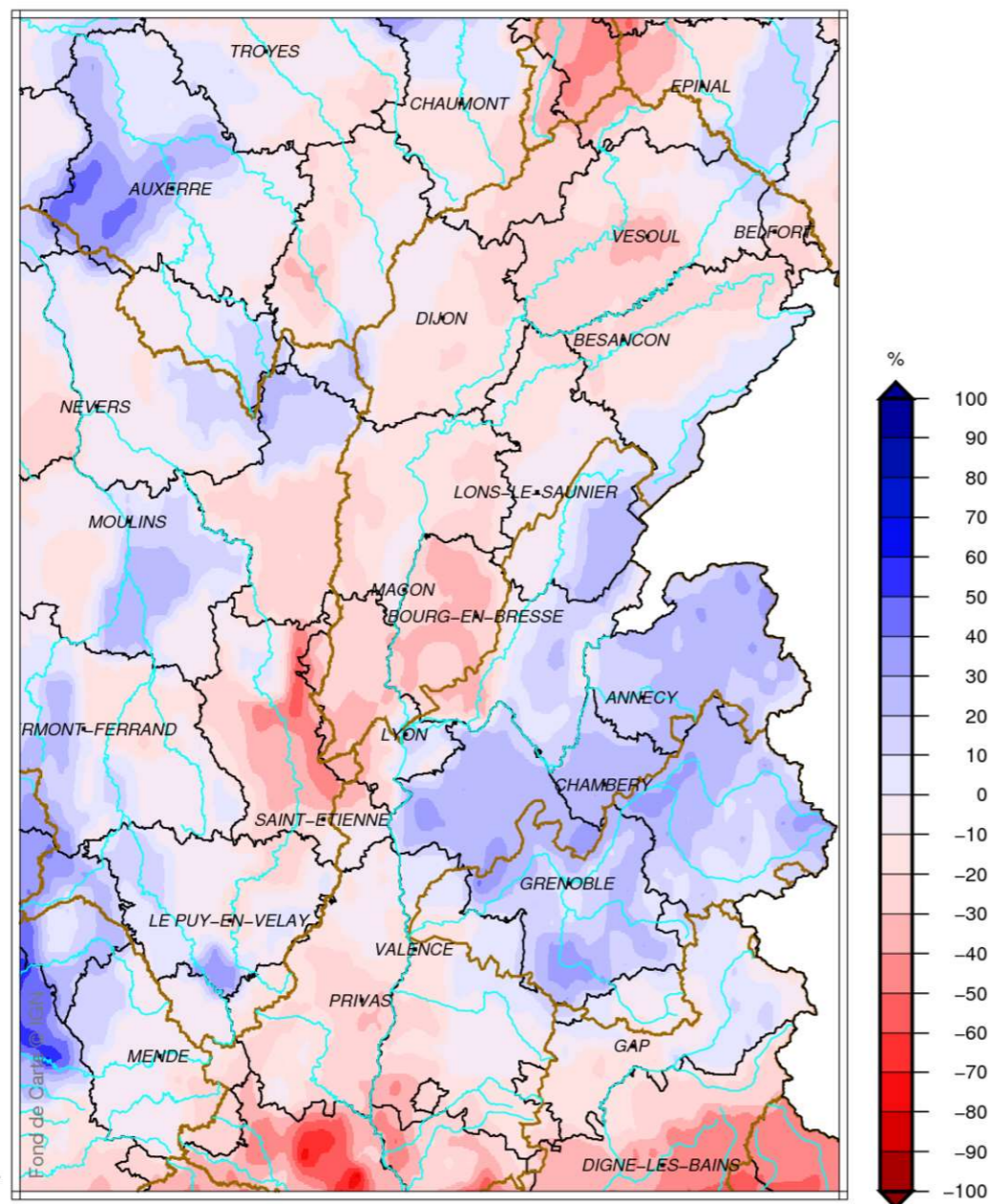
## 9) Humidité du sol



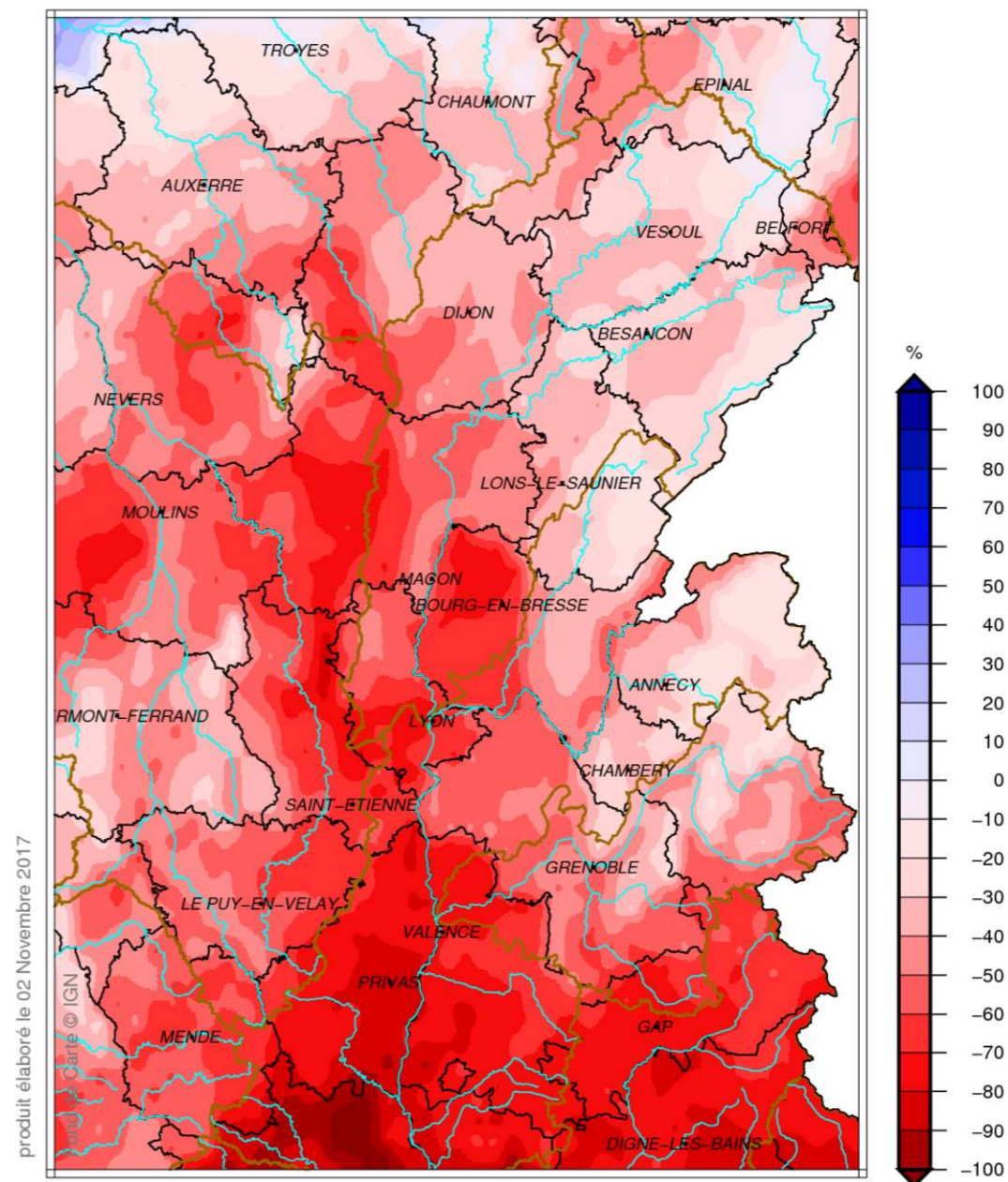
## Carte des écarts de la normale de l'humidité du sol (exemples, il n'y a pas de données pour 2003)



Bassin Rhône amont  
Ecart pondéré à la normale 1981/2010 de l'indice d'humidité des sols  
le 11 Août 2017

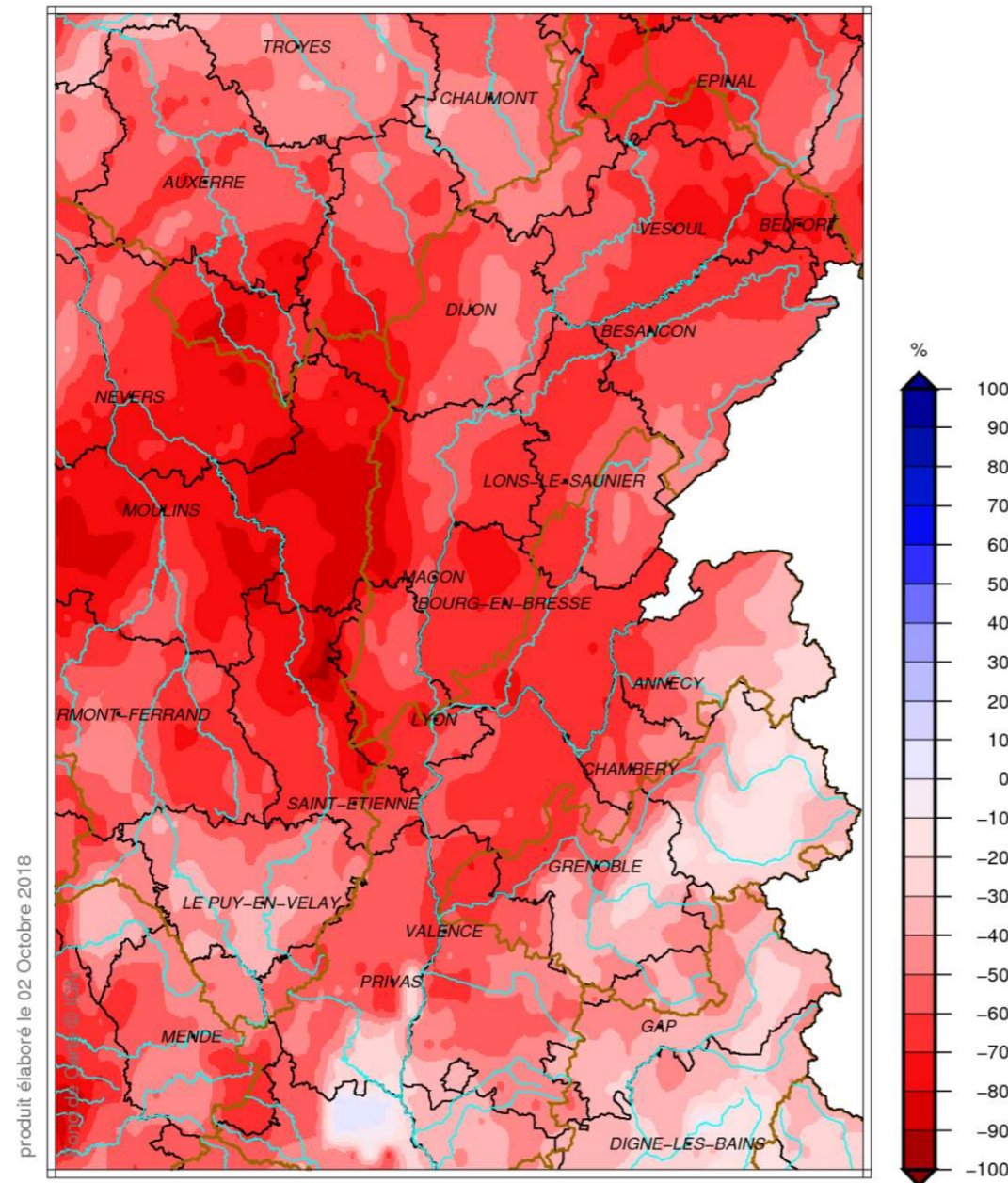


Bassin Rhône amont  
Ecart pondéré à la normale 1981/2010 de l'indice d'humidité des sols  
le 1 Novembre 2017

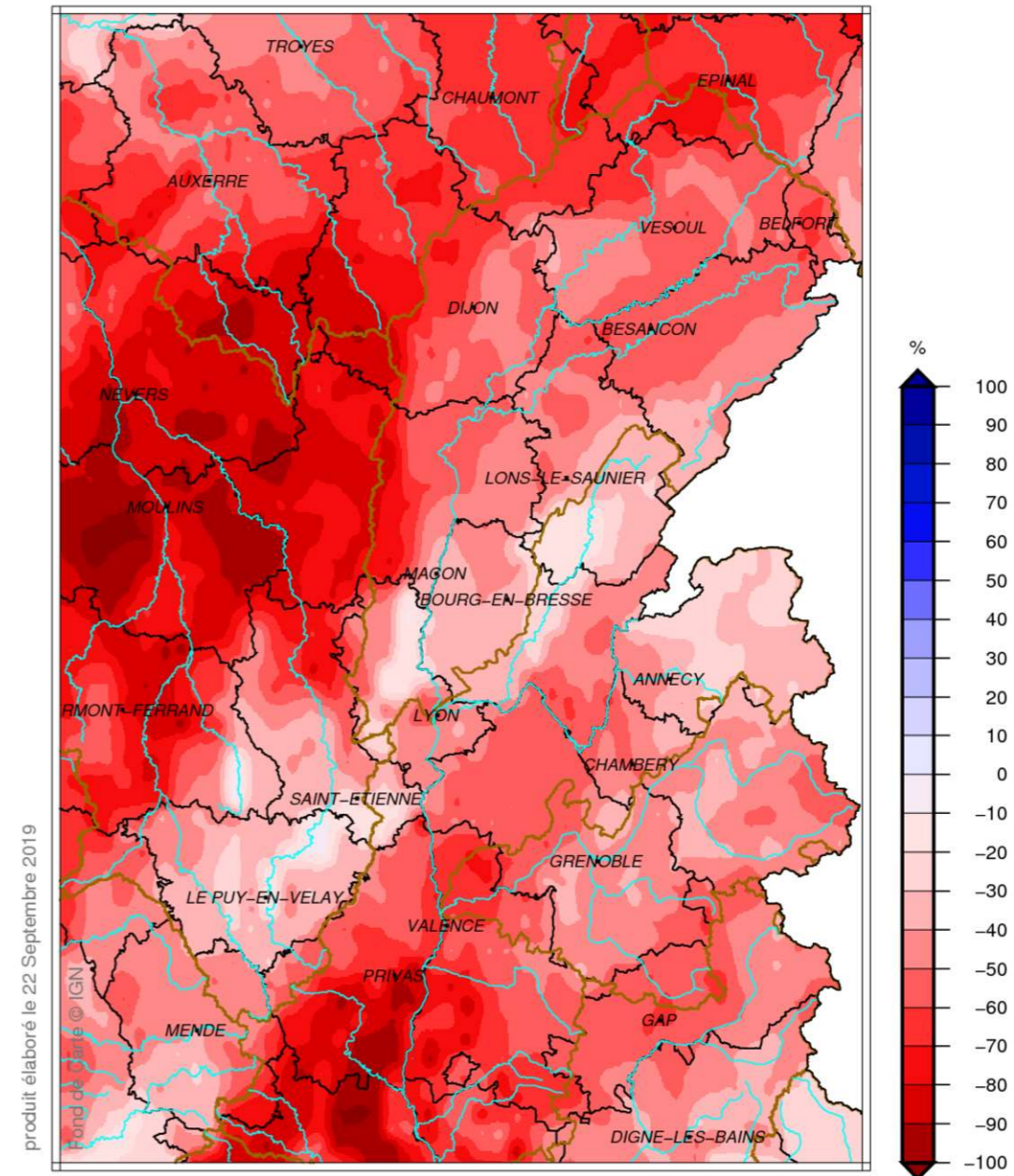




Bassin Rhône amont  
Ecart pondéré à la normale 1981/2010 de l'indice d'humidité des sols  
le 1 Octobre 2018



Bassin Rhône amont  
Ecart pondéré à la normale 1981/2010 de l'indice d'humidité des sols  
le 21 Septembre 2019



Les cartes du contenu en eau des sols indiquent une importante sécheresse relative des sols fin Aout 2017 (-30 à 40% sous la normale) puis Novembre jusqu'à -60-70, suivi de +20 en Janvier. En été puis automne 2018 (début de 7<sup>ème</sup> campagne) , importante sécheresse relative des sols : jusqu'à -70% en Octobre, remonte en Janvier. Idem en 2019 (septembre 2019 – fin de 7<sup>ème</sup> campagne) mais remonte plus tôt et moins fort en Novembre. Il semble logique que le lessivage important des nitrates viennent d'une baisse de la bio-assimilation d'azote par les plantes sous l'effet d'une longue sécheresse qui limite la fixation des nitrates par transfert biologique. Il est nécessaire de savoir combien les prairies ont produit d'herbe ces années-là par rapport à d'habitude, car c'est probablement dans cette biomasse qu'aurait dû se trouver l'azote apporté en excès qui a fini dans les rivières sous forme de pics de nitrates.

*Points à retenir :*

- La sécheresse des sols du Charolais est extrêmement marquée en 2017, 2018 et 2019



- Les conséquences sur la production végétale sont probablement la raison des excédents de nitrates lessivés

#### **10) Pratiques de fertilisation sous forme d'apports d'engrais azotés :**

##### **Pratiques de fertilisation des prairies permanentes en Bourgogne 2011 et 2017**

	2011	2017
Part des prairies permanentes sans fumure minérale	81%	79%
Fumure minérale moyenne (kg N/ha)	6	10
Fumure organique moyenne (kg N/ha)	16	21
Part fumure minérale automne-hiver	48%	59%
Part fumure organique automne-hiver	79%	74%

*Source: Enquêtes pratiques culturales GC 2011 et 2017*

Les apports d'azote sous forme minérale sont assez faibles, mais existants, et concernent les prairies à hauteur de 20% environ. Les apports d'azote sous forme de fumure organique sont eux plus importants (80% des surfaces), avec des doses à l'hectare restant dans les moyennes nationales (20kg N/ha). Ces apports sont cohérents – mais restent supérieurs- avec les productions végétales attendues en temps normal sur les parcelles (15-20 kg N/ha). Ces apports sont majoritairement faits hors de la période de croissance végétale, mais comme vu au début, il semble que pour les épandages organiques au moins, ils ne soient pas directement lessivés dans les cours d'eau puisque les pics de MO et de phosphore ne sont pas observés lors des crues d'automne. Les apports sous forme de fumure constituent donc un stock d'azote disponible dans le sol, pour la reprise de croissance végétale printanière. En temps normal, les quantités d'azote apportées au sol sont équivalentes ou légèrement supérieures à celles exportées par la végétation, mais si la pousse diminue, l'azote forme un reliquat dans le sol, sous forme de nitrates ici, plus ou moins important.

#### *Points à retenir :*

- L'apport d'azote dans le sol sous différentes formes est modéré, mais existant.
- Ce stock d'azote apporté avant la saison de végétation, s'il n'est pas assimilé par les plantes après minéralisation en nitrates, sera sujet au lessivage par les pluies.

## 11) Croissance végétale dans les régions fourragères de l'est de la Saône et Loire :

Nom RF	Entre le 20 aout et le 20 octobre 2020				Entre le 20 aout et le 20 octobre 2019				Entre le 20 aout et le 20 octobre 2018			
	RF	Pousse en T de MS/ha	Référence en T de MS/ha	Indice Pousse/Ref	RF	Pousse en T de MS/ha	Référence en T de MS/ha	part Pousse/Ref	RF	Pousse en T de MS/ha	Référence en T de MS/ha	part Pousse/Ref
MORVAN - NORD AUTUNOIS	2604	0	1,43	0%	2604	0,09	1,41	6%	2604	0	1,41	0%
SUD AUTUNOIS - EST CHAROLAIS	2616	0	1,32	0%	2616	0,07	1,29	5%	2616	0	1,29	0%
CLUNYSOIS - COTE CHALONNAISE	2617	0	1,01	0%	2617	0,06	0,98	6%	2617	0	0,98	0%
SOLOGNE BOURBONNAISE - OUEST CHAROLAIS - BRIONNAIS	2629	0	1,15	0%	2629	0	1,14	0%	2629	0	1,14	0%

Source : Agreste - ISOP 2020,2019,2018

(Référence ISOP 2020 : moyenne des pousses de 1989 à 2018)

Le déficit de croissance végétale est extrêmement important, voire total, sur les trois dernières années. Les années 2018 et 2019 ont bien engendré des pics de nitrates, comme le montrent les données, et les données 2020 à venir indiqueront vraisemblablement la même chose si les mécanismes de transfert d'azote sont correctement compris.

Cette absence quasi-totale de pousse réduit d'autant la bio-assimilation des nitrates du sol. Il s'ensuit donc un reliquat automnal / hivernal très important, puisque les prairies reçoivent malgré tout des apports azotés de par la présence d'animaux. Ces données de croissance végétale malheureusement inexistante suggèrent que l'excédent d'azote du sol s'élève à 15-20kg N/ha, sur l'ensemble de territoire concerné.

Dans ces cas de sécheresse des sols, et de production végétale nulle, tous les apports azotés sont excédentaires, et viennent augmenter le reliquat du sol, qui sera sujet aux lessivages lors des premières pluies automnales.

### Points à retenir :

- Les sols étaient très secs durant les étés 2018, 2019 (2020 non vérifié)
- Les productions fourragères sont quasi-nulles pour ces étés-là.
- Le reliquat d'azote du sol est important, laissant les nitrates sujets au lessivage.
- Ces années de sécheresse sont suivies par des pics de nitrates qui apparaissent proportionnels à la durée de la sécheresse.

## **12) Hypothèses sur l'hétérogénéité spatiale des transferts :**

Les prairies du Charolais n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques pédologiques et édaphiques, ce qui leur confère des qualités agricoles très différentes. Une de ces caractéristiques est leur réaction à la sécheresse. Certaines continuent de produire lorsque les autres sont asséchées. Dans les phénomènes de transferts qui nous concernent, ce comportement hydrique semble conditionner la capacité de la parcelle à assimiler les nitrates dans les plantes, ou au contraire à les relarguer en excès lors des pluies hivernales. Si ce risque de transfert est effectivement très différent d'une parcelle à l'autre, cela suggère qu'une gestion différentielle des parcelles soit mise en place pour limiter les apports et/ou les transferts de nitrates et les maintenir sous les seuils. Ce critère est un levier éventuel à partager et discuter avec les professionnels agricoles.

## **13) Conclusion**

La plupart des stations du secteur présentent une saisonnalité très marquée avec des pics de nitrates hivernaux. Il est à noter que, en particulier au vu des informations apportées par la DDT, des origines diversifiées des nitrates sont à envisager pour certaines stations. Sur l'ensemble des stations, les concentrations en nitrates mesurées lors de la 7ème campagne de surveillance nitrates hiver 2018-2019 et après celle-ci (début d'hiver 2019-2020), sont contradictoires avec le nombre d'UGB en baisse, et la surface de prairie en hausse sur la plupart des masses d'eau. Il s'agit d'un phénomène paradoxal qui mérite d'être compris. Un élément de réponse semble être la météorologie particulière de ces deux années : une sécheresse longue suivie de pluies intenses en 2018 et une sécheresse intense en 2019. Les sols ont affiché des niveaux d'humidité extrêmement bas et les productions fourragères se sont effondrées. Ce phénomène aurait grandement limité la bio-assimilation des nitrates du sol par la végétation, induisant un reliquat (excédent) d'azote minéral dans le sol sous forme de nitrates. Les épisodes pluvieux (intenses ou non) ont ensuite transféré les nitrates aux cours d'eau en quantités inhabituellement hautes. Cette hypothèse est étayée par la comparaison avec la sécheresse de 2003.

Une autre hypothèse demandant des avis de spécialistes agronomes serait que la sécheresse du couvert herbeux induirait un apport de matière organique disponible dans le sol, qui agirait comme un apport azoté et induirait de la même façon une augmentation des nitrates excédentaires et transférés.

En complément aux analyses faites ici, il est, à ce point de notre réflexion, nécessaire d'obtenir des informations sur les éventuelles évolutions possibles des pratiques d'élevage dans ce secteur, de façon à comprendre l'origine précise de ces taux de nitrates élevés, qui ne sont peut-être dûs qu'à des conditions particulières de sécheresse dans un contexte agricole d'enrichissement des sols. En effet, dans le contexte de changement climatique, les événements de 2018 et 2019 auront tendance à être de plus en plus fréquents, et si ces conditions météorologiques induisent systématiquement un impact plus fort des activités existantes sur les milieux naturels, ceci doit être connu.