

# Réseau "Quarstic"

QUALITÉ des eaux et Réseau de Surveillance  
des rivières Comtoises

## *Bilan du suivi des nitrates sur le bassin de la Loue sur 5 cycles hydrologiques 2016-2021*

4<sup>e</sup> édition des "Rendez-vous du karst de  
Bourgogne Franche-Comté" - 13 Décembre 2023





# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU RESEAU QUARSTIC



# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU RESEAU QUARSTIC

## Le Département producteur de données

### 3 réseaux de suivi de la qualité du milieu aquatique :

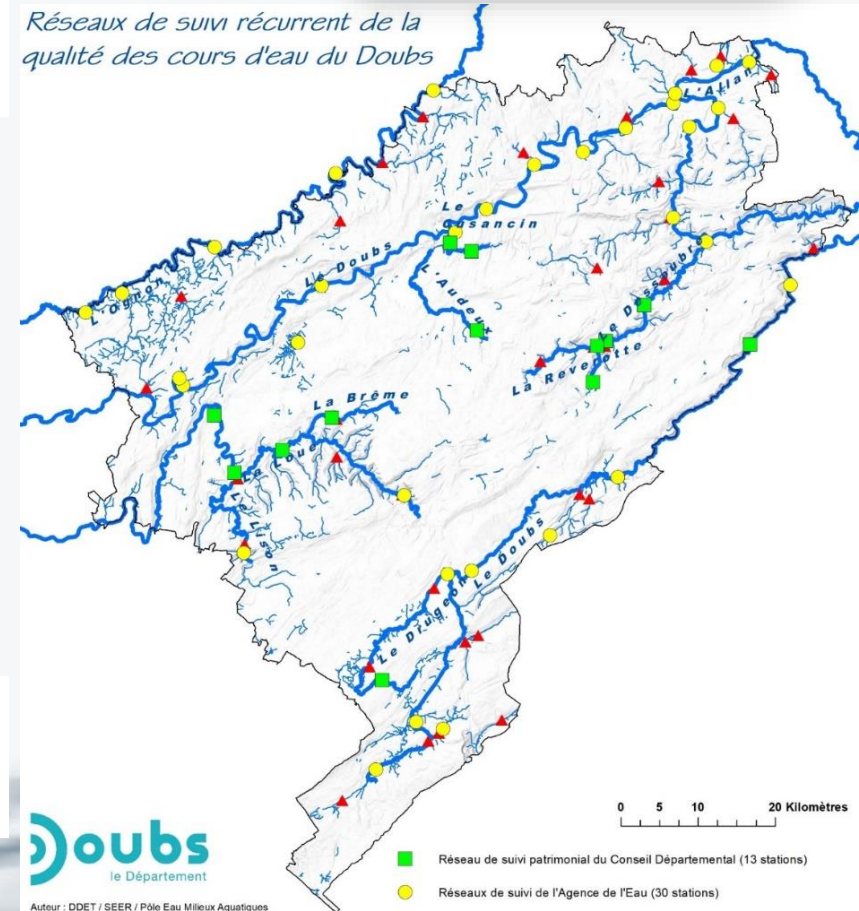
✓ **Le réseau patrimonial** : suivi annuel des principaux cours d'eau karstiques. **13 stations** réparties sur Loue, Lison, Brême, Dessoubre, Cusancin, Drugeon, Audeux, Reverotte, Doubs FS

✓ **Le réseau opérationnel** : caractérisation des sources de pollution et appui aux projets de restauration portés par les partenaires GEMAPIens ou la FDAAPPMA25. **En moyenne 15 stations définies chaque année**

✓ **Le réseau « Quarstic » de métrologie de la Loue** historique



Réseaux de suivi récurrent de la qualité des cours d'eau du Doubs



Auteur : DDET / SEER / Pôle Eau Milieux Aquatiques  
Date d'enregistrement : 17/11/2022  
Source : DDET / SEER / Pôle Eau Milieux Aquatiques

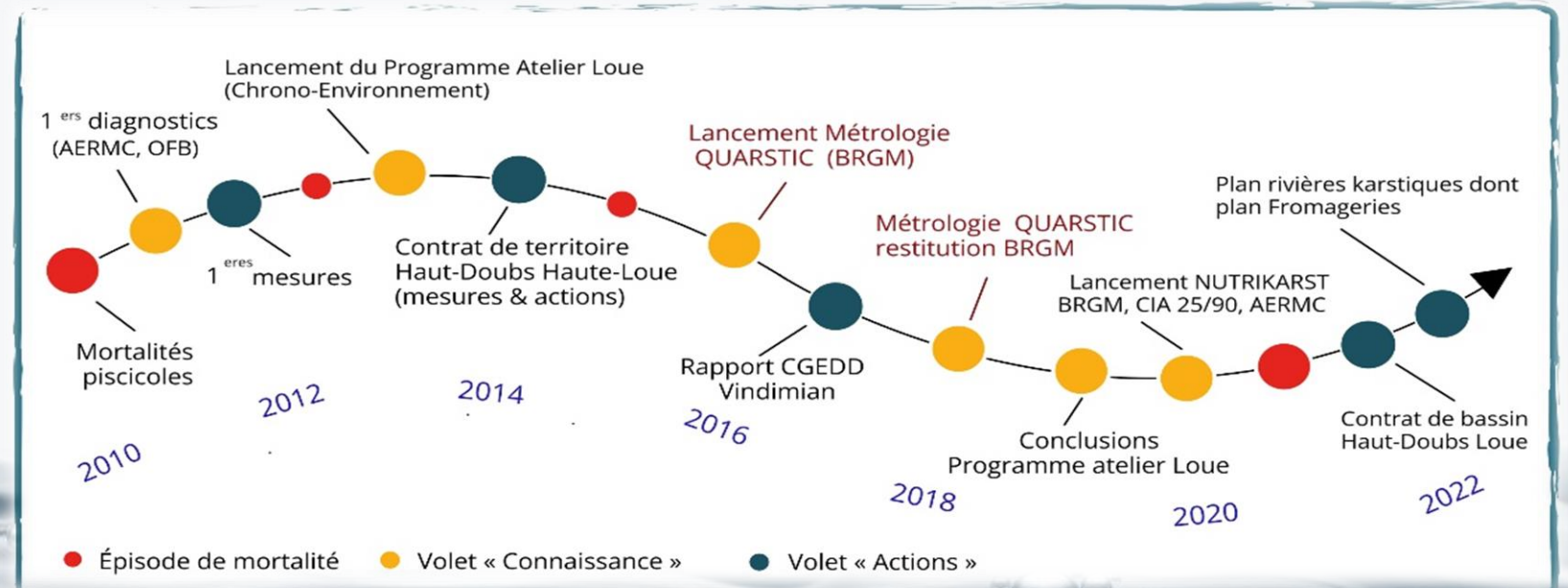
- Réseau de suivi patrimonial du Conseil Départemental (13 stations)
- Réseaux de suivi de l'Agence de l'Eau (30 stations)
- ▲ Réseau de suivi piscicole de la Fédération de Pêche du Doubs (41 stations)

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU RESEAU QUARSTIC

Une des initiatives visant à mieux comprendre les sources de pollution, les voies de transfert et leur dynamique

**Demande du Groupe Scientifique de la conférence « Loue et rivières comtoises » du 11/04/2014 :**  
mettre en place un réseau de surveillance sur la rivière Loue en amont de Chenecey-Buillon

Fin 2015 **le BRGM, le Département** (déjà porteur du suivi départemental) **et l'EPAGE Haut-Doubs Haute Loue** mettent en place un réseau de surveillance de la qualité d'eau de la Loue avec financement de l'Agence de l'eau RMC



# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU RESEAU QUARSTIC

## Des objectifs orientés vers le suivi des nutriments

- ✓ **Poursuivre un effort de métrologie adapté à la sensibilité du milieu karstique** : aller au delà des suivis ponctuels de routine (réseaux « DCE » ou locaux)
- ✓ **Disposer d'une estimation des flux de nutriments** et de leur tendance évolutive
- ✓ **Améliorer les connaissances sur les transferts de nutriments en appui aux programmes de recherche sur cette thématique**: programme « NUTRI-Karst » en cours
- ✓ **Aider à la prise de décision des porteurs de projets locaux**

### Objectifs

#### Objectif scientifique

Mieux connaître les **dynamiques de transferts des nutriments** dans les rivières comtoises

#### Objectif opérationnel

Disposer d'un réseau sur le bassin **haut-Doubs haute-Loue** permettant

- de suivre l'évolution de la **qualité de l'eau**
- d'évaluer les actions mises en place

#### Objectif du projet QUARSTIC

Mettre en place un **réseau de métrologie** et suivre en continu la **qualité des eaux souterraines et de surface** sur le Doubs, la Loue, et le Lison, en se focalisant sur les **nutriments**

#### Retombées potentielles dans le cadre de projets connexes

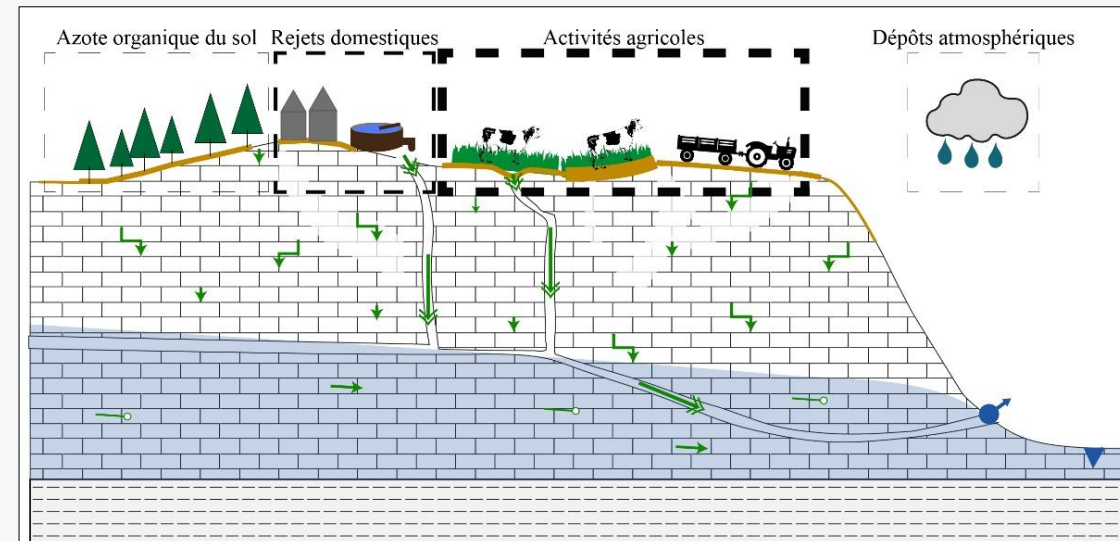
- Compréhension des mécanismes
- Etendre à d'autres types de polluants
- Indicateurs

Source: Charlier et Vallet 2018

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU RESEAU QUARSTIC

## Un focus sur les nitrates

- ✓ **Forme prédominante des transferts d'azote des sols aux cours d'eau**
- ✓ **Forme très mobile, facilement lessivable**
- ✓ **Contribution forte au processus d'eutrophisation**
- ✓ **Une origine anthropique, majoritairement agricole, secondairement domestique (NUTRI-Karst tâche 1)**



### Légende

- Marnes
- Calcaires
- Réseau karstique
- Sol et épaisseur associé au milieu
- Zone saturée
- Vallée
- Source
- Origine de l'azote (l'épaisseur du trait schématise le poids des différents contributeurs)
- Transfert/apport A travers les fissures/fractures
- Transfert/apport A travers le karst
- Fond géochimique naturel

Nom	Surface (km <sup>2</sup> )	Azote N				
		total (t/an)	total (kg/ha/an)	agriculture	assainissement	lait
Doubs à Mouthe	89	146	16	93.8%	5.8%	0.4%
Doubs à Labergement St Marie	56	198	35	91.6%	8.0%	0.4%
Scie Lison	138	595	43	97.2%	2.3%	0.5%
Drugeon à Vuillecin	147	729	50	92.6%	7.0%	0.5%
Scie Loue	196	1427	73	92.8%	3.2%	0.5%
Doubs à Arcon	207	1002	48	73.2%	26.5%	0.4%
Scie Loue	196	1427	73	92.8%	3.2%	0.5%
Loue à Vuillafans	297	1522	51	96.3%	3.2%	0.5%
Loue à Chenecey	670	2866	43	93.3%	6.3%	0.4%

Source : Programme Nutrikarst –Tâche 1 (2023)

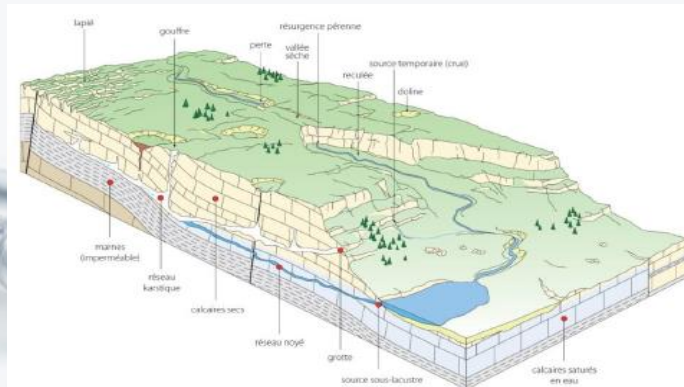
## **2. INSTRUMENTATION PRELEVEMENTS et ANALYSES**



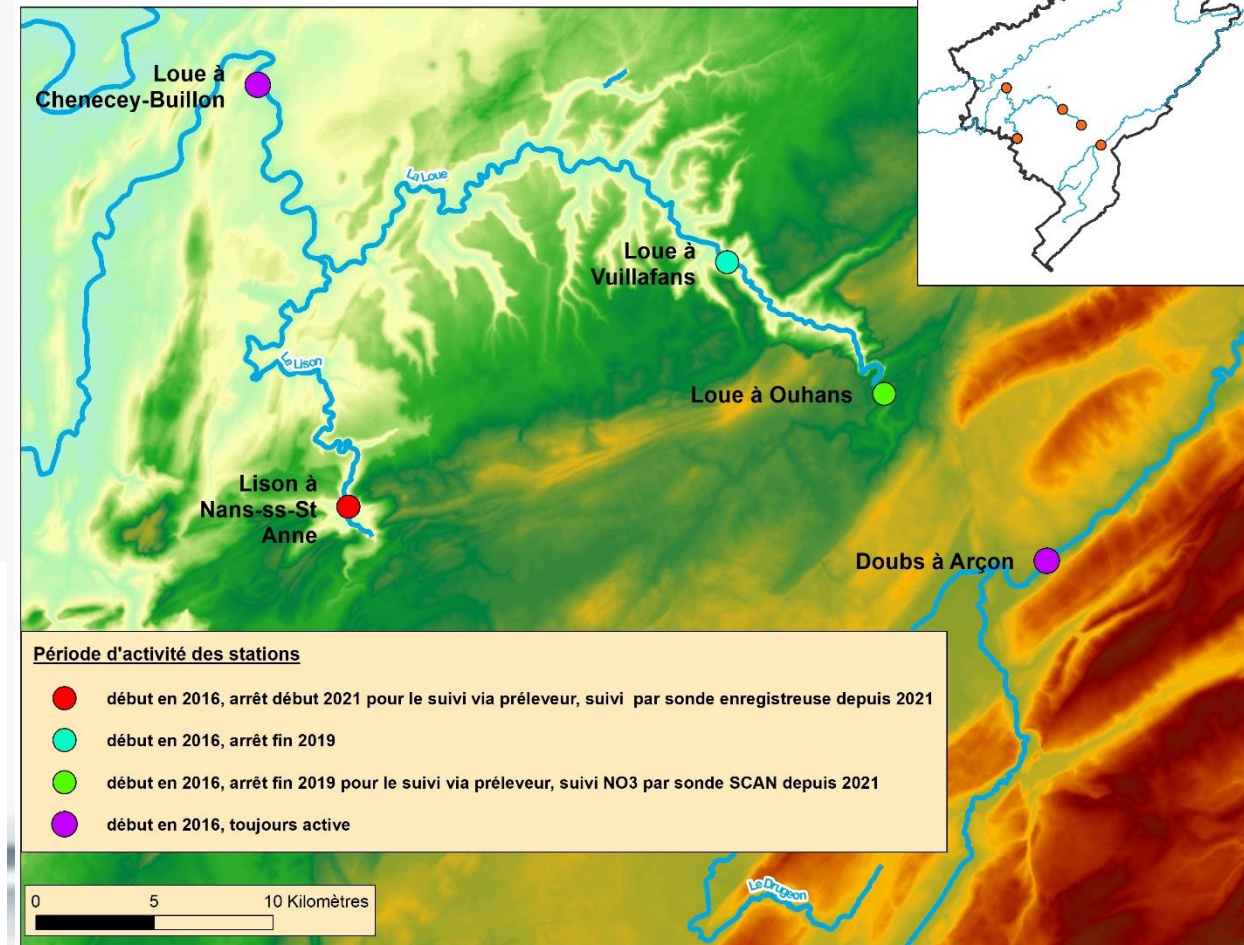
## 2. INSTRUMENTATION, PRELEVEMENTS et ANALYSES

Initialement 5 stations sur des sites clés du bassin de la Loue et implantées au droit de stations de suivi du débit par la DREAL BFC

- ✓ **Les sources de la Loue et du Lison** : sources karstiques principales du bassin
- ✓ **Le Doubs à Arçon** : secteur des pertes principales qui alimentent la source de la Loue
- ✓ **La Loue à Vuillafans et Chenecey-Buillon** : situation en rivière sur les parties amont et aval du Bassin versant strictement karstique



Evolution des stations du réseau Quarstic (situation 2022)





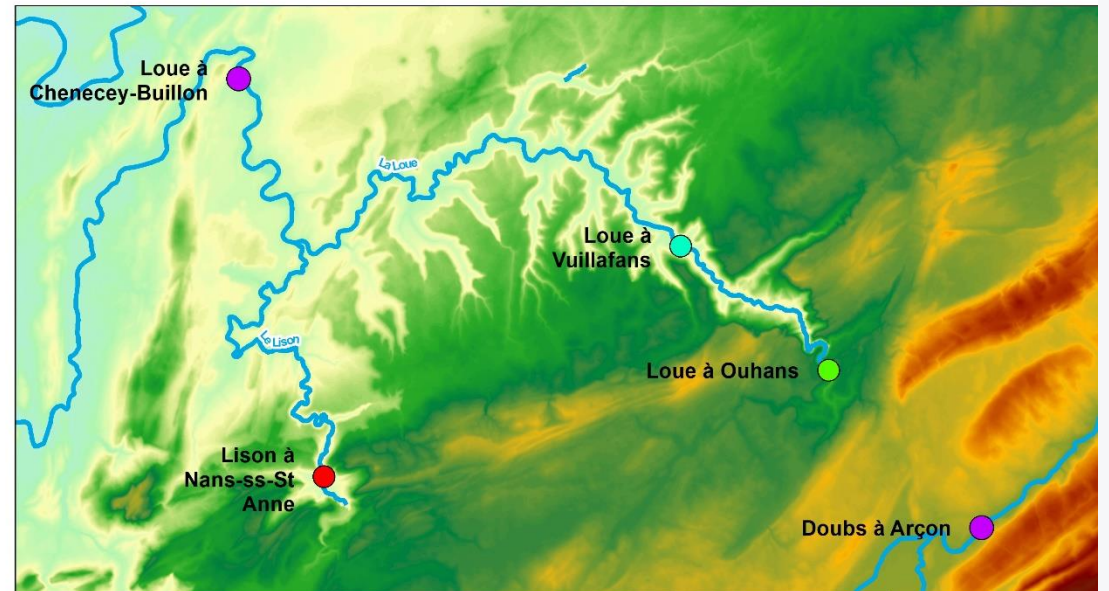
# 2. INSTRUMENTATION, PRELEVEMENTS et ANALYSES

## Optimisation du réseau de suivi

**Adaptation du réseau de suivi aux moyens techniques et financiers mobilisables** (Département et EPAGE HDHL) pour permettre la poursuite du réseau après le projet BRGM et la fin de financement Agence de l'eau en 2020

- ✓ **Les sources de la Loue et du Lison** : sources karstiques principales du bassin
- ✓ **Le Doubs à Arçon**, soit le secteur des pertes principales qui alimentent la source de la Loue
- ✓ **La Loue à Vuillafans et Chenecey-Buillon** : situation en rivière sur les parties amont et aval du Bassin versant strictement karstique

Evolution des stations du réseau Quarstic (situation 2022)



### Période d'activité des stations

- début en 2016, arrêt début 2021 pour le suivi via préleveur, suivi par sonde enregistreuse depuis 2021
- début en 2016, arrêt fin 2019
- début en 2016, arrêt fin 2019 pour le suivi via préleveur, suivi NO3 par sonde SCAN depuis 2021
- début en 2016, toujours active

## 2. INSTRUMENTATION, PRELEVEMENTS et ANALYSES

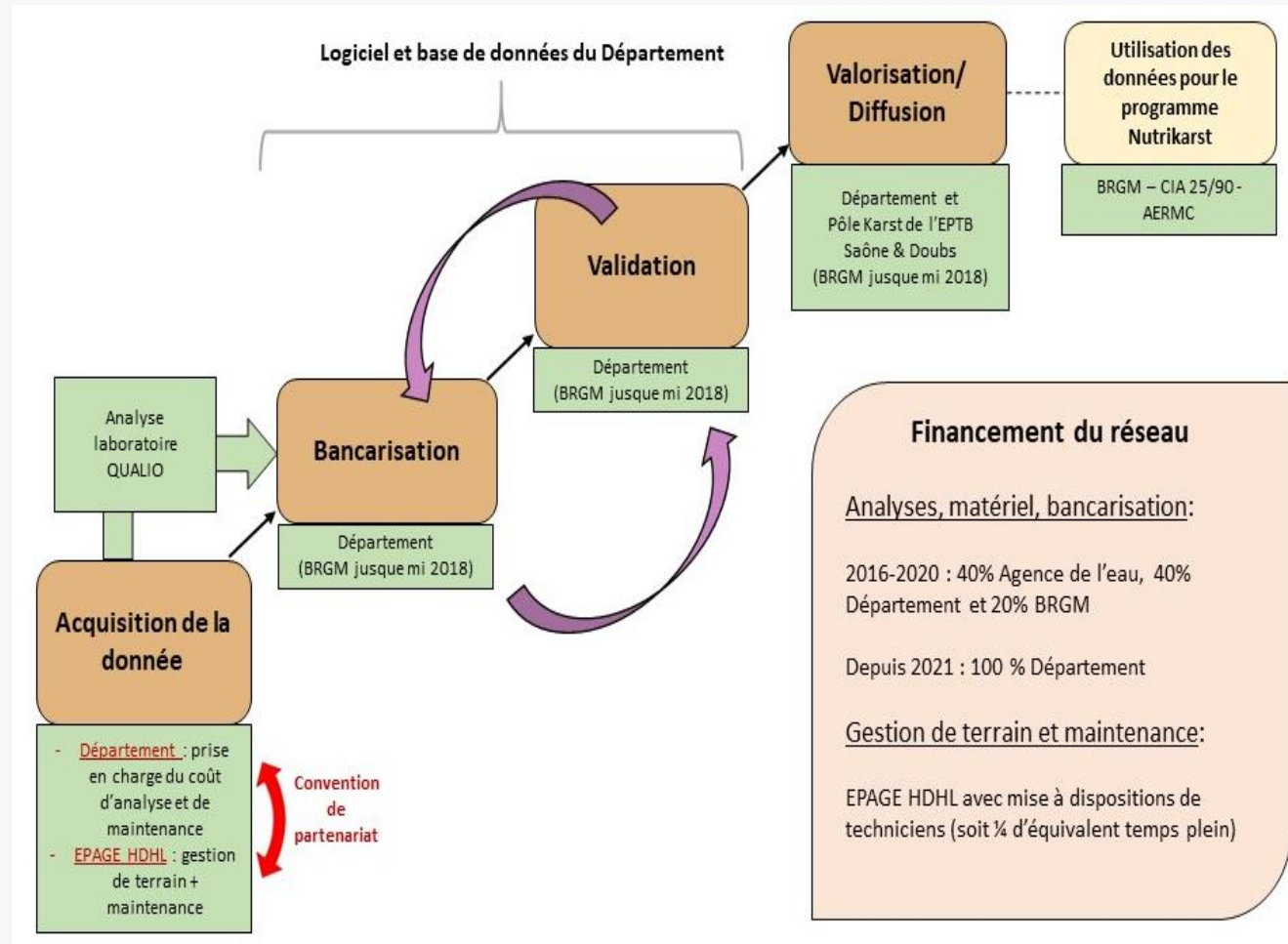
Un suivi des nitrates basé sur des échantillons composites issus de préleveurs automatiques

	hautes eaux (6 mois)	basses eaux (6 mois)
<b>1ère période : de fin 2015 à fin juin 2018</b>	prélèvement unitaire toutes les 4h à raison de 6 prélèvements par flacon ▶ 1 échantillon par jour	prélèvement unitaire toutes les 24h à raison de 3 à 4 prélèvements par flacon ▶ 2 échantillons par semaine
<b>2ème période : de mi 2018 à ce jour</b>	prélèvement unitaire toutes les 24h à raison de 3 à 4 prélèvements par flacon ▶ 2 échantillons par semaine	prélèvement unitaire toutes les 24h à raison de 7 prélèvements par flacon ▶ 1 échantillon par semaine



✓ **Relevé hebdomadaire** : nécessité d'une pré-acidification 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L

# 2. INSTRUMENTATION, PRELEVEMENTS et ANALYSES





# **3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS**



# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

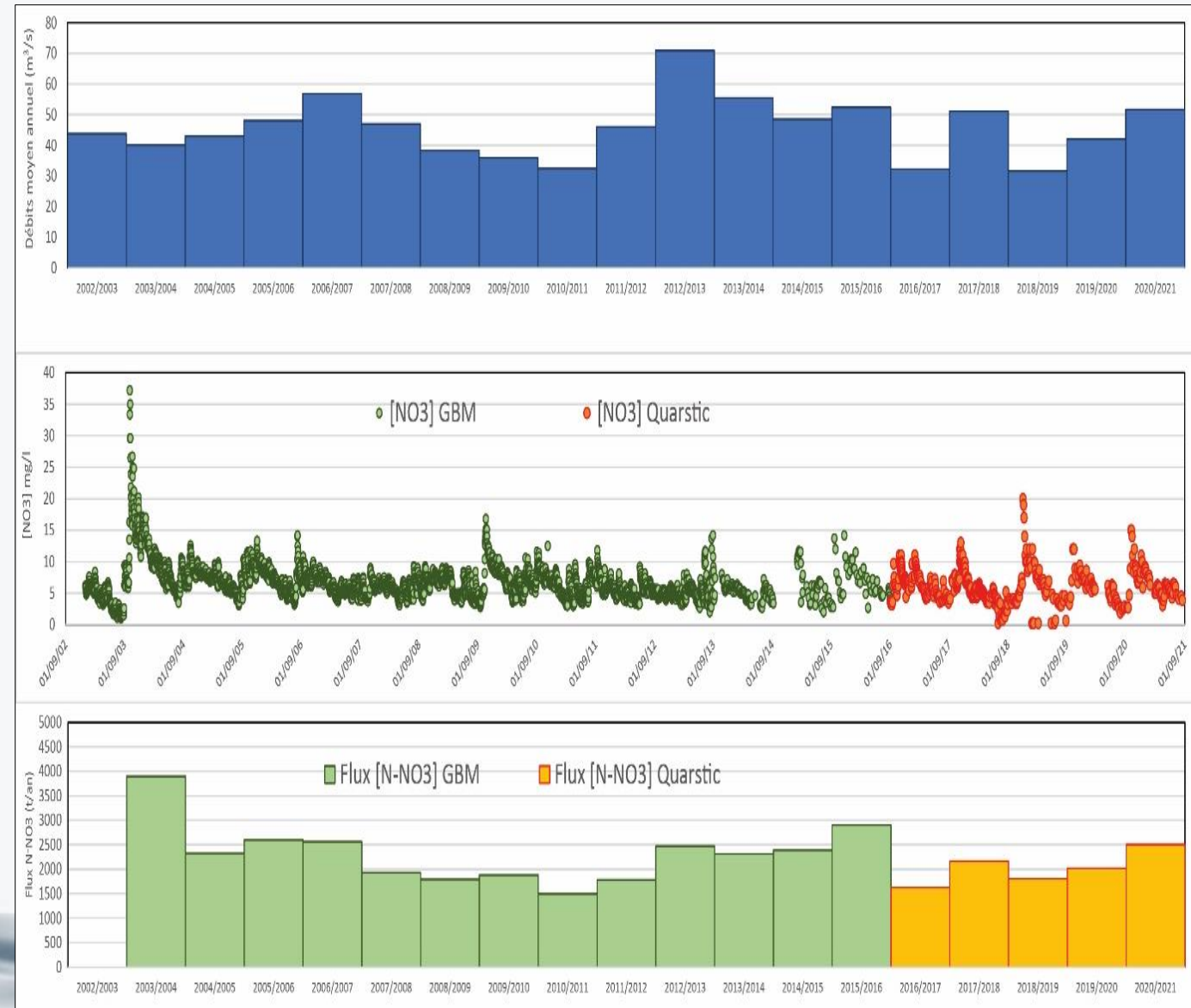
## Variabilité inter-annuelle : l'exemple de la Loue à Chenecey

Hors événement exceptionnel :

- Gamme de valeurs comprise entre 5 et 15 mg(NO<sub>3</sub>)/L
- **Contrôle des flux par l'hydro-climatologie** : lien entre le débit moyen annuel et le flux exporté en fermeture du bassin

Des singularités en cas de forte sécheresse :

- Un pic à 40 mg/L en 2003, avec une récession lente



# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

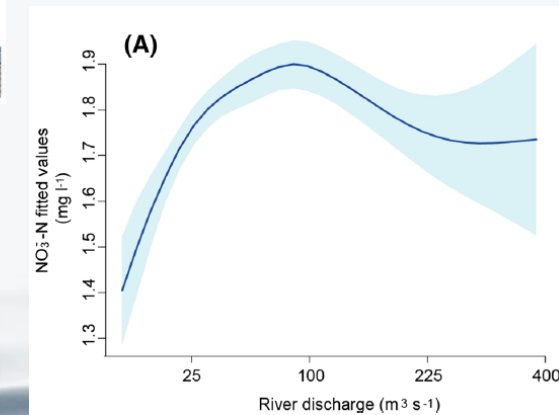
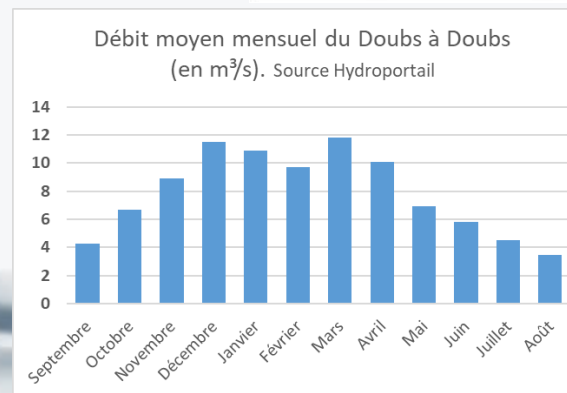
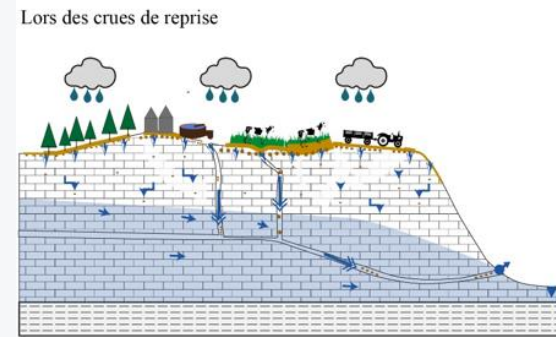
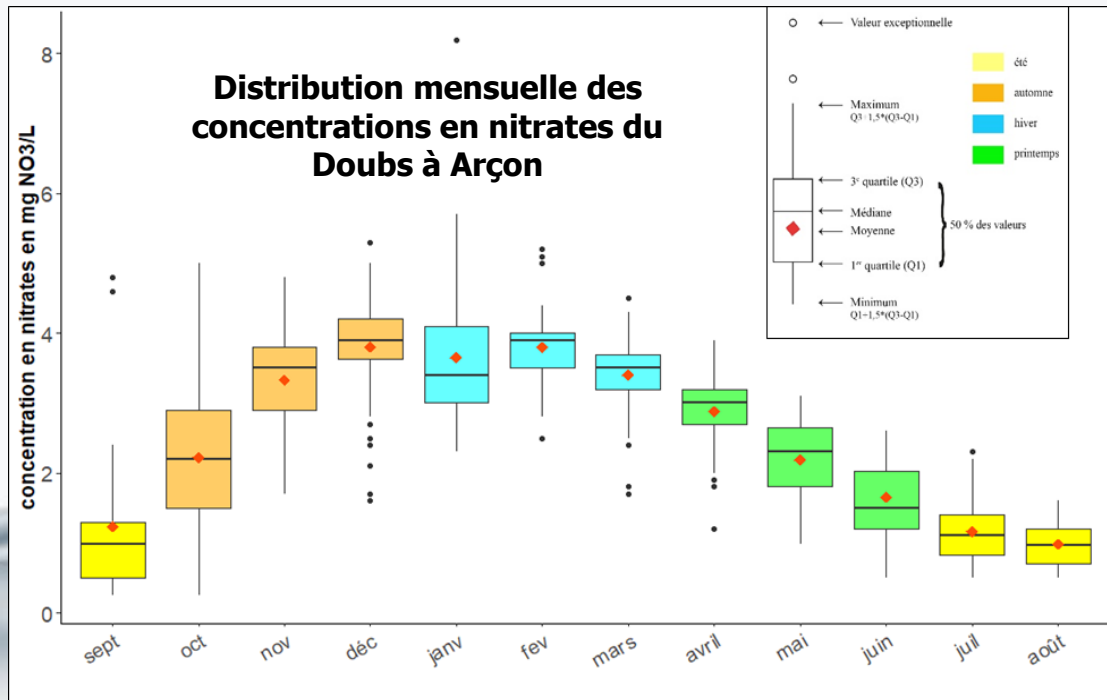
## A l'échelle annuelle, une saisonnalité marquée :

Des valeurs hautes à l'automne, soutenues en hiver et qui précèdent une diminution progressive au printemps jusqu'aux valeurs minimales d'été



NO<sub>3</sub> entraînés par les eaux d'infiltration → [NO<sub>3</sub>] fonction de l'hydrologie

Une consommation par les végétaux terrestres et aquatiques au printemps/été



Source : Frossard et al 2020

# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

## L'influence de la période sèche sur le transfert automnal

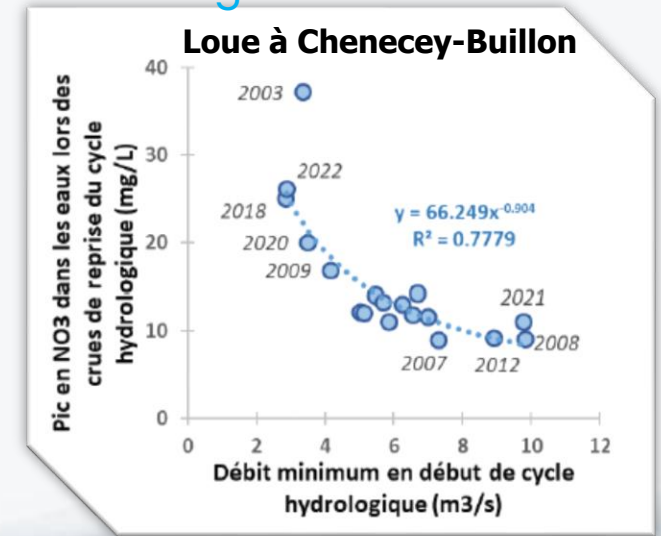
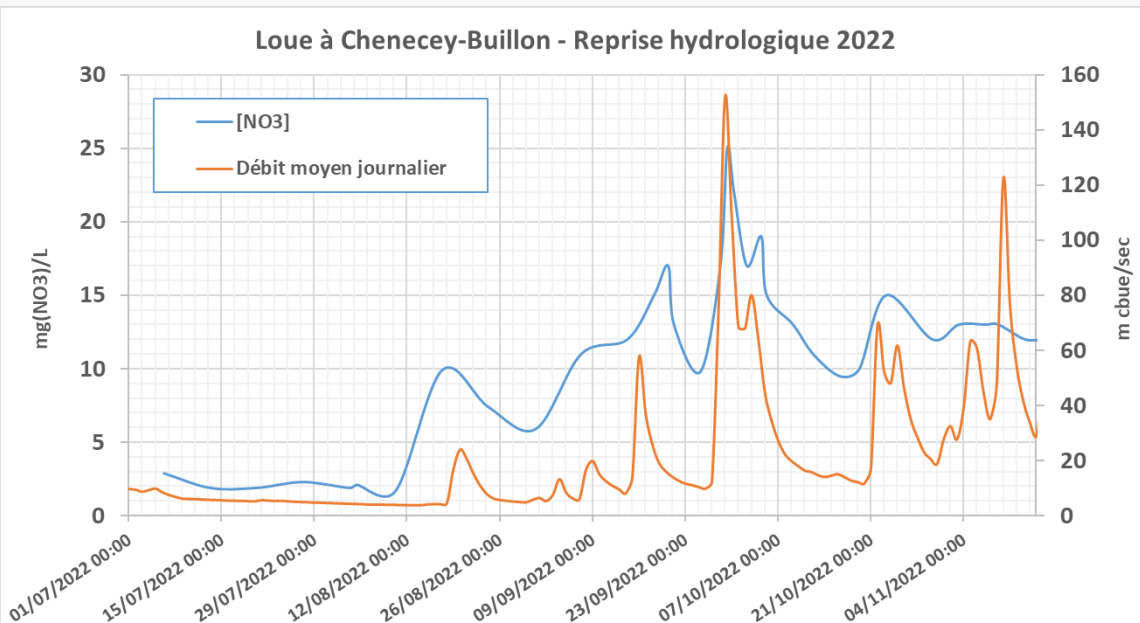
[NO<sub>3</sub>] fonction également du stock lessivable

hausse si faible consommation végétale en cas de canicule / sécheresse

hausse avec la minéralisation de la matière organique par l'activité microbienne

+ teneurs pré-existantes et faible capacité de dilution du karst en fin d'été (Cf Nutrikarst)

Pic marqués lors des reprises hydrologiques suivant des périodes sèches longues et intenses



Source : Programme Nutrikarst – Tâche 1 (2023)

# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

## Variabilité spatiale des flux

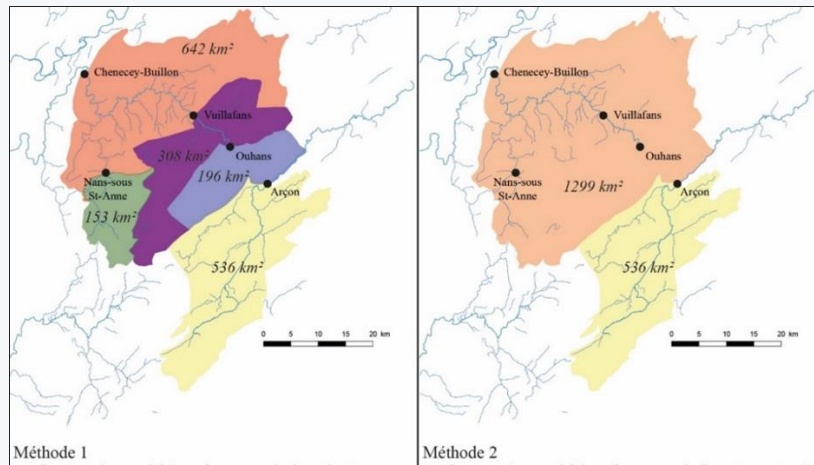
Calcul des flux bruts par interpolation linéaire des concentrations  $Flux = K \sum_{j=1}^{365} C_j^{int} Q_j$  Moatar et al (2005)

Méthode

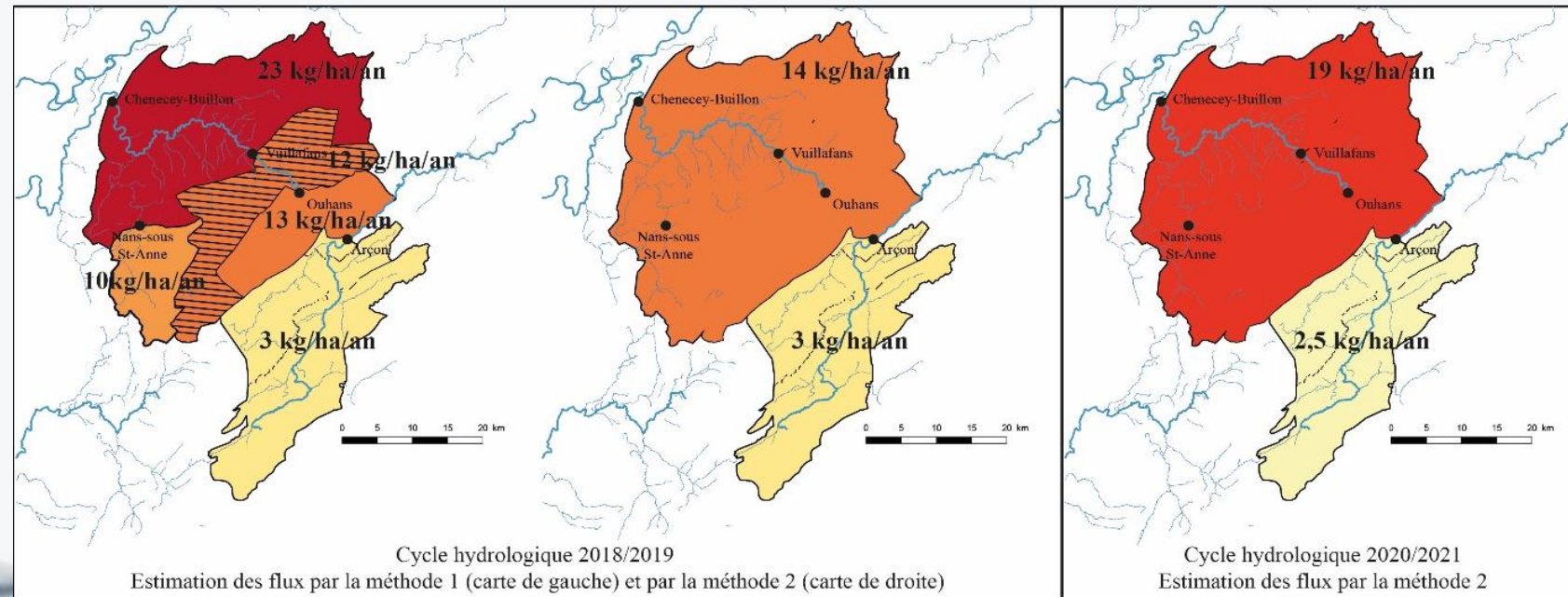
Flux annuels bruts rapportés à la surface du bassin versant



comparaison spatiale



bassins versants producteurs considérés :  
évolution suite à réduction du nombre de stations



Légende

Flux N-NO3 (kg/ha/an)



Estimation



# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

## Variabilité spatiale des flux : une opposition « amont / aval » forte

Par rapport au Doubs amont:

► hausse d'un facteur 7 sur le BV aval

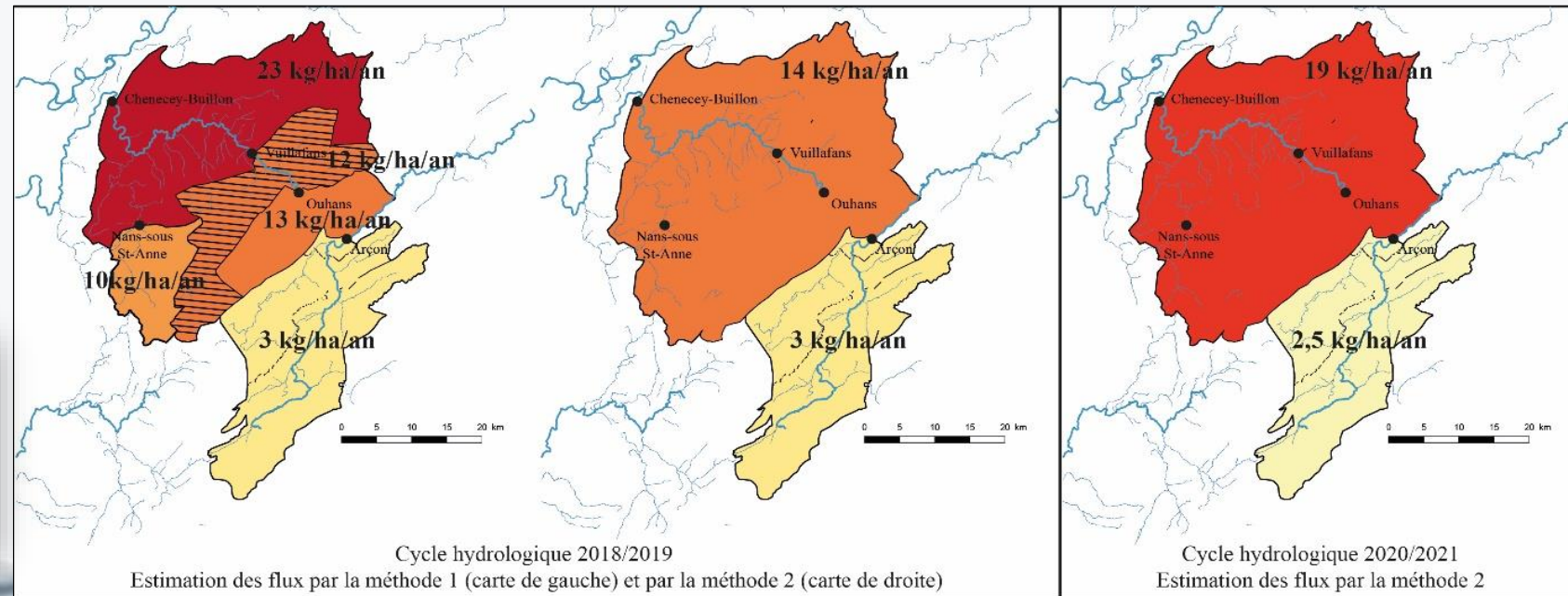
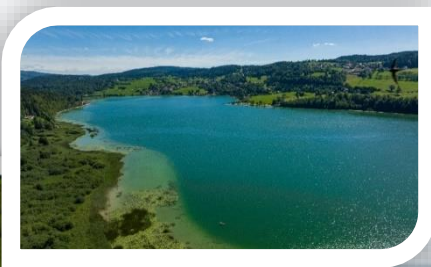
≈ 15 à 25 kg N-NO<sub>3</sub>/ha/an

Type de BV et occupation des sols	N kg/ha/an
Finlande forêt extensive	1,4
USA BV Agricole Bonne qualité d'eau en aval	4,3
USA BV Agricole Qualité d'eau altérée en aval	14,8
Finlande Agriculture Intensive	15,0

Source : programme atelier Loue Univ BFC 2019

Des apports moindre sur le Doubs amont?

D'avantage de processus auto-épuratoires?



Légende

Flux N-NO<sub>3</sub> (kg/ha/an)



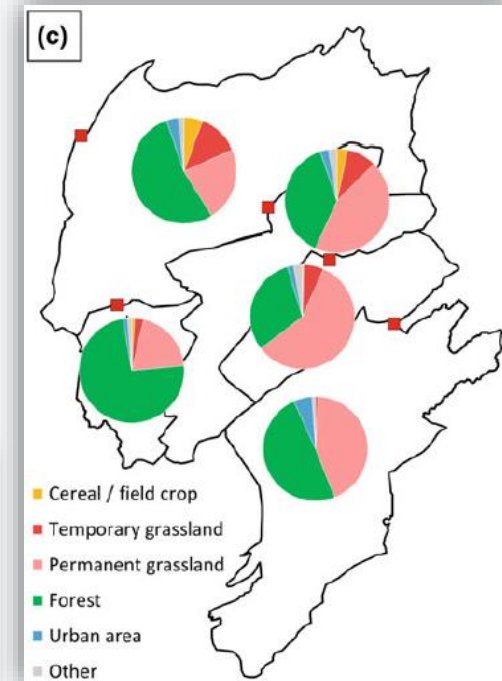
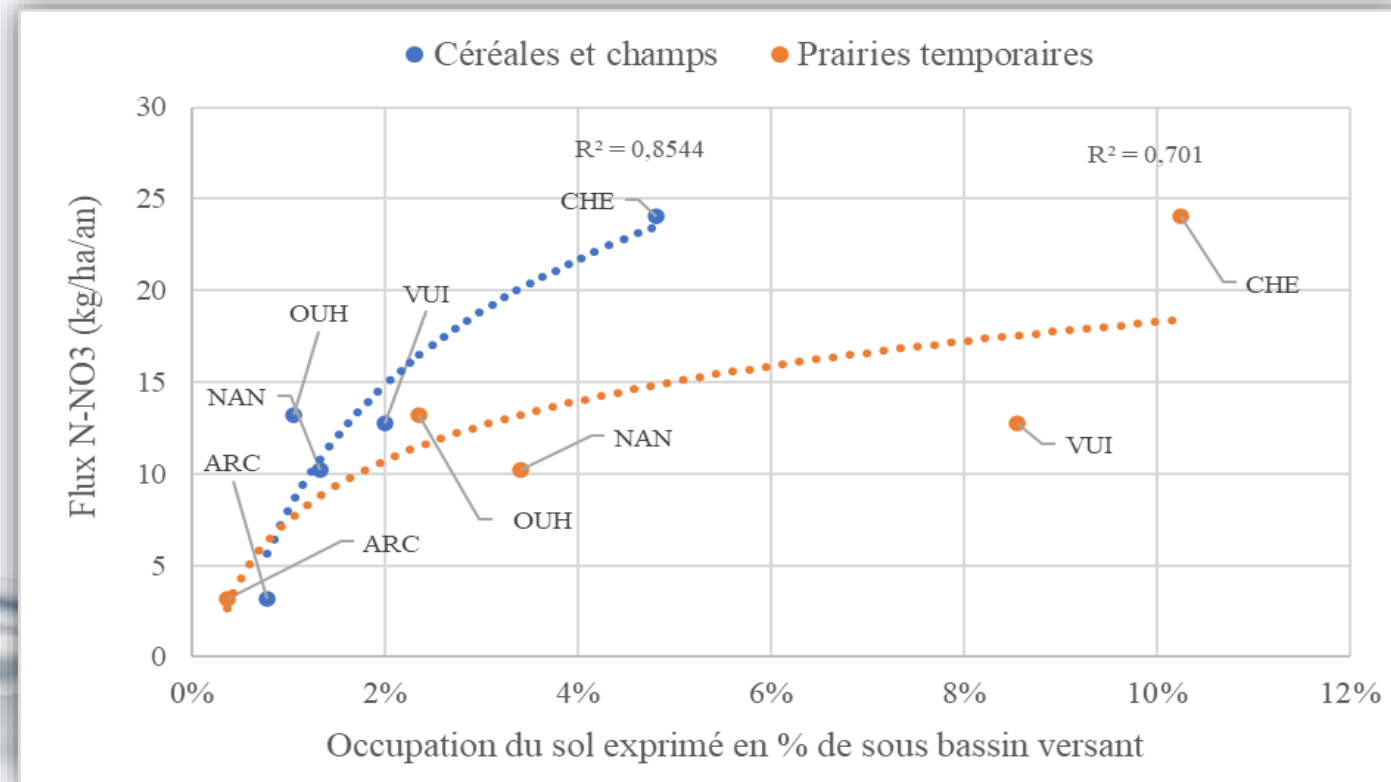
Estimation

# 3. VARIABILITE DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS

## Variabilité spatiale des flux

### Une corrélation avec l'occupation et les pratiques agricoles?

Cf résultats Nutrikarst (BRGM) et Atelier Loue (Univ BFC) : Des transferts favorisés par les influences de la fertilisation, de la couverture du sol, du travail du sol et de la hausse de la minéralisation...



Source Charlier et al., 2020



# **4. CONCENTRATIONS ET SEUILS**



# 4. Concentrations et seuils

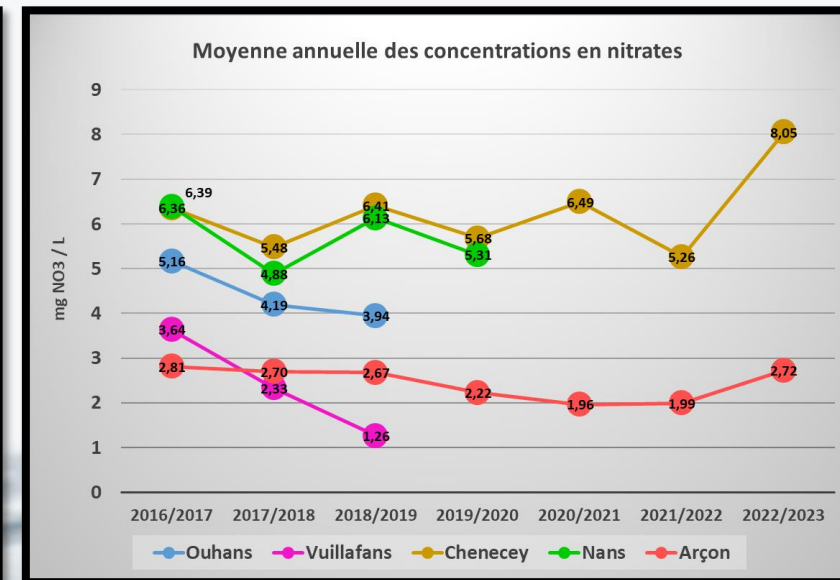
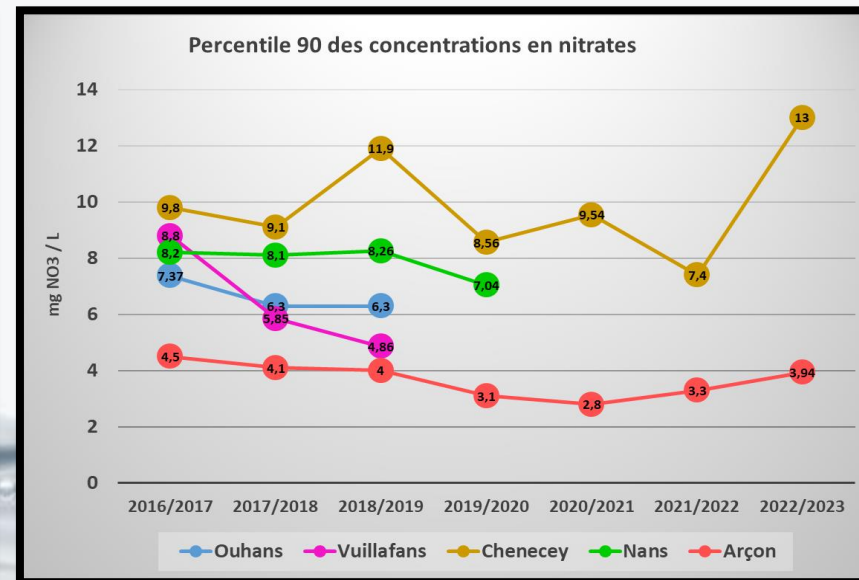
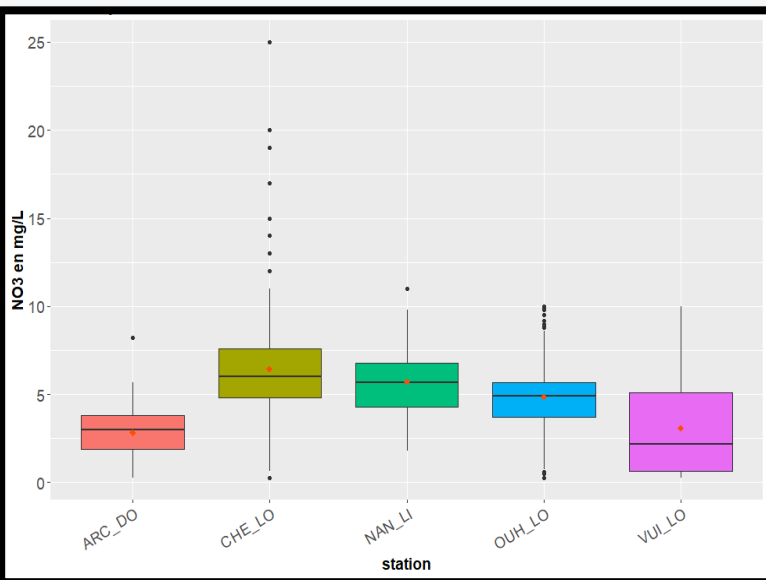
## Un contraste fort entre stations, stable dans le temps

Des concentrations plus faibles sur le Doubs amont (P9= 4,1): Moindre apports ? Plus d'auto-épuration ?

Une situation intermédiaire des source de la Loue (P90= 6,8) et du Lison (P90 = 8,2)

Une forte dispersion à Vuillafans (P90= 5,3) : Dilution par les afférences ? Auto-épuration de la Loue apicale ?

Des teneurs plus fortes à Chenecey, avec des pics automnaux marqués (P90= 9,9)



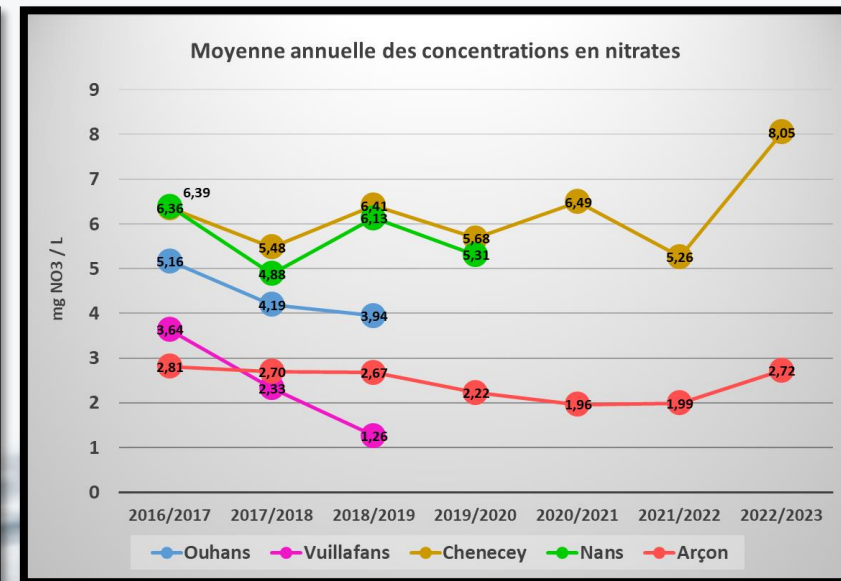
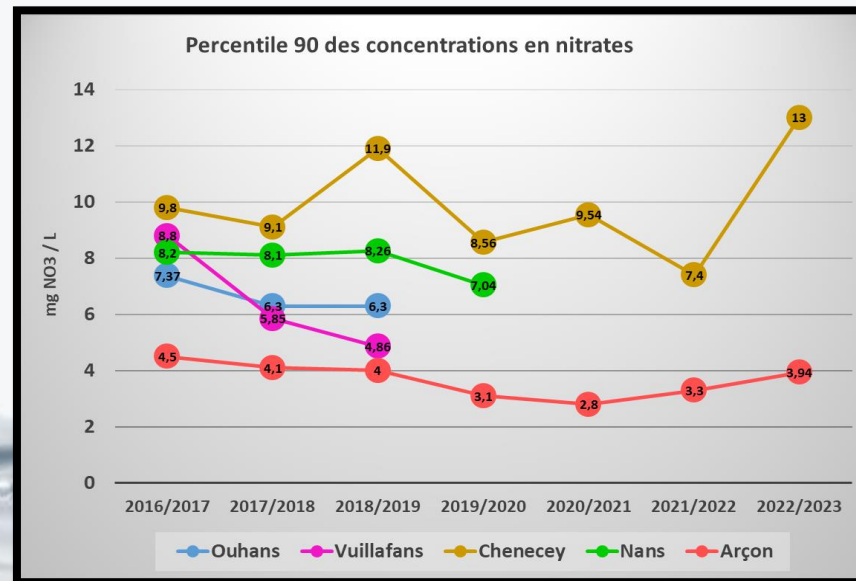
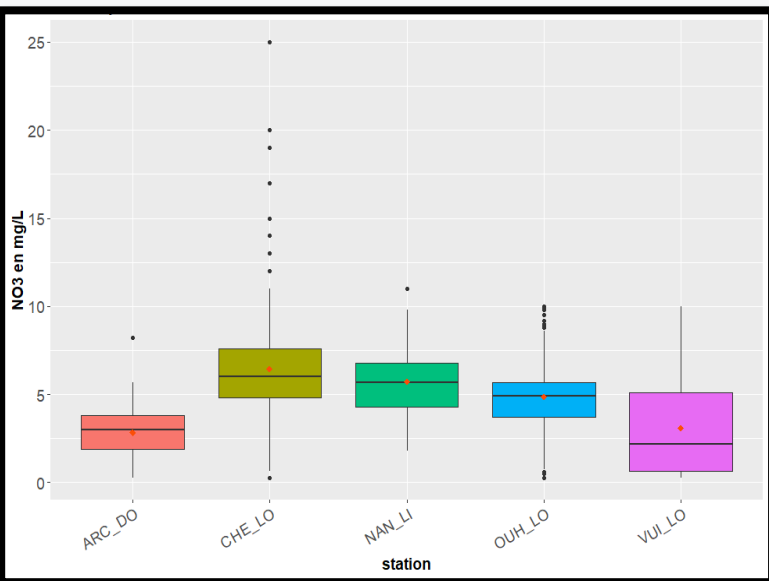
# 4. Concentrations et seuils

## Une vulnérabilité plus marquée sur la Loue à Chenecey-Buillon

Une relative stabilité sur le Doubs à Arçon : moyenne annuelle comprise entre 1,96 et 2,81 mg (NO<sub>3</sub>)/L

Sur la Loue à Chenecey : moyenne de 5,26 à 8,05 mg(NO<sub>3</sub>)/L → stock lessivable > aux autres bassins

hausse des descripteurs les cycles hydrologiques post sécheresse → bassin sensible aux effets du changement climatique

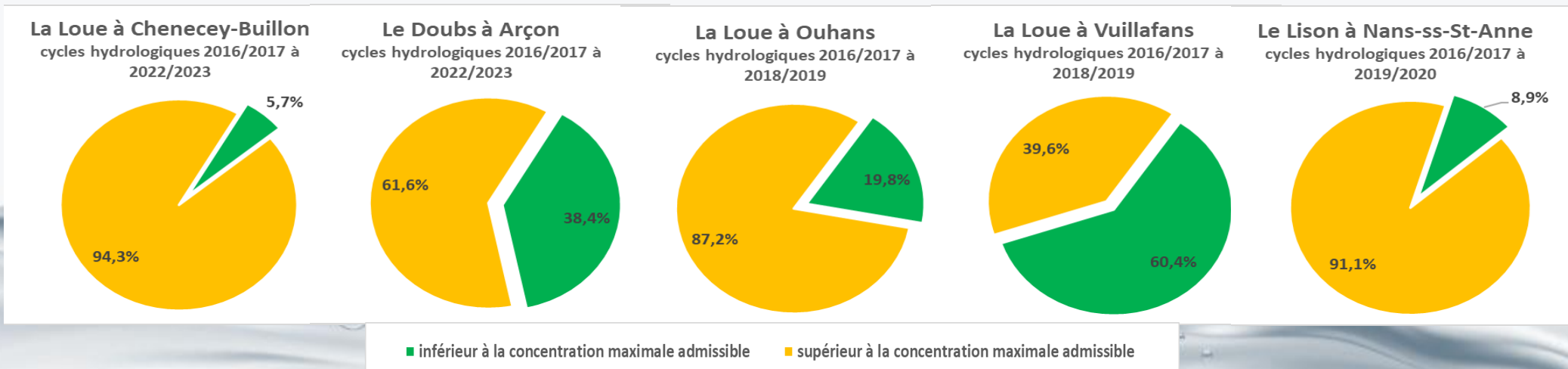
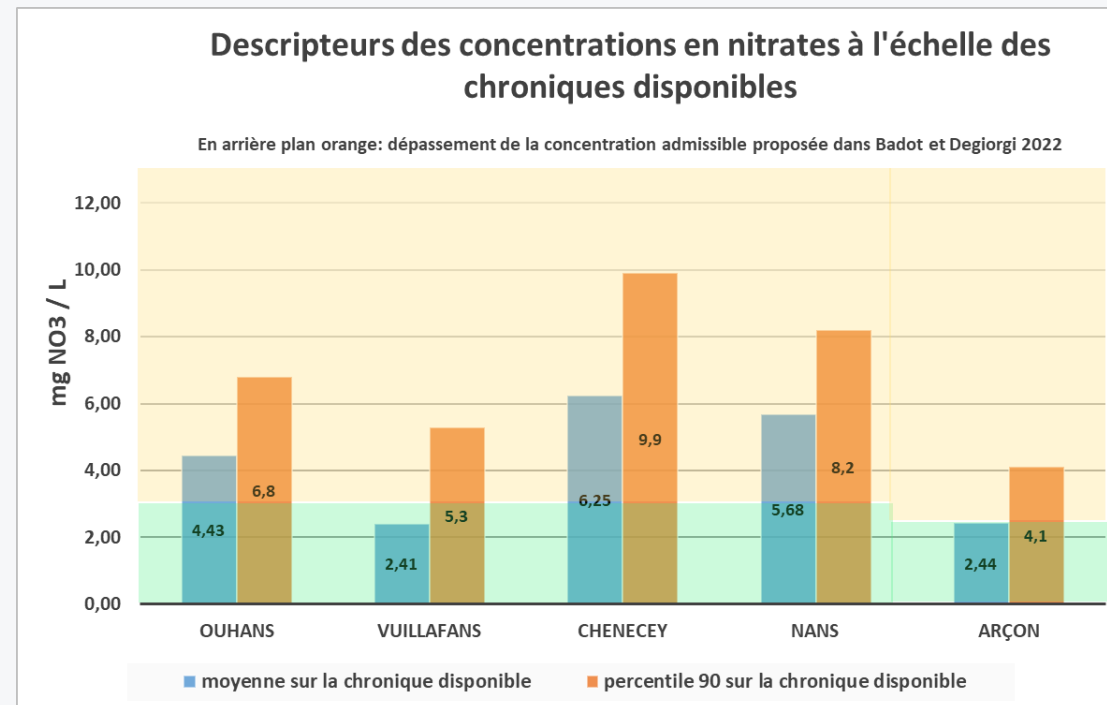


# 4. Concentrations et seuils

Des concentrations suffisantes pour conduire à des proliférations algales sur les cours d'eau karstiques très productifs

	Concentrations maximales admissibles en nitrates (mg NO <sub>3</sub> /L)
Haut Doubs	2,5
Haute Loue/ Basse Loue/ Lison	3,5

Concentrations maximales admissibles proposées par Degiorgi et Badot (2022)





# **5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**



# 5. Conclusions et perspectives

## Les résultats de la 1<sup>ère</sup> phase confortés

- Une surcharge azotée sur le bassin: Des concentrations qui sont largement suffisantes pour générer des phénomènes d'eutrophisation
- Une forte variabilité temporelle avec des fluctuations saisonnières des concentrations de nitrates largement contrôlée par l'hydro-climatologie
- Une forte variabilité spatiale avec une opposition entre les flux calculés entre les secteurs en amont et les parties plus en aval, par ailleurs plus vulnérables aux transferts post-sécheresse.



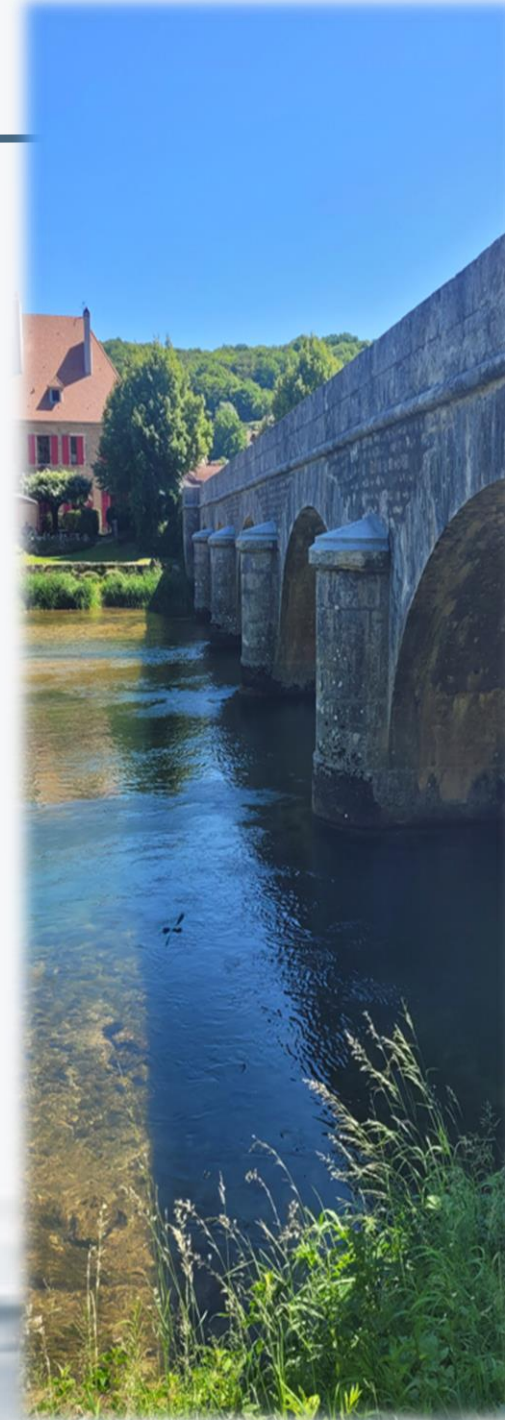


# 5. Conclusions et perspectives

## Perspectives

- Alimentation d'études en cours : programme NUTRIKARST (BRGM-CIA25/90-AERMC), de l'étude flux admissible EPAGE HDHL
- Des chroniques d'analyses hebdomadaires NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et MES (5 ans) et matières phosphorées (1 an) à valoriser
- Dispositif novateur mais des difficultés liées à sa maintenance et à la conservation des échantillons  
→ RETEX en cours de rédaction
- Interruption du dispositif sous sa forme actuelle, dans l'attente d'actions structurantes susceptibles d'engendrer une évolution dans le temps des flux de NO<sub>3</sub>
- Poursuite d'acquisition et centralisation de données via d'autres méthodes : recentrer sur source de la Loue et secteur aval ? Maintien de la sonde SCAN à Ouhans ? Utilisation des données GBM de l'usine AEP Chenecey ?

**Importance de travailler également sur les autres pressions :  
Micropolluants toxiques, morphologie, aspects quantitatifs...**



# BIBLIOGRAPHIE ET LIENS

## Synthèse NO3 2016-2021

Daudey T., Fister V. , Nicolet J. (2023) - Réseau Quarstic : Bilan du suivi des nitrates sur le bassin de la Loue sur 5 cycles hydrologiques (2016/2021)

[https://doubs-eau.fr/wp-content/uploads/2022/07/QUARSTIC\\_DdT\\_MAJ16062023.pdf](https://doubs-eau.fr/wp-content/uploads/2022/07/QUARSTIC_DdT_MAJ16062023.pdf)

## Rapports BRGM

Charlier J.-B., Vallet A., G. Hévin, F. Moiroux (2018) – Projet QUARSTIC : QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises. Rapport final. BRGM/RP-68315-FR, 165p.

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-68315-FR.pdf>

Charlier J.-B. et al 2020: Dynamics and Fluxes of Nutrients in Surface and Groundwaters in a Cultivated Karstic Basin in the Jura Mountains

[https://www.researchgate.net/publication/332523262\\_Dynamics\\_and\\_Fluxes\\_of\\_Nutrients\\_in\\_Surface\\_and\\_Groundwaters\\_in\\_a\\_Cultivated\\_Karstic\\_Basin\\_in\\_the\\_Jura\\_Mountains](https://www.researchgate.net/publication/332523262_Dynamics_and_Fluxes_of_Nutrients_in_Surface_and_Groundwaters_in_a_Cultivated_Karstic_Basin_in_the_Jura_Mountains)

<https://doubs-eau.fr/>

