



Projet QUARSTIC : QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises

Rapport de fin de 1^{ère} année

BRGM/RP-65874-FR
mai 2016



Projet QUARSTIC : QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises

Rapport de fin de 1^{ère} année

BRGM/RP-65874-FR
mai 2016

Étude réalisée dans le cadre de l'opération
de Service public du BRGM AP15FRC025

J.-B. Charlier, A. Vallet

Vérificateur :

Nom : B. Mougin

Fonction : Responsable scientifique
de programme

Date : 23/05/2016

Signature :



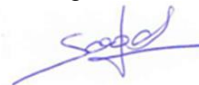
Approbateur :

Nom : A Saada

Fonction : Directeur Territorial FRC

Date : 24/05/2016

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : Réseau ; Qualité ; Pollution diffuse ; Karst ; Franche-Comté

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Charlier J.-B., Vallet A. (2016) – Projet QUARSTIC : QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises. Rapport de fin de 1ère année. BRGM/RP-65874-FR, 24p., 9 Ill.

Synthèse

Les rivières comtoises du massif du Jura sont l'objet d'une dégradation chronique de la qualité des eaux qui s'est manifestée notamment en 2010 par des épisodes de mortalités piscicoles. Pour mieux comprendre les transferts dans ces bassins karstiques fortement vulnérables aux pollutions, le Département du Doubs a sollicité le BRGM en partenariat avec le Syndicat Mixte de la Loue (SMIX Loue) en 2015 pour mettre en place un projet de réseau de surveillance de la qualité des eaux : le réseau QUARSTIC (QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises).

Ce programme de travail, d'une durée totale de 3 ans, est financé à 40% par le Département du Doubs, à 40% par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, et à 20% par le BRGM dans le cadre de ses actions d'appui aux politiques publiques. Ce rapport fait le bilan de la mise en place du réseau lors de la première année du projet.

L'objectif du projet QUARSTIC est de rendre compte de l'état de la qualité des eaux de la Loue sur sa partie karstique (bassin versant de 1300 km²) par le suivi des flux hydriques, des nutriments et des matières en suspension sur 5 stations. Le projet comprend 4 objectifs spécifiques : i) capter les variations physico-chimiques des eaux aux échelles temporelles de la crue, de la saison et du cycle hydrologique, ii) constituer et alimenter une base de données publique de ces paramètres qualité, iii) permettre, à partir des données extraites de la base, des études et analyses ponctuelles, et iv) disposer de moyens de prélèvements déjà en place pour organiser des campagnes de recherche de molécules particulières (polluants émergents, pesticides,...).

La mise en place du réseau a consisté à instrumenter 5 sites localisés au droit de stations hydrométriques afin in fine d'estimer les flux qui transitent en différents points du bassin. Deux sites permettent de suivre les flux à l'exutoire des deux principales émergences karstiques du bassin : les sources de la Loue et du Lison. Trois sites permettent de suivre les flux en rivière : i) sur le Doubs à Arçon au niveau de pertes qui alimentent en partie la source de la Loue, ii) sur la Loue à Vuillafans et iii) sur la Loue à Chenecey-Buillon à l'exutoire du bassin.

L'équipement de chaque station comprend une sonde multi-paramètres pour des mesures physico-chimiques en continu (température, pH, conductivité électrique, turbidité, oxygène dissous), et un échantillonneur effectuant des prélèvements journaliers pour l'analyse des teneurs en nutriments (NO₃, NO₂, NH₄, N Kjeldahl, PO₄, Ptot), carbone organique total (COT) et les matières en suspension (MES). En complément de ce suivi de base, une sonde à spectrométrie UV-Vis a été mise en place à la source de la Loue pour tester la fiabilité d'un suivi hydrochimique (NO₃, NO₂, PO₄, Ptot, COT, MES, température, turbidité) en continu.

La gestion des sites est assurée par le Syndicat Mixte de la Loue (SMIX Loue) et l'une des tâches du BRGM a été d'assurer la formation du technicien en charge de la gestion du réseau. Ce compagnonnage a pour objectif d'assurer la fiabilité des données collectées afin de garantir leur traçabilité et la chaîne de validation des données brutes.

La bancarisation et la validation des données est assurée par le BRGM. Pour cela, le BRGM centralise et structure les données acquises et transmises par le SMIX Loue dans une base locale. Cette base de données permet de stocker des données hétérogènes, et traiter les données avant de les exporter après validation vers une base publique pour sa diffusion.

Sommaire

1. Besoins préalables à la mise en place du réseau	7
1.1. CONTEXTE	7
1.2. OBJECTIF	8
1.3. DESCRIPTION DU PROJET	8
2. Instrumentation	11
2.1. LOCALISATION DES SITES	11
2.1.1. Critères d'identification des sites	11
2.1.2. Positionnement des stations	12
2.2. EQUIPEMENT DES STATIONS	13
2.2.1. Type de suivi envisagé	13
2.2.2. Fréquence de suivi.....	14
2.2.3. Synthèse du matériel mis en place	16
2.3. FICHES STATIONS.....	16
3. Compagnonnage BRGM / SMIX Loue	18
4. Base de données et traitement des données	20
5. Conclusion.....	23
6. Bibliographie	24

Liste des figures

Illustration 1 – Description des tâches du projet.....	9
Illustration 2 – Sous-bassins hydrogéologiques (à gauche, limites rouges) et unités hydrologiques délimitées par les stations hydrométriques (à droite, ronds rouges pour les stations et limites grises pour les unités) indiquant les contributions relatives d'origine karstique et de ruissellement lors des crues (d'après Charlier et al., 2015).....	11
Illustration 3 – Localisation des stations QUARSTIC sur le bassin de la Loue	13
Illustration 4 - Chronique horaire Pluie et débits sur le bassin de la Loue	15
Illustration 5 - Chronique des débits et des concentrations en nitrates de la Loue à Chenecey-Buillon et comparaison d'une stratégie de prélèvements à 3 pas de temps (dt) de 1, 4, et 7 jours (données de la ville de Besançon).	15
Illustration 6 – Matériel mis en place sur le réseau QUARSTIC.....	16
Illustration 7 – Fiches stations du réseau QUARSTIC avec localisation sur fond SCAN25 IGN© et photos des sites (BRGM©)	17
Illustration 8 – Compagnonnage BRGM / SMIX Loue - station de Chenecey-Buillon (BRGM ©)18	
Illustration 9 – Structure de la base de données QUARSTIC	20

1. Besoins préalables à la mise en place du réseau

1.1. CONTEXTE

La manifestation spectaculaire du phénomène de dégradation de la qualité des eaux des rivières comtoises observé depuis plusieurs décennies s'est récemment traduite par des épisodes de mortalités piscicoles dans les rivières de la Loue et du Doubs frontalier depuis 2010, ainsi que dans le Dessoubre en 2014 (Conseil scientifique du comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2012 ; Villeneuve et al., 2012 ; Vindimian, 2015). La dégradation de la qualité des eaux de surface se manifeste par une augmentation récurrente de la minéralisation, de la température de l'eau (Mudry et al., 2015 ; Jeannin et al., 2016) et dans certains cas une eutrophisation chronique.

Les rivières comtoises du massif du Jura ont la particularité d'être alimentées par des sources karstiques rendant complexe la compréhension des processus de transferts au sein de ce territoire aussi bien du point de vue spatial que temporel (Charlier et al., 2014). En effet, les aquifères karstiques sont des hydrosystèmes fortement hétérogènes caractérisés à la fois par des modalités des transferts rapides (de seulement quelques heures entre les zones d'infiltration préférentielles et l'exutoire) et des transferts plus lents au sein de la zone non saturée. **Il en découle des relations souvent peu explicites entre pressions anthropiques et conséquences environnementales.** Par ailleurs, les propriétés hydrodynamiques de ces aquifères karstiques limitent fortement les processus de rétention, d'auto-épuration ou de dégradation des polluants infiltrés dans le milieu souterrain.

Bien que la pression anthropique globale sur le massif du Jura soit relativement modérée comparée à d'autres territoires agricoles, **des contaminations en azote, phosphore ou encore pesticides sont observées sur certaines des rivières.** Réduire l'exposition des populations et plus généralement de l'environnement aux pollutions diffuses nécessite de réduire les risques de dégradation de l'écosystème. Cela passe par une connaissance de l'origine de la pollution, par la caractérisation des voies de transfert, et par la maîtrise des flux polluants associés aux activités humaines. Cependant les références internationales concernant le devenir des polluants dans les eaux sont très mal renseignées pour les milieux karstiques, ce qui donne peu de visibilité sur leur impact environnemental.

Dans ce contexte, il est primordial de **mieux comprendre les sources de pollution, les voies de transfert et leur dynamique au cours du temps au sein des aquifères karstiques et en conséquence dans les rivières qui les drainent.** Ceci conditionne les programmes d'actions à mettre en place par les acteurs institutionnels et les gestionnaires dans le but de réduire le cas échéant les concentrations des polluants dans les eaux.

Pour atteindre cet objectif, un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines et de surface doit être mis en place. Dans la mesure où ce réseau qualité doit permettre de quantifier les flux de nutriments notamment, il devient nécessaire de le coupler à un réseau hydrométrique pour pouvoir y quantifier les flux hydriques. Outre le suivi qui a pour but de collecter des données en vue d'améliorer la connaissance sur le transfert de contaminants dans les hydrosystèmes karstiques, ce type de réseau peut in fine servir de veille à l'évolution de la qualité des eaux.

1.2. OBJECTIF

A la demande du Groupe Scientifique constitué en janvier 2013 lors de la Conférence Départementale de la Loue et des Rivières Comtoises co-présidée par le Préfet du Doubs et le Président du Conseil Départemental du Doubs (CD25), le BRGM a été sollicité pour proposer la mise en place d'un réseau de surveillance de la pollution des eaux. Cette demande a été formulée lors de la réunion du 4 mars 2014 du sous-groupe métrologie chargé de mettre en place des équipements métrologiques pour caractériser la nature et les flux de pollution dans la Loue.

Les besoins exprimés sont les suivants :

- **Mettre en place un réseau de surveillance de la qualité des eaux** de surface et souterraine sur la rivière Loue en amont de Chenecey-Buillon afin de quantifier les flux de pollution en azote (N), et phosphore (P) notamment ;
- **Acquérir de la donnée en lien avec les pollutions suspectées d'après une première analyse des activités du bassin versant.** Le réseau se focalise donc dans un premier temps sur le suivi de l'azote et du phosphore, mais il doit être dimensionné pour un suivi des autres contaminants comme les micropolluants.

Dans ce cadre, **l'objectif scientifique est alors d'obtenir rapidement un certain nombre d'éléments objectifs pour valider les premières hypothèses relatives à la contamination du milieu**, et orienter in fine les programmes de recherche en cours et à venir.

Techniquement, les objectifs spécifiques du réseau sont :

- **capter les variations physico-chimiques des eaux** aux échelles temporelles de la crue, de la saison et du cycle hydrologique ;
- **constituer une base de données durable de ces paramètres qualité**, permettant avec le temps d'identifier des indicateurs simples pour suivre les évolutions de la qualité des eaux en réponse à la mise en œuvre de politiques publiques par exemple, ou les tendances hydrologiques (logique de réseau opérationnel au sens de la directive-cadre européenne sur l'eau (2000/60/CE, appelée DCE)) ;
- **permettre, à partir des données extraites de la base, des études et analyses ponctuelles ;**
- **disposer de moyens de prélèvements déjà en place pour organiser des campagnes**, y compris en urgence, de recherche de molécules particulières (pesticides, polluants émergents,...).

1.3. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet d'une durée de 3 ans comprend quatre phases : instrumentation, gestion des sites, base de données et optimisation du réseau. Ces phases et les tâches correspondantes sont listées dans l'illustration 1.

Phases du projet	Tâche	Responsable	Intervenants
Instrumentation	Génie civil (plateforme)	CD25	CD25
	Equiperment des stations avec sondes et préleveurs	BRGM	BRGM, SMIX Loue
	Raccordement ERDF	SMIX Loue	SMIX Loue
Gestion	Compagnonnage BRGM / SMIX Loue	BRGM	BRGM, SMIX Loue
	Maintenance	Année 1 : BRGM	BRGM, SMIX Loue
		Année 2 : SMIX Loue	SMIX Loue
	Gestion des sites, calibration des équipements, récolte des données, conditionnement	SMIX Loue	SMIX Loue, BRGM
	Saisie et pré-traitement des données		SMIX Loue, BRGM
Base de données	Création de la Base de données	BRGM	BRGM
	Développement / Traitement de données		
	Validation de la donnée et bancarisation		
	Interprétation qualitative « niveau 1 »		
	Diffusion vers base de données publiques		
Optimisation du réseau	Préconisations pour optimiser l'acquisition des données et la gestion du réseau	BRGM	BRGM, SMIX Loue
	Préconisations pour optimiser les protocoles de suivi		BRGM, SMIX Loue, QUALIO

Illustration 1 – Description des tâches du projet

2. Instrumentation

2.1. LOCALISATION DES SITES

2.1.1. Critères d'identification des sites

La particularité des rivières karstiques - et de celle de la Loue - est que **les principaux apports latéraux ont une origine souterraine, localisés au niveau des émergences karstiques qui drainent le plateau**. Une synthèse hydrologique et hydrogéologique du bassin de la Loue a été réalisée dans le rapport BRGM/RP-63844-FR (Charlier et al., 2014). Pour optimiser le dimensionnement du réseau de surveillance, c'est-à-dire le nombre de stations et leur localisation, il est alors important de considérer la géométrie des sous-bassins hydrogéologiques et les unités hydrologiques délimitées par les stations hydrométriques en place (Illustration 2).

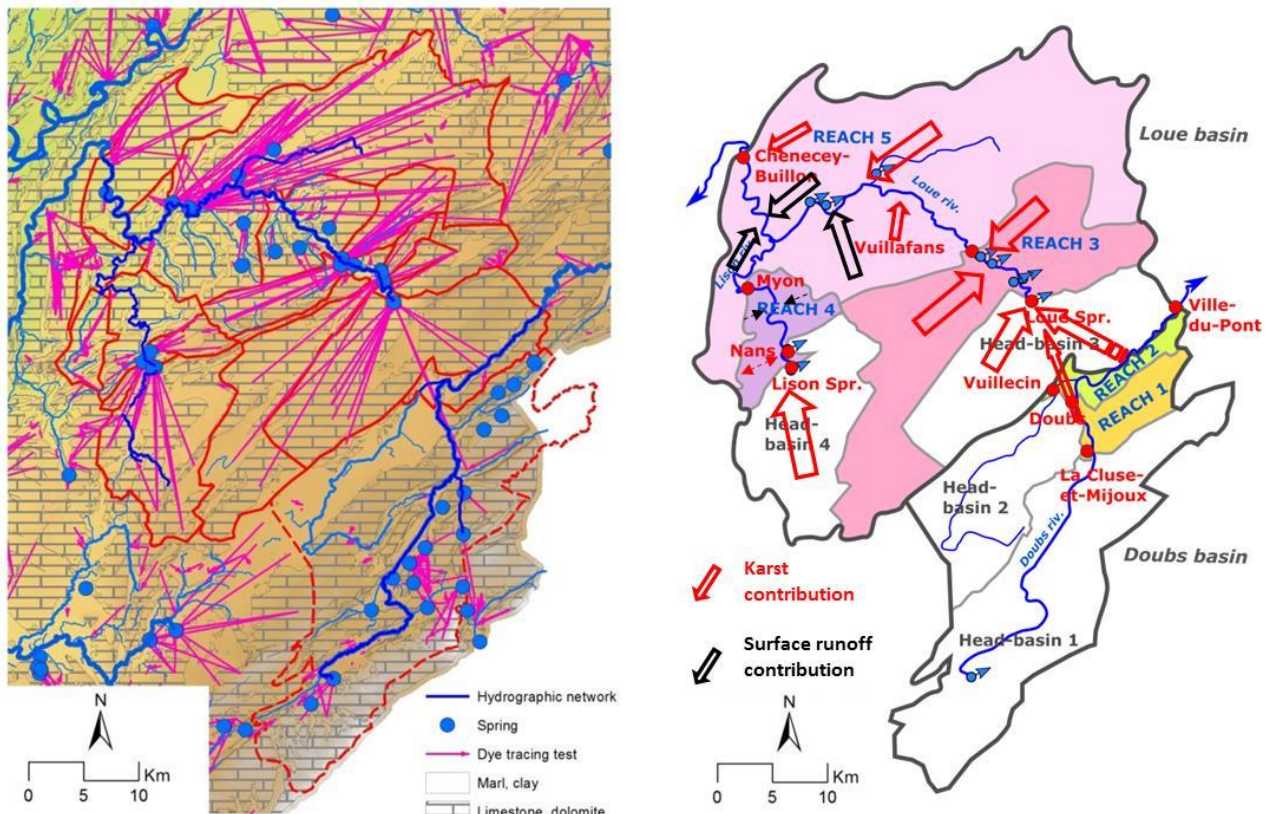


Illustration 2 – Sous-bassins hydrogéologiques (à gauche, limites rouges) et unités hydrologiques délimitées par les stations hydrométriques (à droite, ronds rouges pour les stations et limites grises pour les unités) indiquant les contributions relatives d'origine karstique et de ruissellement lors des crues (d'après Charlier et al., 2015)

Quatre critères principaux ont été retenus pour dimensionner le réseau QUARSTIC (QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises) :

- **Tenir compte de la localisation des principales émergences** par rapport aux stations hydrométriques situées en rivière (Illustration 2). En effet, le signal hydrologique mesuré en rivière est un mélange des signaux des différentes sources situées en amont, et du ruissellement qui peut être partiellement négligé dans le cas de la Loue (Charlier et al., 2014). Ce signal de rivière peut être difficilement déconvolué (décomposition de l'apport souterrain et de l'apport par ruissellement) sans connaître les contributions relatives des différentes arrivées latérales ;
- **Suivre les principales sources karstiques qui alimentent la rivière.** Pour le bassin de la Loue, c'est le cas des 2 sources de la Loue et du Lison ;
- **Suivre les pertes de rivière qui alimentent les résurgences** des karsts binaires alimentés à la fois par la recharge localisée via les pertes (signal d'entrée allogénique) et par la recharge diffuse par les pluies efficaces sur l'impluvium (signal d'entrée autogénique) ; Pour le bassin de la Loue, c'est principalement le cas des pertes du Doubs alimentant la source de la Loue (Illustration 2).
- **Se positionner vis-à-vis de l'existant**, et notamment du réseau hydrométrique fonctionnel pour faciliter la mise en œuvre du réseau qualité associé, et pour bénéficier de chroniques hydrologiques et hydrochimiques historiques.

2.1.2. Positionnement des stations

Après concertation avec la Direction Départementale des Territoires du Doubs (DDT25), le CD25, le SMIX Loue, et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), les **5 sites du réseau QUARSTIC** (localisés sur l'illustration 3) retenus sont les suivants :

- Le **Doubs à Arçon** sur le point amont de la zone des pertes entre Doubs et Ville-du-Pont qui alimente la source de la Loue. Ce point permet également de contrôler la tête de bassin du Doubs juste à l'aval de Pontarlier en vue d'élargir potentiellement le réseau à d'autres rivières karstiques comtoises dans l'avenir ;
- La **source de la Loue à la vasque** (station hydrométrique Loue vasque) qui totalise à elle seule 2/3 des débits des différentes arrivées d'eau de la zone d'émergence des sources de la Loue ;
- La **Loue à Vuillafans** qui permet de capter (en plus des sources de la Loue) les sources latérales qui drainent le faisceau salinois (Beaume Archée, Grand Bief, Pontet, etc.) ;
- Le **Lison à Nans-sous-Sainte-Anne** qui totalise les arrivées d'eau de la source principale et de son trop-plein à la grotte Sarrazine ;
- La **Loue à Chenecey-Buillon** qui contrôle la partie « purement » karstique de la Loue. La ville de Besançon possède un captage pour l'AEP quelques centaines de mètres en aval de la station hydrométrique.

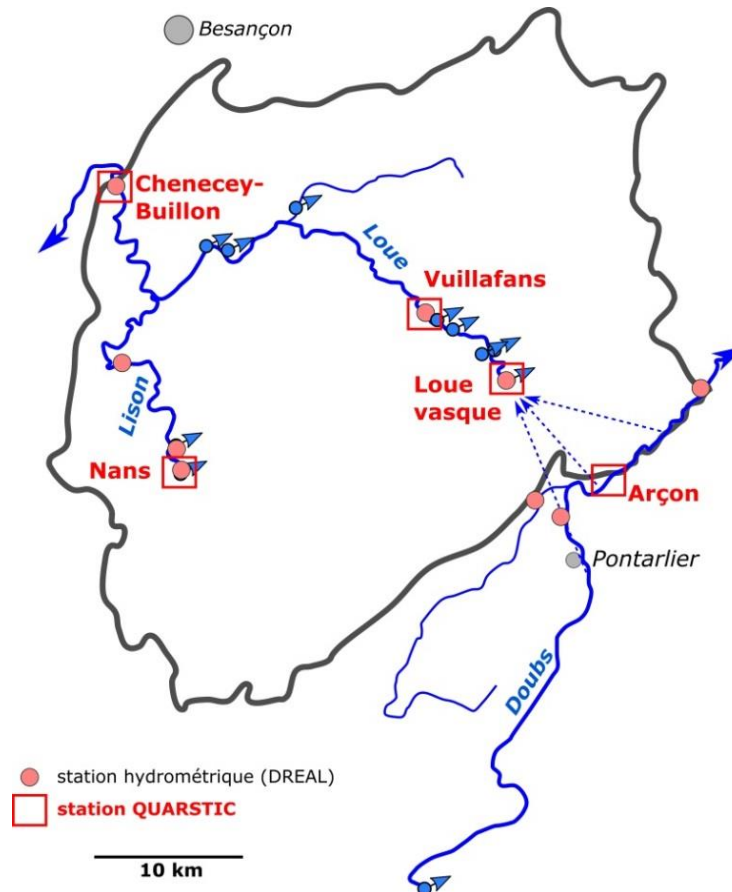


Illustration 3 – Localisation des stations QUARSTIC sur le bassin de la Loue

2.2. EQUIPEMENT DES STATIONS

2.2.1. Type de suivi envisagé

a) Suivi de base

L'objectif du réseau de surveillance est de suivre les paramètres physico-chimiques standards, les flux de nutriments, et les matières en suspension. La stratégie adoptée dans cette phase de mise en place est double : i) **réaliser un bilan aussi précis que possible des flux** de solutés et de matière sur un cycle hydrologique, et ii) **affiner le protocole des mesures en continu** pour mieux caractériser la dynamique des flux lors des crues. Ce dernier point doit également permettre d'optimiser le réseau dans le futur en réalisant une analyse comparée coût/performance d'un suivi par préleveurs et par sondes automatiques. Pour cela, **le suivi de base couple un suivi à haute fréquence à l'aide de sondes automatiques, avec un suivi ponctuel par préleveurs automatiques.**

L'équipement de chaque station comprend :

- une **sonde multi-paramètres (MS5 Hydrolab, OTT) pour des mesures physico-chimiques en continu** (température, pH, conductivité électrique (CE), turbidité, oxygène dissous (O_2 diss.)). Des mesures manuelles à l'aide d'une sonde multi-

paramètre de terrain (MultiLine, WTW) sont effectuées en parallèle pour la calibration de ces sondes automatiques ;

- un **échantillonneur (Echantillonneur portable 3700, 24 flacons, ISCO) pour des prélèvements journaliers pour l'analyse des teneurs en nutriments** (NO_3 , NH_4 , N Kjeldahl, PO_4 , Ptot) et du carbone organique total (COT). Ce suivi journalier automatique est complété par des prélèvements manuels hebdomadaires pour l'analyse de NO_2 , et des matières en suspension (MES).

b) Suivi hydrochimique continu

En complément de ce suivi de base, opérationnel depuis fin 2015 sur les 5 stations, une **sonde à spectrométrie UV-Vis** (spectro::lyser, s::can, Measuring Systems) a été mise en place à la source de la Loue pour des mesures en continu de NO_3 , NO_2 , PO_4 , Ptot, COT, MES, température, turbidité (les travaux de Etheridge et al. (2014) ont montré les bonnes performances de cette sonde pour un suivi continu de ces paramètres en milieu saumâtre). Les sondes à spectrométrie UV sont préconisées par l'United States Environmental Protection Agency (EPA¹) au profit de sondes électrochimiques pour un suivi en milieu carbonaté (les fortes teneurs en HCO_3 peuvent interférer avec NO_3).

Dans le cadre du projet QUARSTIC, un des objectifs est de **tester la validité de cette sonde pour un suivi de la qualité des eaux en milieu carbonaté** dans des conditions de transferts rapides lors des crues associés à de fortes mobilisations de MES. Les résultats attendus portent sur l'acquisition de mesures hautes fréquences des paramètres chimiques afin de capter des dynamiques rapides non observables par un suivi classique à l'aide de préleveurs. L'autre intérêt est, à terme, de limiter le coût analytique d'un tel réseau en diminuant la fréquence des analyses réalisées en laboratoire. Cette phase de test permettra d'évaluer les performances de la sonde choisie et de valider son utilisation potentielle pour les autres sites du réseau QUARSTIC.

2.2.2. Fréquence de suivi

a) Suivi automatique multi-paramètres

Pour le suivi automatique par sondes multi-paramètres, le pas de temps d'acquisition doit être suffisamment fin pour capturer les variations rapides des paramètres physico-chimiques lors des crues, sans pour autant bruyé le signal. Concernant les variations de débit, un pas de temps horaire est adapté à l'analyse des débits (Charlier et al., 2014). Un exemple est donné sur l'illustration 4. La fréquence des variations physico-chimiques lors des crues étant généralement aussi rapide, **un pas de temps de 15 minutes semble donc optimal pour être certain de bien capturer l'ensemble des variations physico-chimiques**. Ce pas de temps pourra être adapté suite à l'analyse des premières données.

¹ http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?address=nhsrc/&dirEntryId=212368

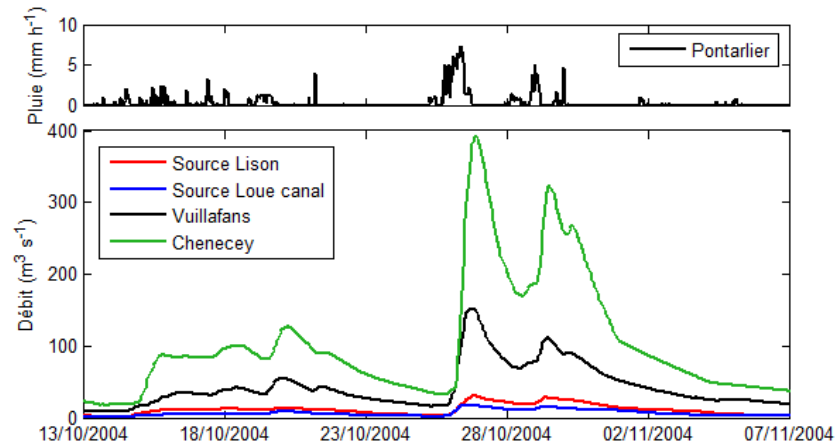


Illustration 4 - Chronique horaire Pluie et débits sur le bassin de la Loue

b) Suivi ponctuel hydrochimique

Pour le suivi ponctuel par préleveur automatique : l'illustration 5 présente une comparaison des chroniques de nitrates de la Loue à Chenecey-Buillon² à trois pas de temps de 1, 4, et 7 jours. Il s'avère qu'un **prélèvement tous les 4 jours est un bon compromis pour garder une bonne précision de la dynamique des NO₃** tout en limitant la maintenance et le coût des analyses. Cependant, la dynamique au sein des sources karstiques risque d'être plus rapide, et il se peut qu'un pas de temps de 2 jours voir de 1 jour soit nécessaire sur les stations situées en tête de bassin.

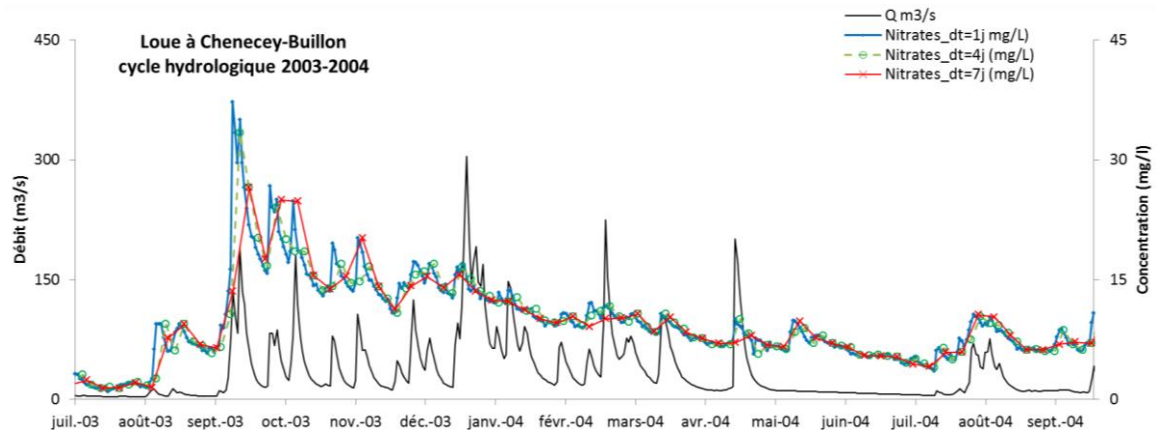


Illustration 5 - Chronique des débits et des concentrations en nitrates de la Loue à Chenecey-Buillon et comparaison d'une stratégie de prélèvements à 3 pas de temps (dt) de 1, 4, et 7 jours (données de la ville de Besançon).

Aussi, il a été choisi de réaliser dans un premier temps les analyses sur des flacons composites remplis progressivement par un échantillon prélevé toutes les 6 h (soit 4 prélèvements pour un flacon journalier). Au vu de la dynamique des crues, ce type de suivi ponctuel permet de capturer l'essentiel des variations hydrochimiques. Bien que non asservi au débit, ce suivi qui

² Données de la Ville de Besançon (usine d'eau potable de Chenecey-Buillon)

sera évalué au terme des premiers mois d'analyse, engendre une facilité de maintenance et de post-traitement.

2.2.3. Synthèse du matériel mis en place

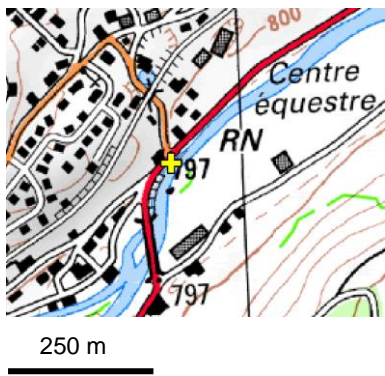

Le matériel en place est présenté dans l'illustration 6.

Type de suivi	Matériel	Paramètres mesurés	Période de mesure/échantillonnage	Stations	Date de mise en service
Physico-chimique	Sonde multiparamètres (MS5, OTT)	conductivité électrique, température, pression, turbidité, O ₂ diss., pH	15 minutes	Arçon, Loue vasque, Vuillafans, Nans, Chenecey	Déc. 2015
Hydro-chimique	Echantillonneur automatique (3700, ISCO)	NO ₃ , PO ₄ , P total, N Kjeldahl, NH ₄ , COT	1 jour (flacons composites de 4 prélèvements)		
	Prélèvement manuel	MES, NO ₂	1 semaine	Loue vasque	Mai 2016
	Sonde spectrométrie UV-Vis (spectro::lyser, s::can)	NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , Ptot, COT, MES	15 minutes		

Illustration 6 – Matériel mis en place sur le réseau QUARSTIC

2.3. FICHES STATIONS

La phase d'instrumentation a été réalisée à l'automne 2015 et finalisée en décembre 2015. Le matériel en place est présenté dans l'illustration 7.

Station	Localisation	Installation
Doubs à Arçon		

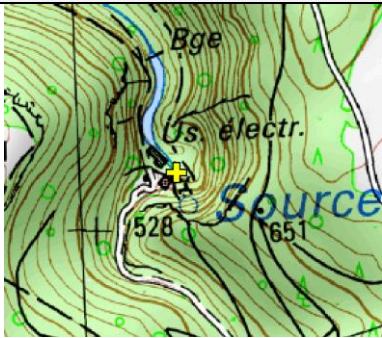



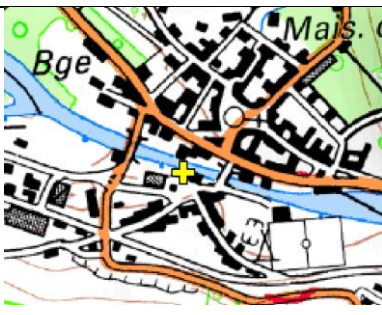

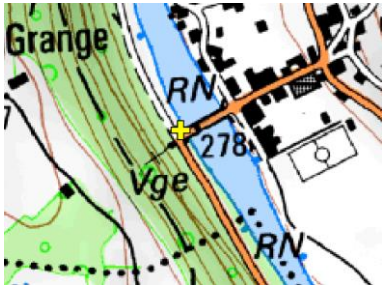

Station	Localisation	Installation
<p>Source de la Loue</p>	 <p>250 m</p>	
<p>Lison à Nans-sous-Sainte-Anne</p>	 <p>250 m</p>	
<p>Loue à Vuillafans</p>	 <p>250 m</p>	
<p>Loue à Chenecey-Buillon</p>	 <p>250 m</p>	

Illustration 7 – Fiches stations du réseau QUARSTIC avec localisation sur fond SCAN25 IGN© et photos des sites (BRGM©)

3. Compagnonnage BRGM / SMIX Loue

La gestion des sites étant assurée par le SMIX Loue, l'une des tâches du BRGM a été de réaliser un compagnonnage technique et scientifique du technicien en charge de la collecte des données (Illustration 8). Ce compagnonnage d'une quinzaine de jours au total, débuté en janvier 2015 a eu pour objectif d'assurer la fiabilité des données collectées afin de garantir leur traçabilité et la chaîne de validation des données brutes qui est réalisée par le BRGM.



Illustration 8 – Compagnonnage BRGM / SMIX Loue - station de Chenecey-Buillon (BRGM ©)

Ce compagnonnage peut être décomposé en trois objectifs opérationnels :

- **Transmettre les bases théoriques et pratiques pour la mise en œuvre de la surveillance du réseau QUARSTIC.** Une formation théorique et pratique (mise en situation) sur le fonctionnement, la maintenance et la calibration de l'instrumentation (préleveurs automatiques, sondes multi-paramètres automatiques et manuelles) a été réalisée. Les protocoles concernant le prélèvement d'eau, le conditionnement et le stockage des échantillons ont également été traités.
- **Transmettre une méthode de travail rigoureuse afin d'assurer la fiabilité des données.** Un protocole des procédures de travail à suivre dans le cadre du projet QUARSTIC a été rédigé en collaboration avec le SMIX Loue (document « protocole QUARSTIC »). Ce protocole constitue un guide méthodologique de référence à suivre par le technicien dans le cadre de son intervention sur le projet. Ce protocole traite un ensemble de procédures à suivre couvrant **l'instrumentation** (fonctionnement, maintenance et calibration), **le traitement informatique des données**, **l'organisation logistique** (matériel et préparation des visites de sites) **et numérique** (arborescence dossier QUARSTIC, sauvegarde des données mesurées). Ce protocole est un document évolutif qui est alimenté et mis à jour en continu par les échanges BRGM/SMIX Loue. Enfin, une fiche d'intervention a été élaborée en collaboration avec le SMIX Loue permettant de renseigner un ensemble de « métadonnées » à chaque visite de site par le technicien (heure d'intervention, programmation/calibration de l'instrumentation, problèmes rencontrés...). Ces métadonnées sont indispensables pour la validation des données brutes réalisée par le BRGM notamment pour la qualification des données manquantes ou erronées.

- **Accompagner le technicien SMIX Loue.** En complément de la formation décrite aux deux points précédents, le BRGM assure un suivi et un soutien au technicien au cours de la première année de la mise en place du réseau (2016). Cet accompagnement peut être assuré par téléphone, par un déplacement sur le terrain ou dans les locaux du BRGM ou du SMIX Loue. Cet accompagnement permet d'apporter des conseils et/ou une expertise et des solutions à des incidents ou problèmes complexes/spécifiques. Cet accompagnement peut participer à l'évolution du document « protocole QUARSTIC ».

4. Base de données et traitement des données

Les données produites par le réseau QUARSTIC présentent les caractéristiques suivantes :

- un **nombre important de données** mesurées par le réseau QUARSTIC (environ 1 million de données par an pour les 5 sondes automatiques multi-paramètres) ;
- une **hétérogénéité du type de données** mesurées (hydrochimie, paramètres physico-chimiques, métadonnées) et externes au projet : débit horaire (DREAL Franche-Comté), pluviométrie journalière (Météo-France) et de leur **pas de temps d'acquisition** selon qu'elles sont à hautes fréquences (15 minutes, horaires), journalières ou hebdomadaires ;
- une validation et une interprétation des données qui nécessitent de **manipuler, d'interroger, et de croiser les données.**

Ces caractéristiques ont motivées la réalisation d'une base de données interne (BD QUARSTIC) sous Microsoft Access© qui permet de centraliser et structurer les données hétérogènes, de garantir l'intégrité et la cohérence de ces données et d'éviter les redondances. **La BD QUARSTIC contribue à la démarche qualité du BRGM de la mesure à la diffusion des données en passant par la validation.**

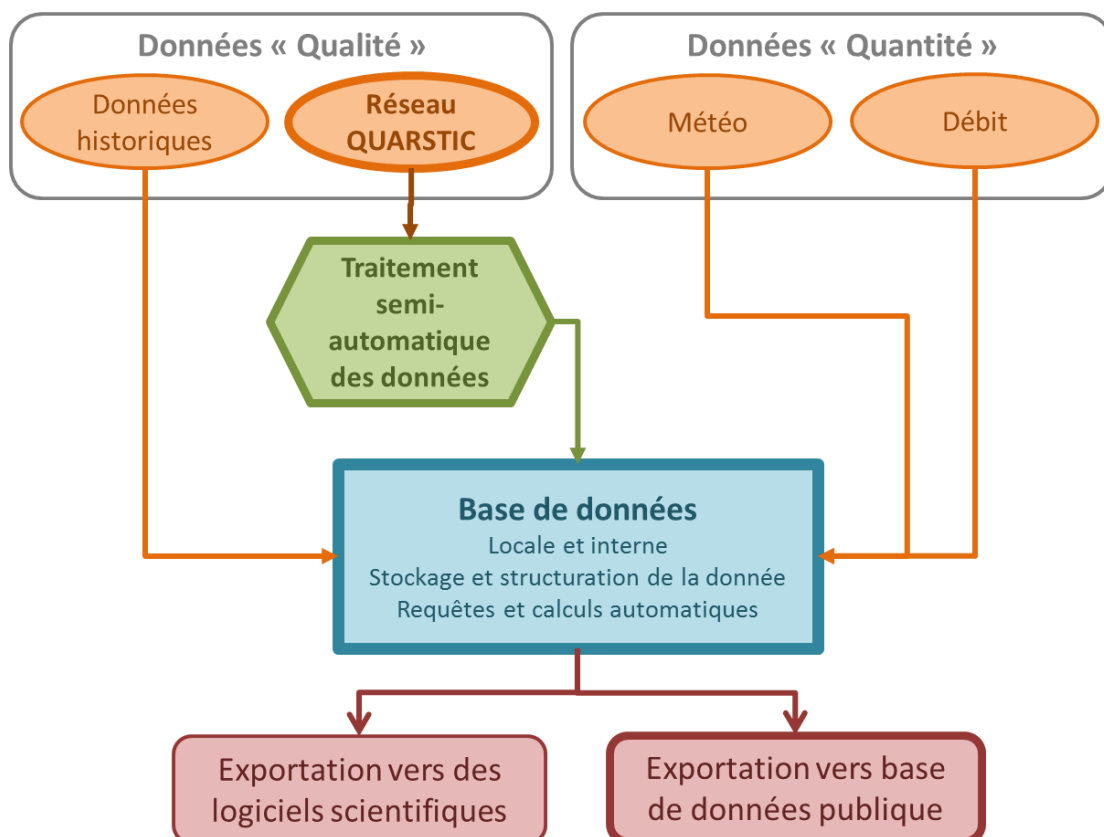


Illustration 9 – Structure de la base de données QUARSTIC

La BD QUARSTIC dont la structure est présentée Illustration 9 est une **base locale et constitue un outil de travail interne** qui a pour fonction de :

- Stocker les données QUARSTIC récoltées et transmises par le SMIX Loue (sondes multiparamètres) et le Département (analyses laboratoire des échantillons issus des préleveurs automatiques), ainsi que les données externes nécessaires à leur validation ;
- Traiter et valider les données QUARSTIC ;
- Effectuer des calculs et croisements de données (calculs de flux, statistiques de base...);
- Exporter des données croisées vers des logiciels de traitement de données (Matlab©, ArcGis©...) pour l'analyse et l'interprétation ;
- Exporter les données dans un format standard compatible avec les bases de données nationales (ex. format SANDRE) pour diffuser prochainement des données vers une base de données publique.

Enfin, toujours dans la démarche qualité des données, le BRGM a développé un programme fonctionnant sous Microsoft Excel© qui permet d'automatiser certaines tâches de traitement des données effectuées par le technicien du SMIX Loue avant la transmission des données au BRGM. Ce programme permet d'automatiser des tâches redondantes et chronophages de manipulation de données et donc de minimiser des erreurs qui pourraient être introduites dans le prétraitement manuel des données.

5. Conclusion

Ce rapport fait le bilan de la mise en place du réseau QUARSTIC (QUALité des eaux et Réseau de Surveillance des rivières Comtoises) lors de la première année du projet (2015) : le projet étant prévu sur une durée totale de 3 ans. Ce projet, qui associe le Syndicat Mixte de la Loue (SMIX Loue) pour la gestion du réseau, a pour but de **rendre compte de l'état de la qualité des eaux de la Loue sur sa partie karstique (bassin versant de 1300 km²) par le suivi des flux de nutriments, et des matières en suspension en 5 points sur le bassins de la Loue** : Le Doubs à Arçon, la source de la Loue à la vasque, le Lison à Nans-sous-Sainte-Anne, la Loue à Vuillafans et à Chenecey-Buillon.

L'**instrumentation des sites** a été finalisée en décembre 2015 : elle a consisté à équiper chaque station d'une sonde multi-paramètres pour des mesures physico-chimiques en continu, couplée à un échantillonneur automatique pour des prélèvements journaliers pour l'analyse des teneurs en nutriments (NO₃, NH₄, N Kjeldahl, PO₄, Ptot), et du carbone organique (ces prélèvements étant complétés par des prélèvements manuels pour des analyses hebdomadaires de NO₂ et des MES). Sur un des sites (source de la Loue), une sonde à spectrométrie UV-Vis a été mise en place pour tester la performance de ce type de mesure hydrochimique afin de capter des dynamiques rapides des paramètres NO₃, NO₂, PO₄, Ptot, COT, MES, température, turbidité.

Le BRGM est également responsable de la **formation du technicien en charge de la gestion du réseau (SMIX Loue)**. Ce compagnonnage a pour objectif d'assurer la qualité des données collectées afin de garantir leur traçabilité et la chaîne de validation des données brutes. Il comprend trois phases : i) transmettre les bases théoriques et pratiques pour la mise en œuvre de la surveillance du réseau QUARSTIC, ii) transmettre une méthode de travail rigoureuse afin d'assurer la fiabilité/qualité des données, et iii) assurer l'appui au technicien SMIX Loue.

Enfin, le BRGM centralise et structure les données acquises et transmises par le SMIX Loue dans une base de données locale. La **bancarisation des données** a pour but d'intégrer un nombre conséquent de données hétérogènes (1 M de données/an), de garantir l'intégrité et la cohérence de ces données et d'éviter les redondances. Cette base de données permet de traiter les données et de les exporter après validation vers une base publique pour sa diffusion.

Les perspectives pour la deuxième année du projet sont :

- La suite de la bancarisation des données dans la base locale QUARSTIC, et le début de la bancarisation des données en format standard SANDRE sur une base de données publique ;
- La validation des données acquises depuis décembre 2015 ; cette phase comprend l'intégration des différentes données connexes hydrologiques ;
- Une première phase de test de la sonde Spectro UV-Vis suite à l'acquisition d'un semestre de données ; cette phase comprend le développement méthodologique pour la calibration des différents paramètres hydrochimiques ;
- une interprétation qualitative des données suite à l'acquisition d'un premier cycle hydrologique complet ;
- une préconisation pour l'optimisation du réseau en termes de type/fréquence de suivi.

6. Bibliographie

Charlier J.-B., Desprats J.-F., Ladouche B., 2014. Appui au SCHAPI 2014 – Module 1 – Rôle et contribution des eaux souterraines d'origine karstique dans les crues de la Loue à Chenecey-Buillon, Rapport BRGM/RP-63844-FR, 109p.

Charlier, J.-B., B. Ladouche, R. Moussa, J.-F. Desprats. 2015. Hydrogeological behaviour of a large karstic basin in the Jura Mountain: seeing springs and losses from stream flow modelling. Aqua2015, 42nd IAH congress, Rome, Italy, 13-18 Sept. 2015, Communication.

Conseil scientifique du comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2012. Avis sur l'état de la rivière Loue, Rapport, 42p.

Etheridge J. R., Birgand François, Osborne J. A., Osburn C. L., Burchell II M. R., and Irving J., 2014. Using in situ ultraviolet-visual spectroscopy to measure nitrogen, carbon, phosphorus, and suspended solids concentrations at a high frequency in a brackish tidal marsh. *Limnol. Oceanogr.: Methods* 12: 10-22. DOI 10.4319/lom.2014.12.10.

Jeannin P.-Y., Hessenauer M., Malard A., and Chapuis V., 2016. Impact of global change on karst groundwater mineralization in the Jura Mountains. *Science of the Total Environment* 541: 1208–1221. DOI:10.1016/j.scitotenv.2015.10.008.

Mudry J., F. Degiorgi, E. Lucot, and Badot P.-M., 2015. Middle Term Evolution of Water Chemistry in a Karst River: Example from the Loue River (Jura Mountains, Eastern France). In Andreo B. et al. (Eds), *Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems*. Springer Berlin Heidelberg, p 147-151. DOI 10.1007/978-3-642-17435-3_17.

Villeneuve A., Humbert J.F., Berrebi R., Devaux A., Gaudin P., Pozet F., Massei N., Mudry J., Trevisan D., Lacroix G., Bornette G., Verneaux V., 2012. Rapport d'expertise sur les mortalités de poissons et les efflorescences de cyanobactéries de la Loue - Étude du fonctionnement de la Loue et de son Bassin Versant. Rapport Onema et Bioméco, 32 p

Vindimian E ., 2015. Avis sur le diagnostic des causes des perturbations de la Loue et des rivières comtoises. Rapport d'étape n°008106-02, 31p.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Direction régionale Franche-Comté

Parc scientifique et industriel

21 A rue Alain Savary

25000 – Besançon – France - Tél. : 03 81 66 32 45

www.brgm.fr