



Rapport de phase 2

Seuils indicateurs pour la surveillance des paramètres physico-chimiques dans les eaux douces superficielles du Grand Sud

Phase 2 : Finalisation de l'approche analytique et implication des futurs utilisateurs, calcul et présentation des gammes de référence, recommandations

Auteurs : N. Guillemot, Y. Dominique

Editeur : OEIL



OEIL
Observatoire de
l'environnement
Nouvelle-Calédonie

Intervenants

La présente étude a été réalisée conjointement par les sociétés DEXEN et Bio eKo Consultants, ayant respectivement contribué par leur compétence en traitements/analyses statistiques de données environnementales (DEXEN) et leur expertise des milieux dulçaquicoles néo-calédoniens (Bio eKo Consultants).

Auteurs principaux



Nicolas GUILLEMOT

DEXEN | 85 avenue du Général De Gaulle - Immeuble Carcopino 3000, 98 800 Nouméa | Nouvelle-Calédonie
Email : nicolas.guillemot@dexen-nc.com



Yannick DOMINIQUE

Bio Eko Consultants | 7 bis rue Suffren - Immeuble Le Kariba, 98 800 Nouméa | Nouvelle-Calédonie
Email : ydominique@bioeko.nc

Responsabilité

Le présent document a été établi sur la base des informations fournies aux prestataires. Ceux-ci ne pourront être tenus responsables si les informations qui leur ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Le commanditaire de l'étude utilisera les éléments présentés dans le présent document intégralement ou, à défaut, de manière objective. Toute modification ou utilisation partielle (extraits, résumés) sera faite sous la seule et entière responsabilité du commanditaire.

Les avis et recommandations formulés par DEXEN et Bio Eko Consultants dans le cadre des prestations qui leur sont confiées ont une vocation consultative et d'aide à la décision, leur responsabilité ne peut en aucun cas se substituer à celle des décideurs en matière de réglementation environnementale.

Citation du document

Guillemot N, Dominique Y (2020) Seuils indicateurs pour la surveillance des paramètres physico-chimiques dans les eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 2 : Finalisation de l'approche analytique et implication des futurs utilisateurs, calcul et présentation des gammes de référence, recommandations. Rapport OEIL, 59 pages.

Crédits des illustrations de couverture : Bio Eko Consultants (haut), OEIL (bas).

Résumé exécutif

Titre de l'étude	Seuils indicateurs pour la surveillance des paramètres physico-chimiques dans les eaux douces superficielles du Grand Sud		
	Phase 2 : Finalisation de l'approche analytique et implication des futurs utilisateurs, calcul et présentation des gammes de référence, recommandations		
Auteurs	Nicolas Guillemot (DEXEN), Yannick Dominique (Bio Eko Consultants)		
Collaborateurs	OEIL, Gouvernement NC (DAVAR, DASS), province Sud (DENV), IRD, UNC, CEREGE, CNRT, Vale NC		
Editeurs	OEIL		
Année d'édition du rapport	2020	Année des données	1993-2018

Contexte	<p>Dans le cadre de ses missions, l'OEIL centralise les données de suivi acquises au niveau des cours d'eaux de l'hydroécocorégion du plateau ultramaïrique du Grand Sud (HER D) qui comporte une quinzaine de cours d'eau dont certains sont situés sur le périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC.</p> <p>Les travaux ont été planifiés en deux phases :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la phase 1 qui consistait en une analyse de la faisabilité de production de seuils opérationnels - le présent rapport correspond à l'achèvement de la phase 2 et donc à la finalisation du projet via la production de valeurs de référence.
Objectifs	<p>Afin de valoriser au mieux les données historiques de suivi et d'améliorer la détection de signaux d'impact sur les milieux naturels de cette zone, l'OEIL a souhaité explorer la possibilité de produire des gammes de référence pour un large spectre de paramètres physico-chimiques suivis en routine dans les eaux superficielles lotiques (creeks et rivières).</p>
Méthodologie	<p>Les méthodes mises en œuvre ont en grande partie consisté à traiter les matrices de données de suivis physico-chimiques portant sur 24 paramètres décrivant les eaux superficielles de l'HER D et à explorer les possibilités de valorisation de ces données dans l'objectif de produire des gammes de référence à la fois légitimes scientifiquement et utiles d'un point de vue opérationnel.</p> <p>Un groupe de travail impliquant des structures et personnes intervenant sur les thématiques du traitement de données et de la physico-chimie des cours d'eau a été spécialement établi lors des phases clés pour la réalisation de cette étude.</p>

Résultats et conclusions	<p>Ce travail est le premier à définir des gammes de références pour un panel large et diversifié de paramètres physico-chimiques des cours d'eau ultramaïriques de l'HER D. Ces gammes ont été définies pour 24 paramètres et permettent dorénavant d'interpréter les résultats obtenus pour chacun d'entre eux au droit des différents réseaux de suivi du Grand Sud. Ces premières gammes de références doivent néanmoins être utilisées avec toutes les précautions liées aux limites intrinsèques du jeu de données qui a permis de les</p>
---------------------------------	--

	<p>construire (cf. encart ci-après). Elles n’en demeurent pas moins un outil indispensable au suivi et à l’analyse de la qualité physico-chimiques des masses d’eau lotiques du Grand Sud, en attendant de futurs travaux plus poussés sur le fond géochimique naturel de ces cours d’eau, ainsi que sur les valeurs seuils de certains métaux traces (Ni, Cr, Co) dont les concentrations naturelles sont très en deçà de ce qui peut être observé dans les cours d’eau d’autres régions du monde.</p> <p>Cette étude a également permis d’identifier les lacunes existantes dans les jeux de données actuels, ainsi que les problèmes d’hétérogénéité dans les méthodes d’analyse pour un même paramètre (notamment au niveau des limites de quantification). A ce titre, des recommandations ont été émises afin d’améliorer les futures acquisitions de données.</p>			
<p>Limites de l’étude</p>	<p>Les gammes de référence présentées dans ce rapport doivent être considérées comme des outils d’alerte et non comme des valeurs seuils au delà desquelles une altération de la vie aquatique est observée. En effet, ces gammes ne font que décrire le spectre de variation naturelle observé historiquement pour chacun des paramètres étudiés. Ce spectre découle de l’analyse d’un jeu de données, certes volumineux, mais qui possède ses propres limites (absence de données pendant les épisodes pluvieux intenses, faible volume de données sur certaines stations), qu’il convient donc de prendre en compte lors de l’utilisation de ces gammes de référence.</p>			
<p>Evolutions</p>	<p>Version :</p>	<p>Finale</p>	<p>Date de la version :</p>	<p>03-04-2020</p>

Table des matières

Chapitre I - Introduction	6
I.1. Contexte, phasage, et objectifs du projet	6
I.2. Structure du document	7
Chapitre II - Constitution et intervention d'un groupe de travail élargi	8
Chapitre III - Production du jeu de données de référence	10
III.1. Rappel des caractéristiques du jeu de données	10
III.2. Validation de la liste des paramètres	11
III.3. Intégration et traitement des nouvelles données (2018)	12
III.4. Définition des stations de référence	12
III.5. Emprise spatio-temporelle du jeu de données	12
III.6. Derniers filtres et caractéristiques du jeu de donnée final	14
Chapitre IV - Modalités de calcul des gammes de référence	17
IV.1. Stratification des gammes	17
IV.1.1. Pluviométrie	17
IV.1.2. Dichotomie amont/aval	18
IV.2. Approche analytique pour le calcul des gammes	21
Chapitre V - Modalités d'utilisation des gammes de référence	24
V.1. Limites et cadre d'utilisation des gammes	24
V.2. Présentation des gammes : les fiches par paramètre	24
Chapitre VI - Recommandations pour l'amélioration des données et des gammes de référence	27
VI.1. Le réseau de référence	27
VI.2. Les limites de quantification	27
Chapitre VII - Conclusions et perspectives	29
Chapitre VIII - Annexes	30
VIII.1. Tableaux de répartition du volume de données de référence selon l'année de mesure, le cours d'eau, et le mois, tels qu'utilisés pour tracer les graphiques insérés dans les fiches par paramètre....	30
VIII.2. Gammes de référence détaillées pour les 24 paramètres physico-chimiques sélectionnés	35

Chapitre I - Introduction

I.1. Contexte, phasage, et objectifs du projet

Dans le cadre de ses missions, l'OEIL centralise les données de suivi acquises entre autres au niveau des cours d'eau de l'hydro-éco-région du plateau ultramafique du Grand Sud (HER D - environ une quinzaine de cours d'eau) et notamment du périmètre d'influence du complexe industriel et minier de Vale NC. Afin de valoriser au mieux ces données historiques de suivi et d'améliorer la détection de signaux d'impact sur les milieux naturels de cette zone, l'OEIL a souhaité explorer la possibilité de construire des gammes de référence pour un large spectre de paramètres physico-chimiques suivis en routine dans les eaux superficielles lotiques (creeks et rivières).

Les travaux envisagés pour répondre à ces attentes ont été planifiés en deux phases.

- ❖ La **première phase** consistait à compiler les séries de données existantes issues de différents jeux de données relatifs aux suivis réalisés historiquement dans la zone d'étude, à explorer leur structuration, et à étudier les potentialités analytiques pour la mise en place de futures gammes de référence fondées sur l'évolution des paramètres physico-chimiques (sans idée préconçue sur la forme que pourraient prendre ces gammes). Cette phase a permis d'étudier la faisabilité de différentes gammes, de sélectionner les paramètres pour lesquels elles apparaîtraient pertinentes, de cadrer les types d'approche pour la définition de gammes de référence, et le cas échéant d'identifier les lacunes existantes susceptibles d'être un obstacle à leur définition dans l'état actuel des données. Cette première phase de travail a fait l'objet d'un rapport dédié¹.

- ❖ La **seconde phase**, objet du présent rapport, s'est appuyée directement sur les constats provenant de l'exploration des jeux de données et sur les différents éléments de réflexion issus de la phase 1. Elle a consisté à ouvrir la réflexion aux acteurs susceptibles d'utiliser les futures gammes de référence physico-chimiques, et à produire ces gammes dans la limite du cadre défini suite à la phase 1. Il s'agissait schématiquement de :
 - intégrer les données acquises et validées par l'OEIL en 2018 (qui n'avaient pas encore pu être prises en compte en phase 1) afin d'augmenter le volume de données disponible ;
 - finaliser l'intégration des certains éléments clés dans la définition de gammes (ex. : faisabilité de certaines stratifications des données, prise en compte des limites de quantification, etc.) ;
 - confronter les alternatives méthodologiques envisagées avec les attentes et contraintes des principaux utilisateurs de ces futures gammes, et plus généralement recueillir leur avis critique sur la démarche et les résultats attendus ;
 - définir le ou les modes de calcul à privilégier pour établir les gammes de référence et mettre en place un protocole standardisé pour ce calcul ;
 - une fois l'ensemble du protocole de définition des gammes validé collégialement, procéder à leur calcul au cas par cas des paramètres d'intérêt, encadrer les modalités de leur utilisation en routine, et les représenter sous un format synthétique (fiches).

¹ Guillemot N, Dominique Y (2018) *Seuils indicateurs pour la surveillance des paramètres physico-chimiques dans les eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 1 : Evaluation des jeux de données, analyse des potentialités des données historiques de suivi, faisabilité et cadrage d'une démarche pour la mise en place de seuils opérationnels. Rapport OEIL, 50 pages.*

Il convient de noter que les gammes de valeurs de référence vers lesquelles il a été choisi de s'orienter correspondent à des outils fondés sur l'évolution historique des paramètres, et non pas à des seuils de qualité environnementale ou des indicateurs d'état de santé absolu. L'obtention de ces derniers doit en effet s'apprécier au regard de la réponse du milieu et relève de programmes de R&D en écotoxicologie et toxicologie (comme par exemple le programme CNRT « QUAVAR » lancé début 2020 : QUALité des eaux douces ultramaïtiques et Valeurs de Rejet), auxquels la présente étude n'a pas vocation à se substituer, ni dans son dimensionnement ni dans sa démarche méthodologique.

On notera enfin que cette étude s'intéresse uniquement aux aspects environnementaux de la surveillance des eaux de surface, et non aux aspects sanitaires.

1.2. Structure du document

Conformément à ses objectifs, la phase 2 a consisté en une approche progressive alternant des séquences de travaux sur les jeux de données et des séquences concertations avec l'OEIL et les acteurs impliqués dans ce projet (cf. description du groupe de travail en section suivante).

Le livrable clé du projet réside dans les gammes de référence par paramètre, présentées sous forme de fiches, et le présent rapport a donc pour vocation principale d'accompagner ces fiches en :

- détaillant les étapes de travail, les choix opérés sur les données, leurs traitements et leurs justifications, et les réflexions ayant abouti au calcul des gammes de référence fournies ;
- décrivant le cadre et les limites d'utilisation des gammes de référence obtenues ;
- formulant des recommandations relatives à la collecte, à la bancarisation, et à la valorisation des données de suivis physico-chimiques des eaux de surface au sein de l'HER D.

Les éléments successivement abordés dans ce document sont donc les suivants :

- la constitution et l'intervention du groupe de travail incluant un large panel d'acteurs intéressés par les gammes de référence ciblées ;
- les modalités de production du jeu de données de référence définitif sur la base duquel ont été calculées les gammes de référence ;
- les modalités de calculs des gammes (stratification et approche analytique) ;
- les modalités d'utilisation des gammes (limites d'utilisation et modalités de présentation dans les fiches) ;
- les recommandations pour l'amélioration des données de référence et plus généralement des suivis physico-chimiques des eaux de surface.

Chapitre II - Constitution et intervention d'un groupe de travail élargi

Etant donné les objectifs du projet et la nécessité de produire des gammes de référence à la fois scientifiquement légitimes et utiles d'un point de vue opérationnel, l'OEIL a souhaité constituer un groupe de travail ayant vocation à rendre des avis et à formuler des recommandations sur les modalités d'élaboration de ces gammes.

Ce groupe de travail a été souhaité diversifié et représentatif des acteurs calédoniens impliqués dans la recherche d'indicateurs de la qualité des eaux douces et/ou dans l'utilisation de tels indicateurs dans le cadre de leurs missions. Le Tableau 1 présente la composition exacte de ce groupe de travail.

Tableau 1 : Liste des participants au groupe de travail constitué pour la phase 2, et entités de rattachement.

Nom	Entité de rattachement
Karine Saumë	Gouvernement de la NC (DASS)
Julie Jeanpert	Gouvernement de la NC (DAVAR)
Typhaine Quere	Gouvernement de la NC (DAVAR)
Jennifer Monnier	Gouvernement de la NC (DAVAR)
Valérie Gentien	Province Sud (DENV)
François LeBorgne	Province Sud (DENV)
Hélène Charpentier	Province Sud (DENV)
France Bailly	CNRT Nicket et son Environnement
Farid Juillot	IRD
Pierre Genthon	IRD
Jean-Paul Ambrosi	CEREGE
Nazha Selmaoui-Folcher	UNC
Jean-Luc Folio	Vale NC

Sur la base d'éléments préparés par les prestataires en collaboration avec l'OEIL, le groupe de travail s'est réuni à deux reprises au cours de la phase 2 (en mars et en octobre 2019), afin de converger progressivement vers une approche et des résultats consensuels concernant la production des gammes de référence et leurs modalités d'utilisation.

Les conclusions et orientations décidées au cours des réunions du groupe de travail sont mentionnées dans les parties du rapport dont elles relèvent. On peut toutefois mentionner ici les objectifs généraux de chacune de ces deux réunions :

- Première réunion (05-03-2019) :
 - o examen et validation de la liste des 24 paramètres pré-sélectionnés en phase 1 ;
 - o modalités de définition des stations de référence ;
 - o possibilités de stratification des gammes et faisabilité sur la base de l'exploration des données réalisée en phase 1 ;
 - o modalités de prise en compte des limites de quantification et filtres éventuels à approfondir en phase 2 ;

- discussion des approches analytiques envisageables pour le calcul des gammes (et vocation opérationnelle des gammes de référence).
- Seconde réunion (24-10-2019) :
 - visualisation des données de référence, présentation de calculs intermédiaires des gammes de référence, et examens critiques des résultats pour les 24 paramètres un à un pour ajustement et validation de l'approche analytique ;
 - discussion sur la faisabilité d'une stratification des gammes dans l'état actuel des données disponibles ;
 - discussion des modalités de présentation des gammes et de leur champ de validité.

Chapitre III - Production du jeu de données de référence

III.1. Rappel des caractéristiques du jeu de données

Pour rappel et tel que détaillé dans le rapport de phase 1, les paramètres physico-chimiques considérés dans le présent projet répondent aux critères suivants :

- paramètres des cours d'eaux superficiels (les plans d'eau, tels que les dolines et lacs, avaient été écartés) ;
- paramètres considérés comme étant présents naturellement dans les milieux (les paramètres d'origine anthropique indiscutable avaient été écartés) ;
- éléments dont la présence est possible dans les sols, sous-sols, et eaux douces de l'HER D ou pour lesquels il existe des sources de pollution pouvant entraîner leur apparition en concentrations significatives (certains éléments tels que l'Antimoine, l'Argent, le Baryum, le Bore, le Brome, ou encore le Vanadium avaient été écartés) ;
- paramètres concernant uniquement la fraction dissoute (pour les éléments où d'autres types de mesures sont possibles), c'est en effet cette fraction qui est le plus souvent mesurée dans le cadre des suivis réglementaires effectués par les opérateurs miniers (sources de l'essentiel du volume des données disponibles).

Un grand nombre de filtres et de pré-traitements de données répondant à ces critères et/ou permettant d'uniformiser les jeux de données disponibles avaient été mis en œuvre en phase 1 et sont détaillés dans le rapport correspondant. Parmi les traitements et spécificités des jeux de données utilisés, on peut rappeler ici quelques éléments ayant une influence directe sur la visualisation des données de référence et l'utilisation des gammes qui en découlent :

- Le traitement des mesures inférieures à la LQ : l'application d'une valeur correspondant à la moitié de cette LQ a été opérée (ce sont donc ces valeurs corrigées qui seront visualisées sur les graphiques représentant les données de référence et sur la base desquelles seront calculées les gammes de référence)² ;
- Pour une très large majorité des données, des arrondis sont pratiqués par les laboratoires pour tenir compte des incertitudes de mesures (par exemple une concentration mesurée comprise entre 0,005 et 0,014 mg/l sera arrondi à 0,01 mg/l), aboutissant à une pseudo-discrétisation des données et à une visualisation graphique sous forme de « paliers » dans le cas de certains paramètres, sans conséquence toutefois sur la qualité des gammes de référence qui seront calculées ;
- Bien que le détail des méthodes analytiques en laboratoire soient parfois susceptibles de varier entre certains prestataires, il avait été estimé que ces fluctuations, inévitables dans le cas de méta-analyses, ne seraient pas de nature à altérer significativement la comparabilité des mesures entre les bases de données disponibles et donc la qualité des gammes qui seront tirées du jeu de données final qui va être assemblé.

Plus généralement, la première réunion du groupe de travail a abordé la question de la prise en compte des limites de quantification (LQ) dans le cas de méta-analyses, et les difficultés largement décrites en phase 1 concernant leur renseignement dans les bases de données. Des améliorations sont envisageables

² L'attribution d'une valeur équivalente à LQ/2 dans les matrices de données physico-chimiques destinées à être analysées est classiquement pratiquée afin d'éviter un biais de surestimation des niveaux inférieurs à la LQ.

afin de renseigner les LQ avec plus de constance et de précision dans le cadre des suivis actuels et futurs, et feront l'objet de recommandations en fin de rapport. Dans le cas de ce projet, le groupe de travail a permis de clarifier les modalités actuelles de renseignement des LQ dans les principaux jeux de données (notamment la série temporelle réglementaire de Vale NC) et les modalités de prise en compte de ces LQ proposées en phase 1 ont été validées.

Par la suite, seuls sont décrits dans ce chapitre les traitements effectués lors de la phase 2 en vue de la production du jeu de données de référence définitif.

III.2. Validation de la liste des paramètres

L'examen critique des données disponibles lors de la phase 1 avait abouti à la sélection de 24 paramètres physico-chimiques présentant un intérêt potentiel et une faisabilité satisfaisante pour le calcul de gammes de référence (Tableau 2). Le groupe de travail a validé cette liste lors de sa première réunion.

Tableau 2 : Liste des 24 paramètres pré-sélectionnés en phase 1 et validés par le groupe de travail pour le calcul de gammes de référence.

Paramètres physico-chimiques retenus	
Aluminium	Nickel
Arsenic	Nitrates
Chlorures	Nitrites
Chrome	Oxygène
Chrome VI	pH
Cobalt	Phosphates
Conductivité	Potassium
Fer	Silicium
Fluorures	Sodium
Magnésium	Soufre
Manganèse	Sulfates
Matières en suspension	Turbidité

Tout en assumant le fait que la qualité et l'utilité des gammes de référence pourraient varier entre ces différents paramètres selon la structure et/ou de la représentativité de leurs données, le groupe de travail a recommandé de calculer des gammes de référence systématiquement pour l'ensemble de ces 24 paramètres et d'encadrer le champ de validité et la représentativité de ces gammes à l'aide d'informations contextuelles détaillées (cf. présentation des gammes sous forme de fiche, plus loin dans le rapport).

Similairement, le groupe de travail a souligné qu'étant donné la liste de paramètre considérée, il était probable que des corrélations existent entre certains de ces paramètres (ex. sulfates/soufre). Ne pouvant pré-supposer des listes de paramètres mesurées à l'avenir par les différents suivis ou études susceptibles d'utiliser les gammes de référence, ni des liens de corrélation exactes dans chaque situation, il apparaissait préférable de travailler au calcul des gammes pour chaque paramètre indépendamment.

Dans le cas où des études ultérieures souhaiteraient optimiser leur collecte de données en faisant intervenir de possibles corrélations entre paramètres, cela devra faire intervenir des réflexions dédiées aux cas particuliers de ces études.

III.3. Intégration et traitement des nouvelles données (2018)

Afin de capitaliser sur les données de suivi centralisées et validées par l'OEIL dans le cadre de ses missions pendant la période de la réalisation de la phase 1, un nouveau jeu de données a été intégré à l'existant en début de phase 2. Ces données complémentaires correspondaient essentiellement aux données acquises par Vale NC dans le cadre de son suivi réglementaire des eaux de surface en 2018.

L'ensemble des traitements, filtres, et formattage qui avaient été appliqués aux jeux de données compilés en phase 1 ont été ré-appliqués à l'identiques aux données nouvellement intégrées.

Cette opération a permis d'enrichir de 6079 lignes de mesures (portant sur les 24 paramètres d'intérêt), la base de données totale qui avait été constituée en phase 1 et comportait alors environ 103 000 lignes de mesure.

III.4. Définition des stations de référence

Les paysages de l'HER D ont été fortement modifiés par l'action de l'homme depuis les années 1800 (notamment par le biais de l'exploitation forestière et minière). Ceci engendre inévitablement une difficulté à disposer de masses d'eau totalement exemptes d'influence anthropique ancienne ou récente et susceptible de constituer une zone de référence idéale.

Il s'agit d'une situation fréquemment rencontrée dans le cadre de suivi environnementaux, nécessitant de définir des critères à la fois satisfaisants pour la considération d'une zone de référence pertinente, et à la fois réaliste compte-tenu du contexte des milieux naturels de la zone étudiée.

Les discussions menées lors de la réunion du premier groupe de travail ont permis de converger vers une définition de la zone de référence à considérer pour le calcul des gammes dans le cadre du présent projet, qui a été formulée ainsi : « l'ensemble des points de mesures qui ne sont pas sous l'influence directe du complexe de Vale NC ou d'une autre activité anthropique récente / en cours ».

Cette définition présente l'intérêt d'être formalisable facilement et de maximiser le volume de données utilisable pour le calcul des gammes (le volume de données de référence étant un des facteurs potentiellement limitant à la définition de gammes pertinentes).

Il a toutefois été également convenu qu'une fois les gammes mises en place et rendues opérationnelles auprès des différents acteurs, il conviendrait que les futures valeurs mesurées sur les stations de référence soient confrontées à moyen terme avec leurs propres gammes, afin d'évaluer *a posteriori* la pertinence des stations retenues comme référence et d'en ajuster la liste le cas échéant. Ceci permettrait également de détecter une éventuelle année atypique dont le profil n'aurait pas été rencontré historiquement dans le jeu de données 1993-2018 disponible actuellement pour le calcul des gammes (suggérant un diagnostic ponctuellement peu judicieux sur la base des gammes existantes).

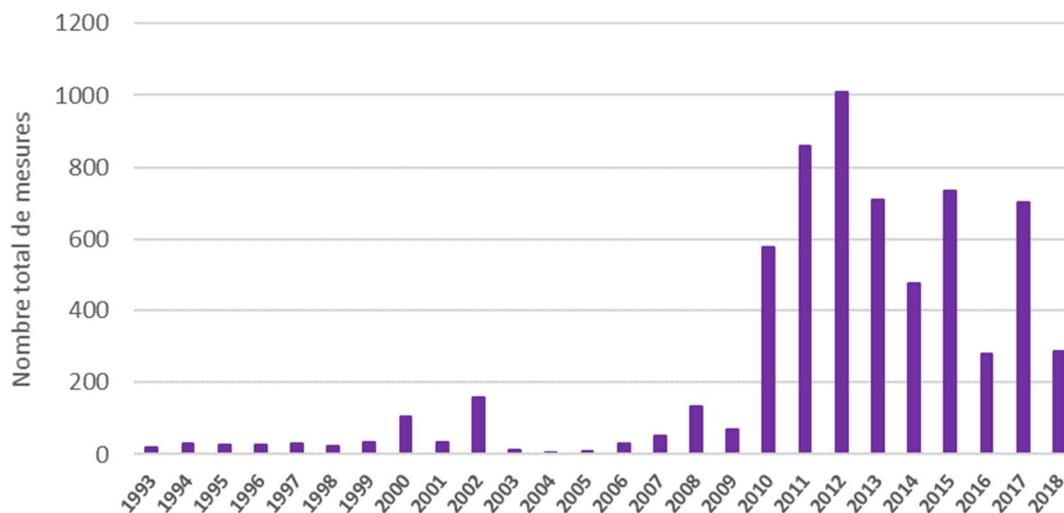
III.5. Emprise spatio-temporelle du jeu de données

Une fois extraites, les données répondant aux critères de définition des stations de référence, la question de l’emprise spatiale et temporelle des mesures à retenir pour le calcul de gammes pertinentes a été travaillée puis discutée en concertation avec le groupe de travail.

La Figure 1 illustre l’existence d’une forte hétérogénéité dans la répartition du volume de données disponible selon les années et selon les cours d’eau :

- bien que des données existent depuis 1993, la grande majorité des données correspond à la période 2010-2018 ;
- les rivières Wadjana et Trou Bleu concentrent la grande majorité des mesures.

Les gammes de référence à calculer ont pour vocation de définir une situation de normalité en regard des évolutions spatio-temporelles connues. Leur représentativité à l’échelle de l’HER D et leur capacité à caractériser une future situation anormale en regard du fonctionnement historique des cours d’eau de l’HER D sont donc fortement tributaires du recul temporel et du panel de cours d’eau sur lesquels elles sont fondées. Tout en ayant conscience du déséquilibre existant dans le poids des différentes années et/ou cours d’eau dans le jeu de données de référence, il a été décidé de conserver l’ensemble de l’historique de données disponible (depuis 1993) et l’ensemble des 26 cours d’eau pour lesquels des mesures de référence sont disponibles. Le différentiel de poids entre années et cours d’eau représente une limite d’utilisation des gammes (qui sera caractérisée et affichée dans les fiches par paramètre afin de bien cadrer l’utilisation des gammes correspondantes, cf. parties suivantes du rapport). Celle-ci a toutefois été préférée à l’alternative qui aurait consisté à supprimer environ deux tiers de l’historique disponible et/ou la majorité des cours d’eau de référence le HER D, et aurait engendrer une perte de représentativité spatio-temporelle majeure.



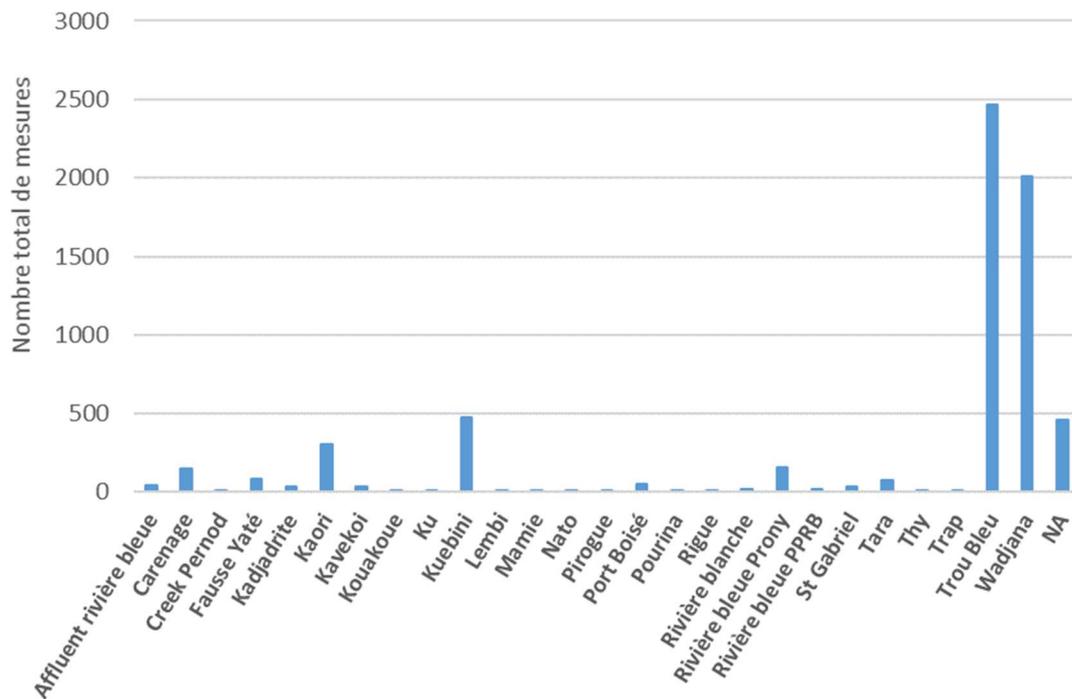


Figure 1 : Répartition du nombre total de mesures (tous paramètres confondus) selon les années (haut) et les cours d'eau (bas) pour lesquels des données existent dans le jeu de données de référence.

III.6. Derniers filtres et caractéristiques du jeu de donnée final

Sur la base du jeu de données total qui avait été produit à l'issue de la phase 1, l'application de l'ensemble des critères validés lors des réunions du groupe de travail (définition des stations de référence, choix de l'emprise spatio-temporelle des données) a permis de constituer un jeu de données de référence, sur lequel une dernière vérification des données a été effectuée. Cette vérification a essentiellement consisté à rechercher d'éventuelles valeurs isolées qui présenteraient un profil atypique et seraient susceptibles de biaiser le futur calcul de gammes de référence (Figure 2).

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Sodium)

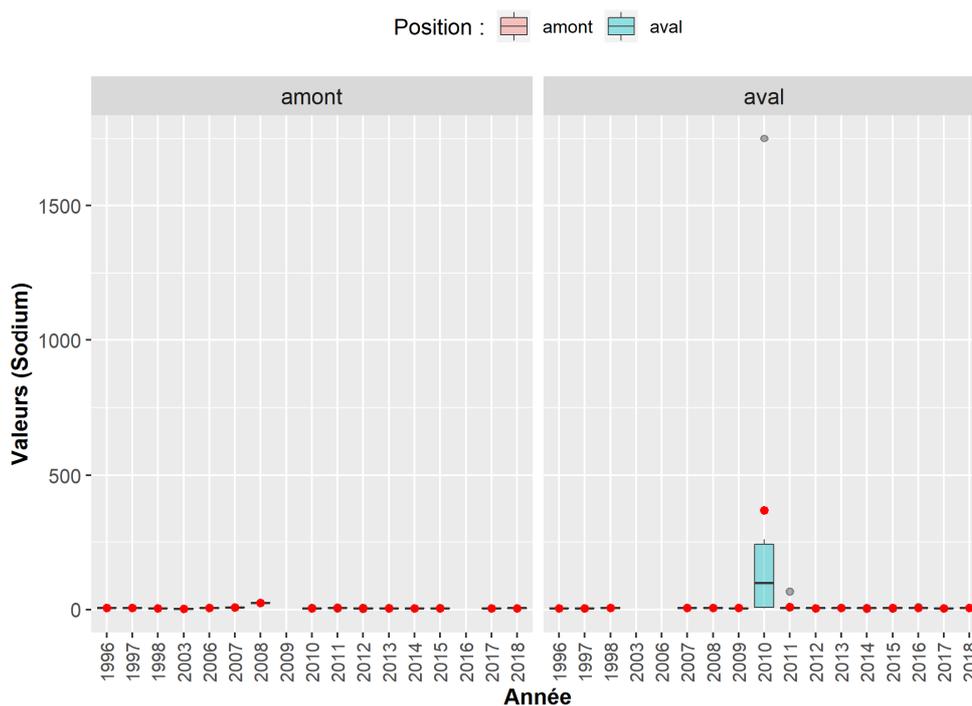


Figure 2 : Exemple de valeur atypique (Sodium en 2010 en zone aval) susceptible de perturber le calcul des gammes de référence et ayant été exclue du jeu de données final en raison d’une suspicion de biais d’échantillonnage.

Lorsque de telles valeurs ont été détectées, l’examen détaillé des données a permis de définir, à dire d’expert, si elles correspondaient à un possible biais d’échantillonnage de la mesure concernée, ou s’il était plausible qu’elles puissent faire partie des fluctuations naturelles pour ce paramètre. A titre d’exemple, un prélèvement réalisé en 2010, et ayant visiblement été réalisé à proximité d’une embouchure à marée montante, a engendré des valeurs aberrantes pour plusieurs paramètres, qui ont donc été supprimées (cf. Figure 2). Ce type de suppression est resté ponctuel et n’a concerné qu’un nombre très restreint de valeurs, sans impact notable sur le volume de données de référence disponible.

L’application de ces derniers filtres a permis d’aboutir à un jeu de données de référence pouvant être considéré comme définitif pour le calcul des gammes de référence.

Ce jeu de données, fourni à l’OEIL en tant que livrable accompagnant le présent rapport, comprend 6436 lignes de mesures, dont la répartition entre les 24 paramètres d’intérêt est fournie dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Nombre de mesures par paramètre au sein du jeu de données de référence utilisé pour le calcul des gammes de référence.

Paramètre	Nombre de mesures	% du nombre total
Aluminium	247	4 %
Arsenic	187	3 %
Chlorures	325	5 %
Chrome	247	4 %
Chrome VI	236	4 %
Cobalt	194	3 %
Conductivité	563	9 %
Fer	278	4 %
Fluorures	140	2 %
Magnésium	296	5 %
Manganèse	311	5 %
Matières en suspension	247	4 %
Nickel	268	4 %
Nitrates	329	5 %
Nitrites	128	2 %
Oxygène	141	2 %
pH	450	7 %
Phosphates	259	4 %
Potassium	282	4 %
Silicium	202	3 %
Sodium	304	5 %
Soufre	175	3 %
Sulfates	328	5 %
Turbidité	299	5 %
Total	6436	100 %

Chapitre IV - Modalités de calcul des gammes de référence

IV.1. Stratification des gammes

A l'échelle d'une HER de niveau 1, telles que l'HER D concernée par ce projet, la chimie naturelle des masses d'eau est susceptible de varier en fonction de nombreux facteurs, parmi lesquels les plus structurant sont :

- la pluviométrie (instantanée juste avant et/ou pendant les mesures, ou de manière plus intégrée à large échelle temporelle sur la zone de mesure) ;
- la position de la mesure sur le cours d'eau (amont/aval) ;
- la géologie et la géomorphologie locale.

Il est donc apparu nécessaire de discuter de l'intérêt et de la faisabilité d'une stratification des gammes de référence, cette dernière dépendant fortement des caractéristiques du jeu de données disponibles. Cette réflexion avait déjà été largement initiée lors de la phase 1 et est détaillée dans le rapport correspondant, qui avait conclu que la phase 2 devrait se pencher plus spécifiquement sur la possibilité ou non d'une stratification selon deux critères : la pluviométrie et la dichotomie amont/aval.

IV.1.1. Pluviométrie

Les paramètres de turbidité, matières en suspension, et métaux sont connus pour être particulièrement influencés par la pluviométrie. Plus généralement, l'ensemble des intervenants et le groupe de travail ont souligné l'importance de la prise en compte de la pluviométrie dans l'interprétation d'une mesure physico-chimique prise dans un cours d'eau.

Cependant, il a également été souligné qu'une co-analyse des données physico-chimiques de référence avec des données pluviométriques nécessiterait un projet dédié de récupération de données pluviométriques historiques à haute fréquence, de mise en correspondance de ces données avec l'ensemble des lignes de mesures disponibles dans le jeu de référence, puis d'analyse de l'influence de ces données sur les 24 paramètres sélectionnés afin d'envisager des voies de stratification pertinentes. A ce titre, la réalité et la complexité d'une prise en compte fine de la pluviométrie sont apparues en inadéquation avec le dimensionnement du présent projet. Il a donc été convenu au sein du groupe de travail de calculer les gammes sur l'ensemble des situations pluviométriques disponibles en assumant les limites de cet exercice, en particulier une moindre capacité des gammes à détecter des situations anormales si elles sont utilisées pour diagnostiquer des périodes où les paramètres présentent des valeurs naturellement basses.

Cette approche globale, toutes situations pluviométriques confondues, nécessite toutefois de bien borner l'utilisation des gammes obtenues en associant à chaque gamme de référence des informations sur les données à partir desquelles elles ont été calculées, fournissant ainsi à l'utilisateur les moyens d'une interprétation critique et en connaissance de cause de ces gammes. A cette fin, trois grands régimes pluviométriques, correspondant à trois saisons, ont été considérés et pour lesquels le nombre de mesures de référence sera systématiquement fourni en parallèle des gammes de référence, afin de disposer d'une vision de la représentativité de la gamme vis-à-vis de ces saisons. Ces saisons sont les suivantes :

- mi-décembre à mi-avril : saison humide ;
- mi-avril à mi-septembre : saison de transition ;

- mi-septembre à mi-décembre : saison sèche.

Bien que traité plus en détail en partie suivante, il convient également ici de rappeler la vocation des gammes de référence qui est de fournir des aides aux diagnostics annuels ou à large pas de temps, sur la base d'une comparaison à des valeurs historiques de référence. Contrairement à des diagnostics instantanés cherchant à comparer une mesure isolée à une norme ou un indicateur, l'aspect intégré de cette approche autorise de raisonner sur un large panel de situations sans nécessairement invalider son utilité (mais en imposant de bien cadrer le champ de validité des gammes proposées).

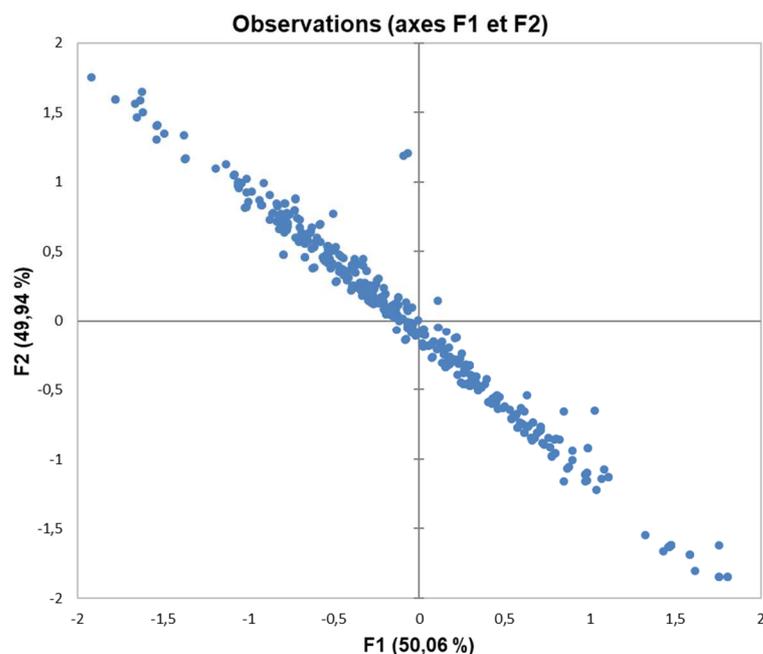
IV.1.2. Dichotomie amont/aval

Lors de sa première réunion, le groupe de travail a souligné la nécessité d'explorer la structuration des données de référence selon une dichotomie amont/aval afin, en cas de structuration claire, de stratifier les gammes de référence selon ce critère.

Il a notamment été suggéré la démarche suivante :

- évaluation de la structuration du jeu de données *via* le couple de paramètres conductivité/pH (analyse factorielle et relation entre ces deux paramètres) ;
- si l'approche conductivité/pH apparaissait non-concluante (pas de structure nette identifiée) : classification des stations en deux groupes (amont et aval) sur base cartographique à dire d'expert, et analyses statistiques recherchant des différences significatives entre ces deux modalités, pour chaque paramètre.

La Figure 3 illustre les analyses exploratoires réalisées sur la relation conductivité/pH. Celles-ci ne se sont pas avérées probantes en raison d'une absence totale de discrimination des stations selon ce critère et une absence de relation claire entre les deux paramètres.



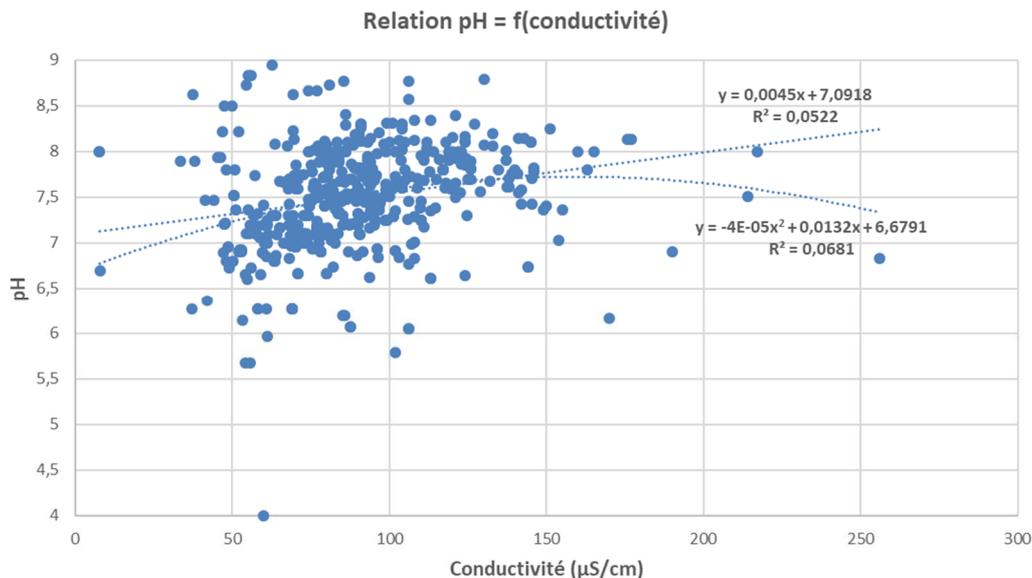


Figure 3 : Haut : plan factoriel issu d'une analyse en composante principale sur le couple conductivité/pH, illustrant une absence de structuration du nuage de données selon ces deux variables. Bas : relation entre le pH et la conductivité et tentatives d'ajustement de régressions linéaires et polynomiales, montrant l'absence de relation claire entre ces deux paramètres dans l'état actuel des données de référence (nuages de point sans structure, R^2 très faibles).

Parallèlement, le Tableau 4 présente les résultats des tests statistiques réalisés pour chaque paramètre³ suite à une classification amont/aval des stations sur base cartographique. Bien que 15 des 24 paramètres présentent une différence statistiquement significative entre les stations amont et aval, il s'avère qu'une large part de ces différences résultent d'artéfacts relatifs aux limites de quantification utilisées sur les différentes stations. Dans le cas des paramètres présentant une faible détection en zone de référence, l'usage de LQ différentes entre les stations engendre en effet une différence significative entre les deux zones qui ne correspond en réalité qu'à la différence des LQ utilisées, et ne traduit en rien une structuration de ce paramètre selon la position amont ou aval de la mesure.

La Figure 4 fournit plusieurs exemples de ce phénomène, dans lesquels certaines des LQ utilisées sur des stations amont sont supérieures à celles utilisées sur les stations aval, engendrant un signal statistique artificiel (différence significative non liée à une réalité du fonctionnement physico-chimique des cours d'eau).

L'ensemble des résultats obtenus suggèrent donc une faible structuration des caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau selon la dichotomie amont/aval dans l'état actuel des stations et données disponibles. Il a été recherché si la présence de plateau cuirassé était susceptible d'expliquer cette absence de structuration spatiale claire⁴. Toutefois aucun schéma n'a pu être dégagé et la présence

³ D'un point de vue méthodologique, il a été déterminé, pour chaque paramètre, si les données à analyser répondaient aux exigences de mise en œuvre des analyses paramétriques. Lorsque les conditions nécessaires étaient remplies, de telles analyses ont été utilisées afin de comparer statistiquement les valeurs prises par le paramètre entre les zones amont et aval. Dans les cas contraires, des tests non-paramétriques ont été mis en œuvre.

⁴ Le nombre de mesures sur cuirasse a été évalué à dire d'expert sur la base d'un recoupement entre le positionnement cartographique des stations et la carte géologique de la région.

d'écoulement sur cuirasse s'est avérée peu contributive en raison du très faible nombre de points de mesures correspondant dans le jeu de données disponible (environ 1% des mesures).

Bien que quelques paramètres aient ponctuellement présentés des schémas de structuration amont/aval, leur faible nombre, la faiblesse des schémas observés, et l'absence totale de structuration sur des paramètres habituellement structurant (notamment conductivité et pH), laissent supposer que les caractéristiques du jeu de données actuellement disponible ne permettent pas de travailler sur une telle dichotomie de manière rigoureuse.

En conséquence, le groupe de travail a validé lors de sa seconde réunion qu'il n'apparaîtrait pas pertinent de distinguer des gammes de référence amont et aval. Pour l'ensemble des paramètres, les gammes de référence ont donc été calculées sur l'ensemble des stations disponibles, sans dichotomie géographique.

Tableau 4 : Significativité des tests statistiques comparant les valeurs amont et aval pour chacun des 24 paramètres d'intérêt.

Paramètre	Significativité statistique (p < 0,05)
Aluminium	Oui
Arsenic	Non
Chlorures	Non
Chrome	Oui
Chrome VI	Oui
Cobalt	Oui
Conductivite	Non
Fer	Oui
Fluorures	Non
Magnesium	Non
Manganese	Oui
Matieres en suspension	Oui
Nickel	Non
Nitrates	Oui
Nitrites	Non
Oxygene	Oui
pH	Non
Phosphates	Oui
Potassium	Oui
Silicium	Oui
Sodium	Oui
Soufre	Oui
Sulfates	Oui
Turbidite	Non

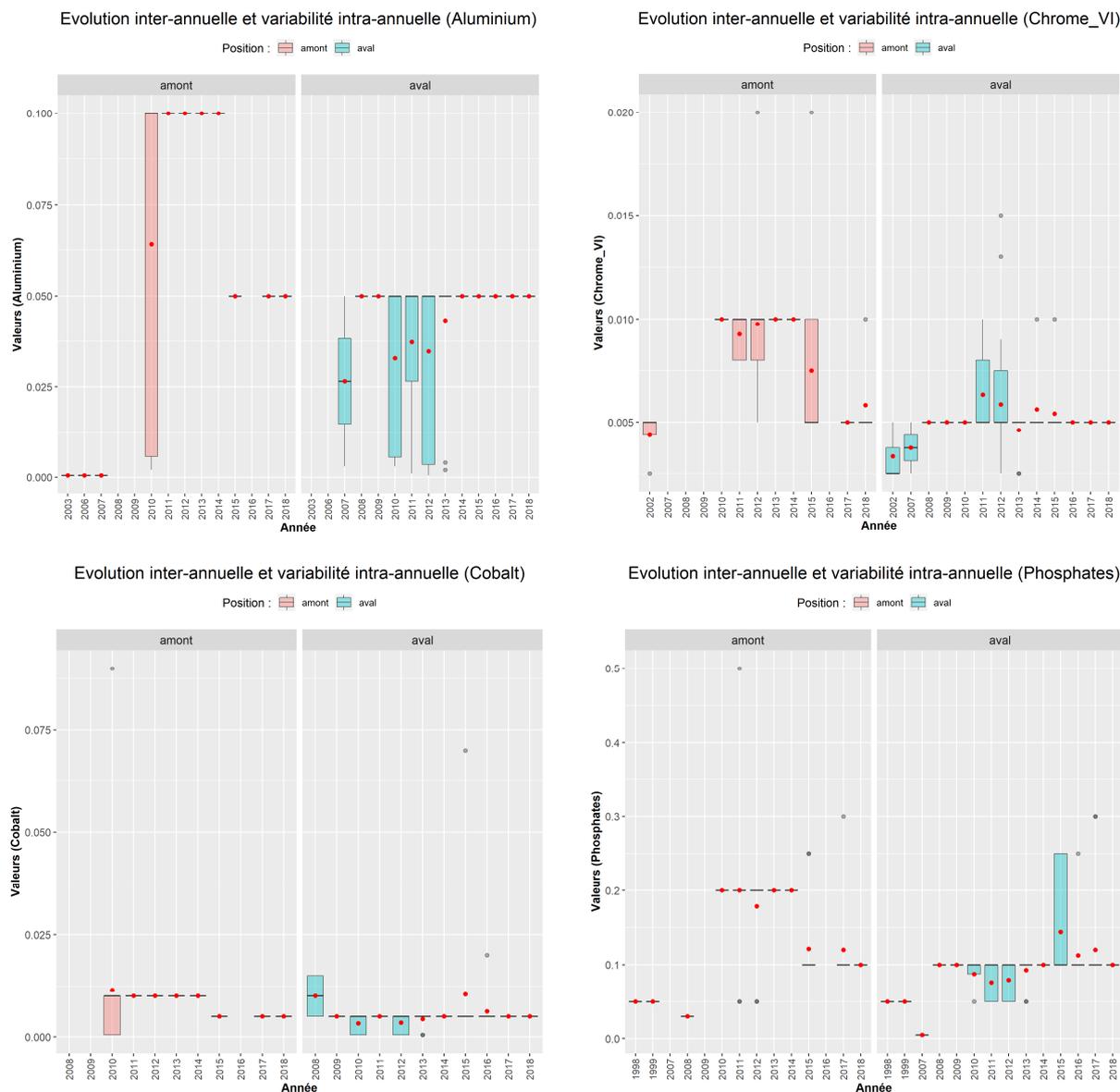


Figure 4 : Représentation des données de référence entre zones amont et aval pour quatre exemples de paramètres, illustrant l'existence de LQ différentes entre les deux zones (avec pour conséquence des différences artificiellement significatives à l'issue des tests statistiques).

IV.2. Approche analytique pour le calcul des gammes

Tel qu'abordé en phase 1 et mentionné en introduction du présent rapport, ce projet n'a pas vocation à se substituer à des travaux de recherche sur les indicateurs de qualité des rivières, et la vocation des gammes de référence envisagées ici est de fournir des valeurs susceptibles d'aider à détecter de futures situations anormales en regard de l'historique de référence connu.

Quelle que soit la méthode analytique choisie pour leur calcul, ces gammes auront donc pour objet d'être confrontées à des ensembles de mesures obtenus en zone sous influence afin de déterminer, à des pas de temps de type annuels, si ceux-ci traduisent une situation anormale en regard des niveaux habituellement observés dans les zones hors d'influence. Il ne s'agit donc ni de seuils d'état

environnemental absolu, ni de seuils d’alerte instantanés ou à forte réactivité temporelle (ex. : comparaison d’une mesure isolée à une valeur de type norme).

Dans ce contexte, la phase 1 avait permis d’identifier deux approches analytiques pour le calcul des gammes de référence :

- Les percentiles, régulièrement utilisés pour l’évaluation de la qualité de l’eau au sens large (cf. rapport de phase 1) mais présentant toutefois quelques limites, notamment : subjectivité des choix des percentiles à considérer pour définir des seuils et absence de quantification du niveau d’incertitude associé au futur diagnostic. Les modalités d’utilisation des percentiles en tant qu’outils de diagnostic dépendent des objectifs d’étude ou encore de la tolérance souhaitée dans le diagnostic. Elles sont donc à établir au cas par cas des projets, mais correspondent souvent à un critère de dépassement (soit simple soit sous la forme d’une fréquence limite de dépassement) de l’un des percentiles.
- Les seuils statistiques issus d’analyses de sensibilité, qui sont plus fréquemment utilisés pour l’étude de paramètres biologiques et présentent l’intérêt, lorsque les jeux de données se prêtent à leur utilisation, d’être plus stables et de pouvoir connaître le niveau de « fiabilité statistique » associée à chaque seuil et donc à chaque paramètre.

A l’issue de sa première réunion, le groupe de travail a validé l’objectif de tester ces deux approches sur le jeu de données de référence afin de sélectionner la plus adéquate pour le calcul final des gammes.

Lors de la seconde réunion du groupe de travail, l’ensemble des paramètres ont été examinés un à un et notamment les valeurs obtenues par le biais des deux approches analytiques afin de comparer leur pertinence. Il s’est avéré que les seuils statistiques présentaient un très faible pouvoir discriminant pour la quasi-totalité des paramètres, avec notamment des valeurs seuils peu dissociées des courbes historiques tel qu’illustré en Figure 5. Ceci peut être rapproché du nombre généralement faible de mesures effectuées par an (auquel cette approche statistique est sensible car fondée sur des moyennes, contrairement à l’approche par percentile) et aux fortes amplitudes des variations inter-annuelles observées pour la majorité des paramètres.

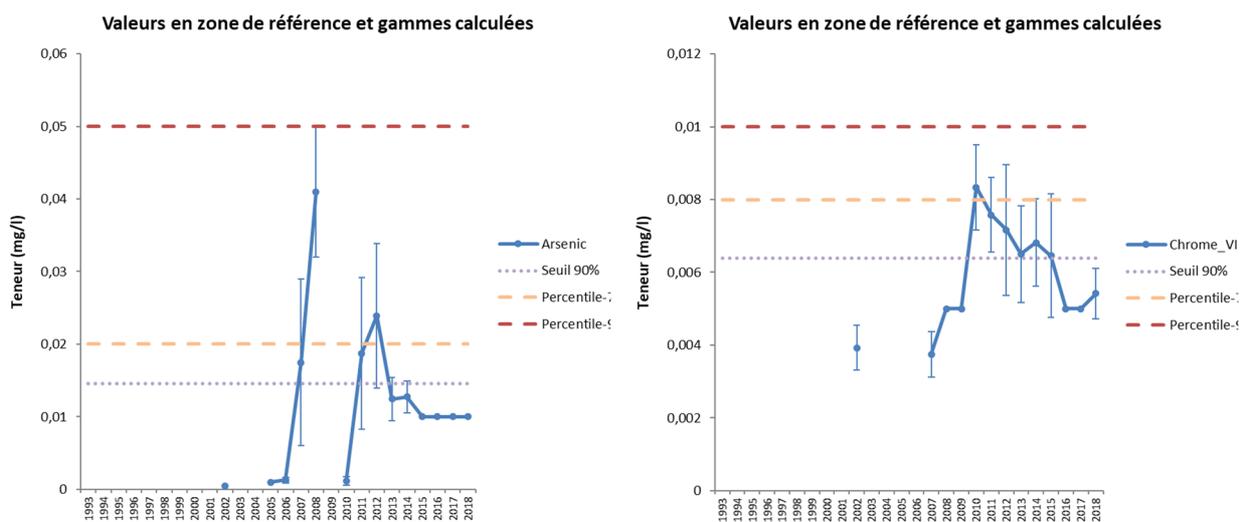


Figure 5 : Représentation graphique d’exemples de seuils (Arsenic et Chrome VI) : fondés sur des percentiles (75 et 90) et fondé sur une analyse de sensibilité (selon un paramétrage correspondant ici normalement à une puissance statistique élevée).

Etant donné cette faible performance des seuils statistiques fondés sur des analyses de sensibilité vis-à-vis des profils des paramètres physico-chimiques considérés pour cette étude, il a été décidé d'utiliser préférentiellement les percentiles pour définir les gammes de référence pour l'ensemble des paramètres.

Par ailleurs, plutôt que de présupposer de l'utilisation qui sera faite des gammes de référence et de chercher à ne calculer que les percentiles supposés les plus informatifs, il a été souhaité par le groupe de travail que soient calculés tous les percentiles par tranche de 5% et que soit livré l'ensemble de cette gamme de valeurs pour chacun des paramètres. Ces séries de percentiles pourront ainsi être librement utilisées par les futurs utilisateurs en fonction du contexte et de leurs objectifs d'étude.

Chapitre V - Modalités d'utilisation des gammes de référence

V.1. Limites et cadre d'utilisation des gammes

En premier lieu, il apparaît important de rappeler, dans ce paragraphe relatif aux limites des gammes proposées, que celles-ci ne sont nullement des valeurs seuils de qualité des masses d'eau (que ce soit physico-chimique, écologique ou sanitaire). Ces gammes constituent davantage une illustration de la variabilité naturelle historique des différents paramètres physico-chimiques des cours d'eau de l'HER D. Elles s'apparentent donc à des valeurs d'alerte qui permettront aux différents acteurs de situer les valeurs mesurées dans le cadre de leur mission en regard de cette variabilité naturelle. Tout écart par rapport à la gamme prédéfinie équivaudra dès lors à une alerte qui pourra déclencher une série de questionnements et d'actions pour confirmer ou infirmer une dégradation de la qualité des masses d'eau.

Dans les questionnements à mener, il s'agira dans un premier temps de voir si des fluctuations naturelles du paramètre sont susceptibles d'expliquer l'écart à la référence observé (forte pluviométrie, sécheresse extrême, etc.). Une analyse comparative en regard de l'évolution de l'état des masses d'eau de référence sera toujours souhaitable, d'autant que le jeu de données disponibles à l'heure actuelle sur ce type de masse d'eau n'est pas exhaustif. Le suivi de ces dernières devra donc être maintenu afin de compléter les gammes proposées.

Une analyse conjointe de l'évolution de la qualité des eaux souterraines sera également la bienvenue afin de statuer sur le caractère « naturel » ou non des évolutions observées dans les eaux de surface.

Enfin, malgré l'évidence de la chose, il est important de rappeler que ces gammes s'appliquent aux cours d'eau ultramaïques de l'HER D pour lesquels elles ont été définies. Elles ne peuvent être utilisées dans les autres régions ultramaïques de l'archipel sans en avoir au préalable vérifié la pertinence.

V.2. Présentation des gammes : les fiches par paramètre

L'ensemble des réflexions et travaux menés au cours de la phase 2 ont souligné l'importance de disposer d'informations de contexte en accompagnement des gammes de référence propres à chaque paramètre, afin de borner clairement le champ de validité de ces gammes mais également d'aider à l'interprétation des futurs diagnostics qui les utiliseront.

Le groupe de travail et l'OEIL ont donc souhaité la livraison des gammes de référence sous la forme de fiches synthétiques présentant pour chaque paramètre les gammes de référence et ses données contextuelles sur une seule page. Le contenu des fiches et la nature des informations à présenter a été validé par le groupe de travail et a permis d'aboutir au format définitif présenté en Figure 6 (exemple des sulfates).

% de détection, et nombre de mesures pour lesquelles la LQ n'est pas renseignée dans les métadonnées ou pas exploitable⁶).

On notera ici que le calcul du % de détection peut être légèrement biaisé en raison des problèmes d'identification et de renseignement inégaux des LQ dans les métadonnées de certaines mesures. Son ordre de grandeur est valide mais le chiffre exact reste indicatif.

- Encadré 2 : il permet de visualiser le poids des différentes années et des différents cours d'eau dans le volume des données de chaque paramètre, qui font partie des informations contextuelles importantes soulignées précédemment en vue de cadrer le champ de validité des gammes de référence.
- Encadré 3 : il permet de visualiser la structure du jeu de données de référence pour le paramètre concerné, par le biais d'un *boxplot* illustrant les éléments suivants :
 - o La *box* (rectangle bleu) s'étend du premier quartile (25%) au troisième quartile (75%) de l'année à laquelle il correspond, et la ligne horizontale qu'il contient correspond à la médiane (percentile 50) ;
 - o Le rond rouge correspond à la moyenne annuelle ;
 - o Les traits verticaux partant de la *box* s'étendent jusqu'à la plus grande (haut) et la plus petite (bas) valeur mesurée, sauf lorsque des valeurs excentriques sont présentes ;
 - o Les valeurs excentriques (i.e. valeurs situées à plus de 3 fois la distance inter-quartile), lorsqu'elles existent, sont représentées par des ronds gris.
- Encadré 4 : il fournit les gammes de référence constituées de l'ensemble des percentiles par tranches de 5 %, auxquelles ont été adjointes les valeurs minimum et maximum prises par le paramètre sur l'ensemble du jeu de données de référence, ainsi que la moyenne et l'écart-type associé.
- Encadré 5 : il apporte, lorsque nécessaire, des commentaires relatifs aux données ou à la pertinence des gammes de référence pour le paramètre concerné.

L'Annexe 2 fournit l'ensemble des fiches présentant les gammes de référence et les données contextuelles associées pour les 24 paramètres physico-chimiques considérés dans ce projet.

⁶ C'est le cas notamment des LQ renseignées sous forme de gamme (ex. : « 0,1 à 2 mg/L »), dont le cas a été largement discuté lors de la phase 1.

Chapitre VI - Recommandations pour l'amélioration des données et des gammes de référence

VI.1. Le réseau de référence

Au niveau de l'HER D, il a été possible d'identifier des masses d'eau pouvant servir de référence au réseau de suivi du site minier de Vale NC. Le volume de données disponibles au niveau de ce réseau, bien que suffisant pour établir de premières gammes de référence, doit néanmoins être complété. Depuis 5 ans, l'OEIL procède annuellement à l'acquisition de données au niveau d'un réseau de référence qu'il a mis en place au sein de cette HER. Cet effort d'acquisition de données doit être maintenue. Il pourrait cependant être renforcé en ajoutant systématiquement la chlorophylle *a* dans les paramètres à suivre. En termes d'extension géographique, les cours d'eau de la plaine des lacs et de la zone du creek Pernod mériteraient d'être suivis. Ces cours d'eau présentent un comportement atypique. D'autre part, il font partie de la zone humide d'importance internationale des Lacs du Grand Sud (classée RAMSAR en 2014). Il serait également intéressant d'étendre ce réseau au droit des autres HER de l'archipel afin de disposer de données permettant d'établir le fond géochimique des différents cours d'eau calédoniens.

Il est aujourd'hui souvent difficile de trouver des zones préservées sur le territoire calédonien. Il faut donc composer avec l'état actuel des bassins versants et définir un réseau de référence en fonction des objectifs de suivi.

Au niveau de ce réseau de référence, certains paramètres peuvent être difficiles à détecter ou à mesurer de manière fiable à des coûts raisonnables (P, Nitrites, Nitrates). Il est alors possible de procéder aux remplacements de ces différents paramètres par la mesure d'un proxy. Dans le cas des nutriments, où un enrichissement en phosphates ou en nitrates est souvent difficile à détecter dans les cours d'eau oligotrophes calédoniens (consommation rapide par les producteurs primaires de ces éléments), il est préférable de suivre un paramètre témoignant de l'effet d'une augmentation de ces éléments nutritifs sur les organismes, comme la chlorophylle *a* (témoin d'une augmentation de production primaire).

Enfin, l'un des défis importants aujourd'hui pour améliorer notre compréhension de la variabilité naturelle de certains paramètres physico-chimiques, est d'effectuer des mesures de ces derniers lors d'épisodes pluvieux. Ces mesures permettraient de suivre l'effet de la montée des eaux, ainsi que des apports par les eaux de ruissellement, sur certains paramètres physico-chimiques tels que les matières en suspension et les éléments métalliques traces (Ni, Co, Fe, Cr, Mn), naturellement présents dans les sols ultramafiques. Aujourd'hui il n'existe pas de mesures de ce type à notre connaissance sur des cours d'eau de référence. Il est vrai que les conditions de prélèvements sont difficiles par fortes pluies sur les massifs ultramafiques, notamment du fait du caractère torrentiel des cours d'eau qui peut rapidement rendre dangereuse l'approche de ces derniers. Ce type de suivi nécessiterait l'équipement d'une station de mesure hydrosédimentaire tel que préconisé dans le guide méthodologique du suivi hydrologique et sédimentaire des petits bassins versants miniers du CNRT (2015).

VI.2. Les limites de quantification

Nous avons pu constater, lors de ce travail, l'existence d'une forte hétérogénéité dans les limites de quantification pour un même paramètre. Celle-ci peut en partie s'expliquer par la diversité des objectifs des différents suivis pratiqués. Par exemple, sur certains réseaux de surveillance, il est demandé à l'opérateur de ne pas dépasser une certaine valeur seuil. Celui-ci, pour des raisons d'optimisation

budgétaire, peut alors décider d'appliquer une méthode ayant une limite de quantification juste inférieure au seuil à ne pas dépasser, mais bien supérieure aux limites de quantification utilisées sur d'autres réseaux.

Il apparaît donc aujourd'hui important de mener un travail d'homogénéisation des limites de quantification pour chacune des techniques d'analyses utilisées pour suivre les différents paramètres. Ce travail devra se faire en étroite collaboration avec les laboratoires d'analyse, les gestionnaires publics et les opérateurs à qui un suivi est imposé. Les limites de quantification devront être compatibles avec les valeurs mesurées au droit des réseaux de référence afin de détecter au mieux toute fluctuation d'un paramètre hors de sa gamme de variation naturelle.

Plus largement, il apparaît nécessaire aujourd'hui d'harmoniser les méthodes de mesures pour les différents paramètres et la bancarisation des données afférentes à ces mesures. En effet, nous avons pu constater qu'en fonction des objectifs de suivi, les différents intervenants adaptent leur stratégie de mesure en fonction de critères qualitatifs et économiques. De même, le degré de renseignement des métadonnées afférentes à la mesure est très hétérogène dans les bases de données.

Les arrêtés émis par les administrations compétentes pour prescrire ces suivis imposent des obligations de résultats, mais non de moyens. Ces arrêtés peuvent toutefois faire référence à un guide de bonnes pratiques décrivant les méthodes à suivre. Il serait dès lors intéressant de produire un tel guide méthodologique décrivant les différentes méthodes à utiliser en fonction des objectifs suivis, ainsi que les LQ à retenir et les métadonnées à renseigner dans une base de données type.

Chapitre VII - Conclusions et perspectives

Ce travail présente un caractère novateur en Nouvelle-Calédonie : il constitue le premier travail visant à définir des gammes de valeurs de référence pour caractériser la géochimie des cours d'eau ultramafiques de l'HER D. Pour les 24 paramètres étudiés, il sera donc désormais possible d'interpréter les valeurs des différents paramètres physico-chimiques mesurés, notamment au sein des réseaux de suivi des installations industrielles et minières de l'HER D, et ainsi détecter des variations anormales par rapport aux fluctuations naturelles de la région.

Ce travail ne représente qu'une première étape intermédiaire, précurseur des résultats de travaux de plus grande ampleur qui seront menés dans le cadre du projet QUAVAR afin de caractériser le fond géochimique des cours d'eau des différentes HER ultramafiques, ainsi que la production de valeurs seuils pour certains éléments (Ni, Co, Cr) afin de préserver la vie aquatique. Ce projet, qui démarre début 2020, ne produira toutefois des résultats que d'ici un à deux ans. Les gammes proposées ici permettront durant ce laps de temps de contribuer à surveiller la qualité physico-chimique des cours d'eau du Grand Sud.

Chapitre VIII - Annexes

VIII.1. Tableaux de répartition du volume de données de référence selon l'année de mesure, le cours d'eau, et le mois, tels qu'utilisés pour tracer les graphiques insérés dans les fiches par paramètre

Seuils indicateurs pour les paramètres physico-chimiques des eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 2 (Calcul gammes de référence)

Année	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aluminium											1			2	3	4	3	22	32	45	37	25	31	12	18	12
Arsenic										7			1	2	3	5		18	23	36	21	11	24	6	18	12
Chlorures	3	4	3	2	2	2		9	4	10	1		1	2	2	5	3	30	38	51	37	25	38	11	30	12
Chrome															2	4	3	13	35	44	37	25	31	12	29	12
Chrome VI										7					2	4	3	13	31	48	32	23	31	12	18	12
Cobalt																8	3	22	23	34	25	13	24	12	18	12
Conductivité	3	4	3	3	5	2	9	22	12	37	1	2	2	2	2	7	7	63	81	61	48	36	69	16	54	12
Fer											1			2	3	8	3	26	37	45	37	25	31	12	36	12
Fluorures				2						5	1		1	1	1	1		16	17	21	14	12	7	11	18	12
Magnésium				2	2	2		9			1			2	3	5	3	22	40	51	37	25	38	12	30	12
Manganèse			3	2	2		2	9		7	1		1	2	3	10	6	29	42	45	33	23	31	12	36	12
Matières en suspension	3	4	3	2	2	2	2			9				2	3	5	3	30	35	41	23	13	24	12	17	12
Nickel	3	4	3	2	2	2		9		8				1	3	8	3	23	33	42	25	13	24	12	36	12
Nitrates	2	4	3	2	2	2	2	9	4	8	1		1	2	3	8	3	30	39	51	37	25	38	11	30	12
Nitrites				2			2			5	1			1	3	5			9	20	18	14	7	11	18	12
Oxygène	1	1	3		2		2			12								18	19	14	2		12	4	39	12
pH			3	3	5	2	13	11	6	20	1	2	1	2	2	7	7	63	60	59	35	30	46	16	44	12
Phosphates						2	2								1	5	3	13	40	45	33	23	38	12	30	12
Potassium				2	2	2		9		2	1			2	3	8	3	22	40	51	37	25	31	12	18	12
Silicium															1	4	3	13	27	34	23	13	24	12	36	12
Sodium				2	2	2		9			1			2	3	5	3	30	40	51	37	25	38	12	30	12
Soufre															1	4	3	12	23	24	19	11	24	12	30	12
Sulfates	3	4	3	2	2	2		9	4	10	1		1	2	2	5	3	30	40	51	37	25	38	12	30	12
Turbidité	3	4							4	10	1			2	2	7	3	20	54	45	27	15	37	15	38	12
Tous paramètres	21	29	27	28	30	22	34	105	34	157	14	4	9	31	51	132	71	578	858	1009	711	475	736	281	701	288

Seuils indicateurs pour les paramètres physico-chimiques des eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 1 (faisabilité & cadrage)

Cours d'eau	Affluent rivière bleue	Carenage	Creek Pernod	Fausse Yaté	Kadjadrite	Kaori	Kavekoi	Kouakoue	Ku	Kuebini	Lembi	Mamie	Nato	Pirogue
Aluminium	2					9				17				
Arsenic	2			2	2	4	2			7				
Chlorures	3	9	1	4	2	16	2			29				
Chrome		4				14				20				
Chrome VI				1	1	4	1			17				
Cobalt						8				1				
Conductivité	3	20	1	15	3	27	3	2	1	37	4	1	1	1
Fer	2	6				15				24				
Fluorures	2			2	2	4	2			20				
Magnésium	2	7		2	2	15	2			26				
Manganèse	4	6	1	2	2	11	2			25				
Matières en suspension	1	2	1	4	2	10	2			9				
Nickel	1	8	1	2	2	15	2			17				
Nitrates	3	8	1	4	2	15	2			30				
Nitrites	1					9				18				
Oxygène		18	2	11	2	19	2			16				
pH	2	16	1	10	3	22	3	2	1	28	4	1		1
Phosphates		7		2	2	10	2			24				
Potassium	2			4	2	9	2			20				
Silicium		6				13				10				
Sodium	2	7		2	2	15	2			26				
Soufre		4				4				4				
Sulfates	3	9	1	4	2	16	2			30				
Turbidité	2	13		7	2	18	2			19				1
Tous paramètres	37	150	10	78	35	302	35	4	2	474	8	2	1	3

Seuils indicateurs pour les paramètres physico-chimiques des eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 1 (faisabilité & cadrage)

Cours d'eau (suite)	Port Boisé	Pourina	Rigue	Rivière blanche	Rivière bleue Prony	Rivière bleue PPRB	St Gabriel	Tara	Thy	Trap	Trou Bleu	Wadjana	NA
Aluminium	2										109	99	9
Arsenic	3						2	4			83	55	21
Chlorures	3				13		2	4			107	100	30
Chrome											110	99	
Chrome VI							1	2			116	93	
Cobalt											102	74	9
Conductivité	3	2	1	6	23	6	3	7	3	1	176	135	78
Fer	2										110	97	22
Fluorures	3				2		2	4			41	40	16
Magnésium	3				6		2	4			108	99	18
Manganèse	3				8		2	4			116	95	30
Matières en suspension	3				15		2	4			99	77	16
Nickel	2				13		2	4			105	76	18
Nitrates	3				15		2	4			110	100	30
Nitrites	2				4						48	46	
Oxygène			1		6		2	5		1	19	13	24
pH	3	2	1	6	16	8	3	7	3	1	152	107	47
Phosphates	1				4		2	4			107	94	
Potassium	3				6		2	4			111	99	18
Silicium											98	75	
Sodium	3				6		2	4			108	99	26
Soufre											95	68	
Sulfates	3				13		2	4			108	101	30
Turbidité	3	2	1	1	5	2	2	4		1	128	73	13
Tous paramètres	48	6	4	13	155	16	35	73	6	4	2466	2014	455

Seuils indicateurs pour les paramètres physico-chimiques des eaux douces superficielles du Grand Sud - Phase 1 (faisabilité & cadrage)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Aluminium	15	24	20	17	14	31	18	11	22	21	32	22
Arsenic	11	10	20	11	10	15	18	10	20	21	24	17
Chlorures	20	24	28	17	15	33	37	15	22	39	45	30
Chrome	15	24	20	17	14	31	18	11	13	30	34	20
Chrome VI	16	25	21	13	14	29	26	11	14	26	24	17
Cobalt	16	13	16	18	14	19	14	11	22	15	17	19
Conductivité	51	31	48	25	20	45	72	24	46	54	92	55
Fer	22	24	28	18	15	31	19	11	20	34	35	21
Fluorures	3	15	14	4	4	22	13	3	12	14	28	8
Magnésium	21	24	20	17	15	32	27	11	22	33	44	30
Manganèse	23	24	27	16	16	31	36	11	22	43	42	20
Matières en suspension	15	12	24	17	15	20	22	11	21	29	37	24
Nickel	22	13	17	18	15	20	30	11	22	42	34	24
Nitrates	21	24	28	18	15	33	35	15	22	41	45	32
Nitrites	4	15	8	7	4	22	14	3	3	11	25	12
Oxygène	28	3	9	3	3	6	12	1	9	20	24	23
pH	41	25	41	22	17	38	45	18	39	46	65	53
Phosphates	20	24	20	15	15	31	18	11	13	30	35	27
Potassium	15	24	20	18	15	32	30	11	22	28	44	23
Silicium	21	13	16	17	14	15	13	11	13	27	21	21
Sodium	21	24	28	17	15	32	27	11	22	33	44	30
Soufre	21	13	16	15	14	13	13	11	13	21	13	12
Sulfates	20	24	28	17	15	34	37	15	22	39	47	30
Turbidité	36	15	19	17	14	23	27	14	18	32	50	34
Tous paramètres	498	467	536	374	322	638	621	272	474	729	901	604

VIII.2. Gammes de référence détaillées pour les 24 paramètres physico-chimiques sélectionnés

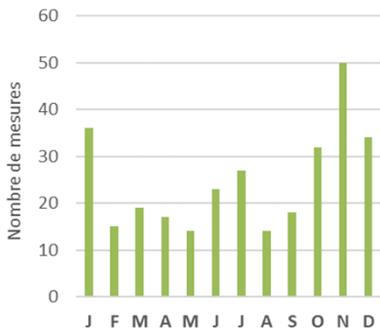
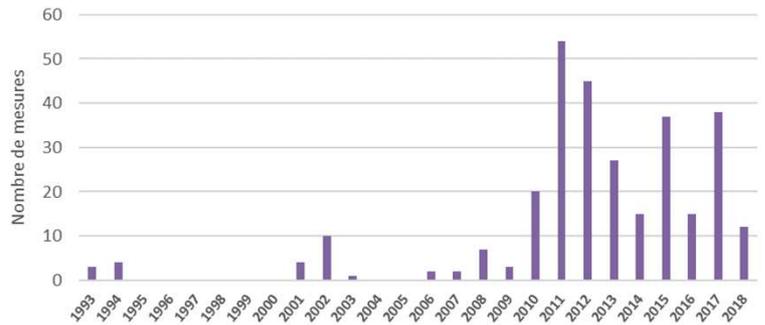
TURBIDITE | Gammes de référence HER D

299 mesures de référence

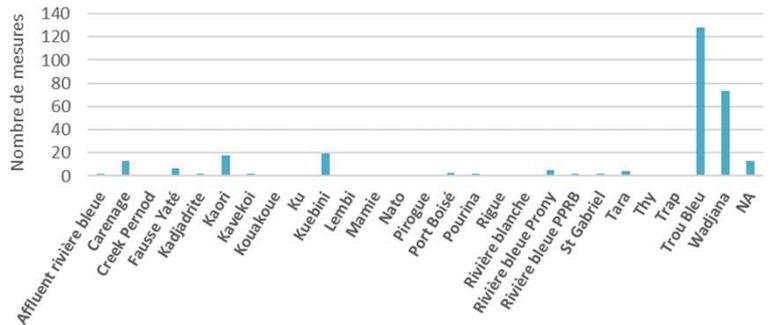
Saison sèche : 118 mesures
 humide : 84 mesures
 transition : 97 mesures
 Sur cuirasse : 5 mesures
 Hors cuirasse : 294 mesures

LQ min : NA
 LQ max : NA
 Détection : NA
 (LQ non-renseignée : NA)

18 années de données

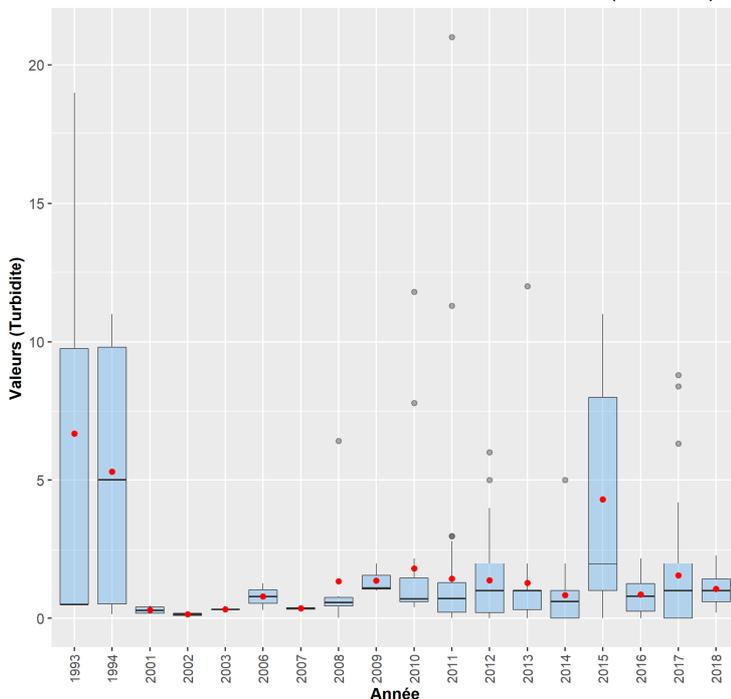


20 cours d'eau



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Turbidite)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (NTU)
Min	0
5%	0
10%	0
15%	0,0685
20%	0,15
25%	0,21
30%	0,327
35%	0,5
40%	0,628
45%	0,7165
50%	1
55%	1
60%	1
65%	1
70%	1,26
75%	1,7025
80%	2
85%	2,9
90%	5
95%	8,515
Max	21
Moyenne	1,769
Ecart-type	2,91

Commentaires :
 Néant

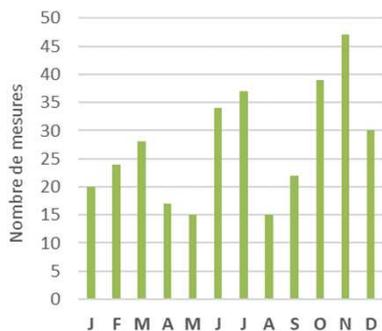
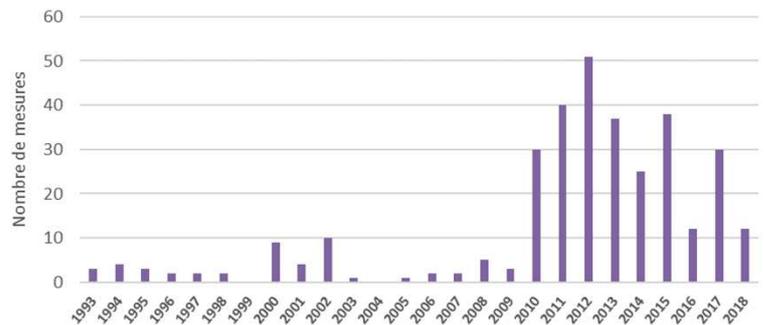
SULFATES | Gammes de référence HER D

328 mesures de référence

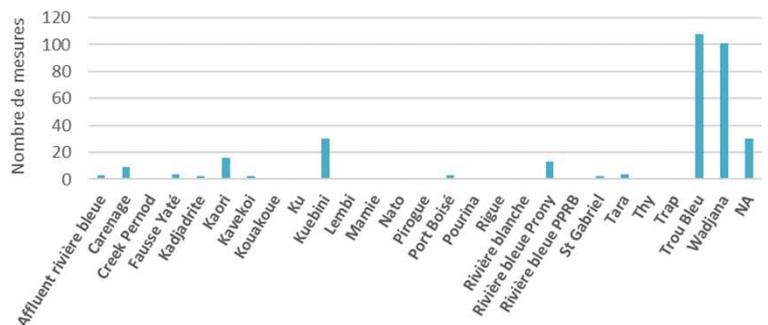
Saison sèche : 121 mesures
 humide : 85 mesures
 transition : 122 mesures
 Sur cuirasse : 4 mesures
 Hors cuirasse : 324 mesures

LQ min : 0,1 mg/L
 LQ max : 3 mg/L
 Détection : 99 %
 (LQ non-renseignée : 307)

**24 années
de données**

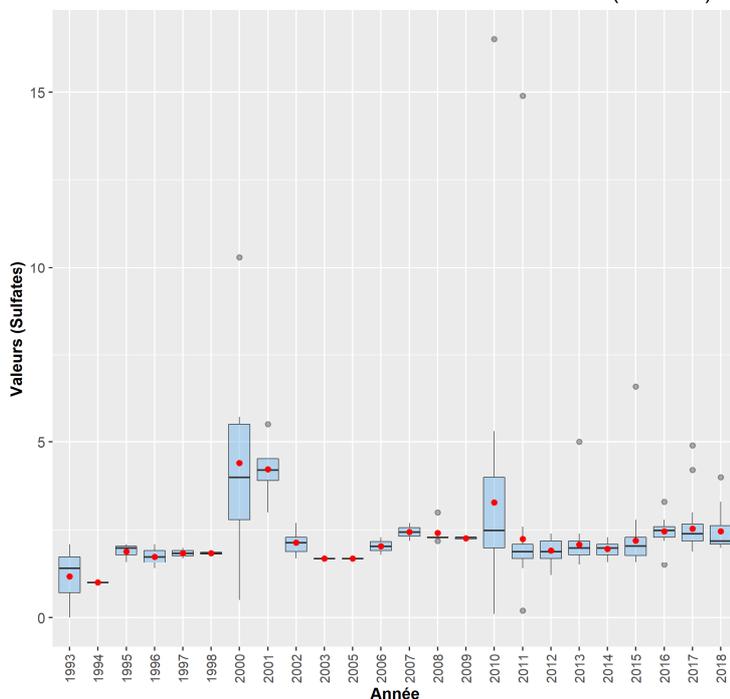


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Sulfates)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	1,4
10%	1,6
15%	1,7
20%	1,7018
25%	1,8
30%	1,9
35%	1,9
40%	2
45%	2
50%	2,1
55%	2,15648
60%	2,2
65%	2,2084
70%	2,3
75%	2,4
80%	2,5
85%	2,6
90%	3
95%	4,16
Max	16,5
Moyenne	2,321
Ecart-type	1,403

Commentaires :
Néant

SOUFRE | Gammes de référence HER D

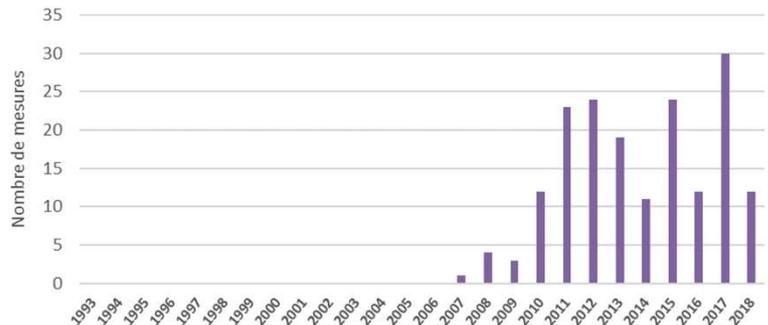
175 mesures de référence

Saison sèche : 49 mesures
 humide : 60 mesures
 transition : 66 mesures

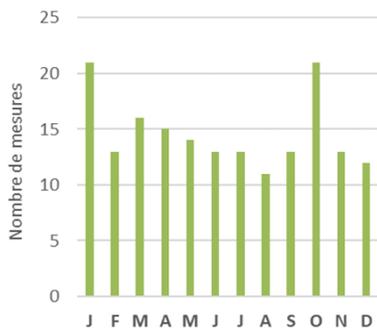
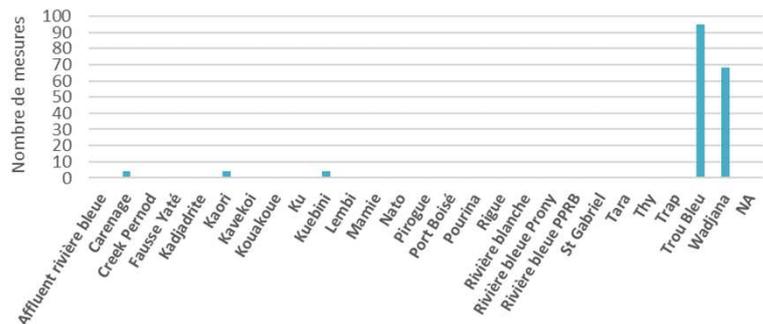
Sur cuirasse : 2 mesures
 Hors cuirasse : 173 mesures

LQ min : 1 mg/L
 LQ max : 1 mg/L
 Détection : 40 %
 (LQ non-renseignée : 70)

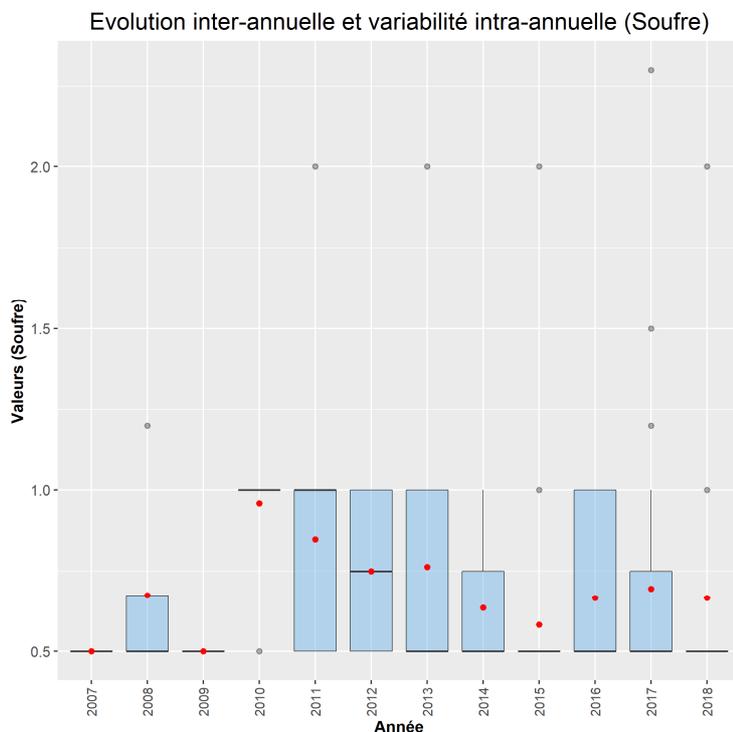
**12 années
de données**



**5 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,5
5%	0,5
10%	0,5
15%	0,5
20%	0,5
25%	0,5
30%	0,5
35%	0,5
40%	0,5
45%	0,5
50%	0,5
55%	0,5
60%	0,5
65%	0,7875
70%	1
75%	1
80%	1
85%	1
90%	1
95%	1
Max	2,3
Moyenne	Ecart-type
0,720	0,334

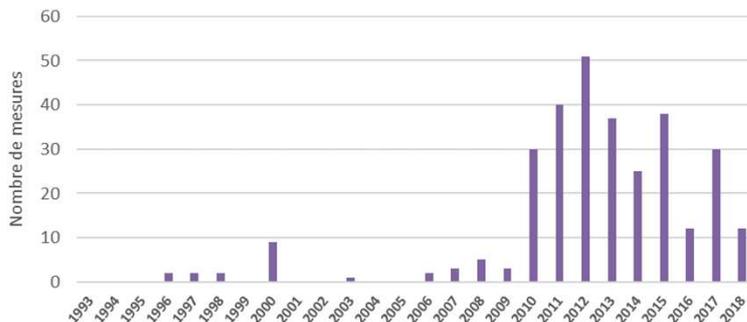
Commentaires :
 Néant

304 mesures de référence

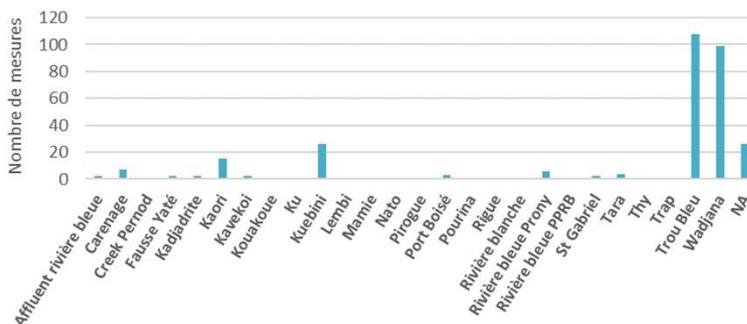
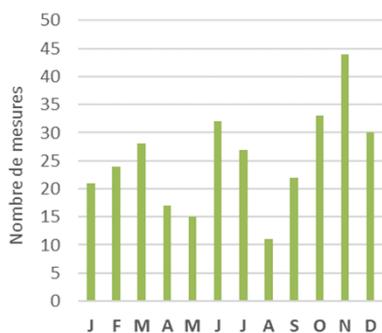
Saison sèche : 112 mesures
 humide : 86 mesures
 transition : 106 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 301 mesures

LQ min : 0,01 mg/L
 LQ max : 0,1 mg/L
 Détection : 100 %
 (LQ non-renseignée : 287)

**18 années
de données**

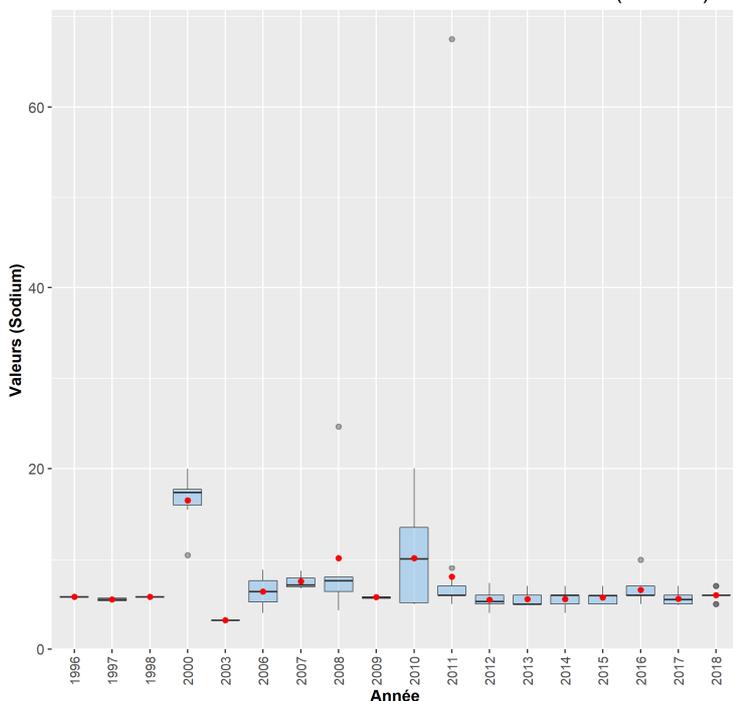


**14 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Sodium)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,57
5%	4,596
10%	5
15%	5
20%	5
25%	5
30%	5,106
35%	5,394
40%	5,7
45%	5,8
50%	5,99
55%	6
60%	6
65%	6
70%	6
75%	6,33
80%	7
85%	7
90%	8,764
95%	14,292
Max	67,5
Moyenne	Ecart-type
6,771	4,614

Commentaires :

Néant

202 mesures de référence

Saison sèche : 71 mesures
 humide : 61 mesures
 transition : 70 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 199 mesures

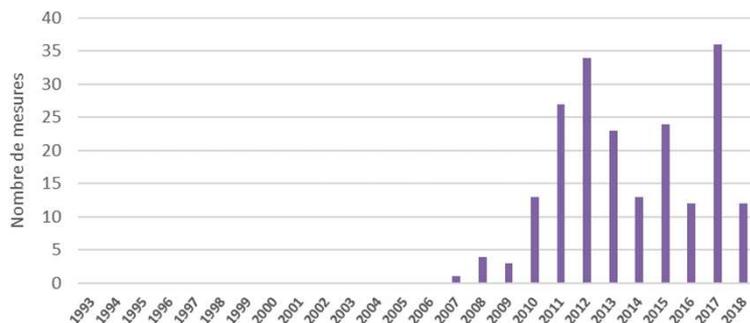
LQ min : 0,001 mg/L

LQ max : 1 mg/L

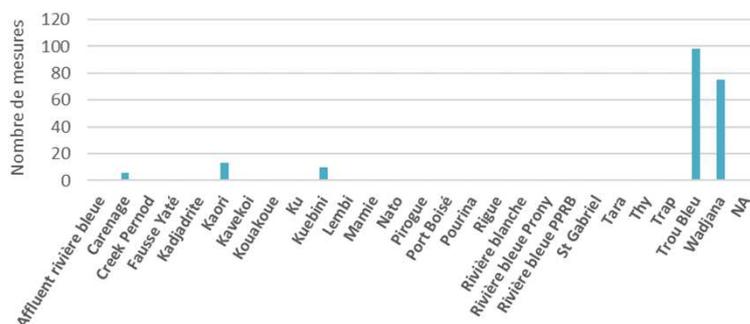
Détection : 91 %

(LQ non-renseignée : 174)

**12 années
de données**

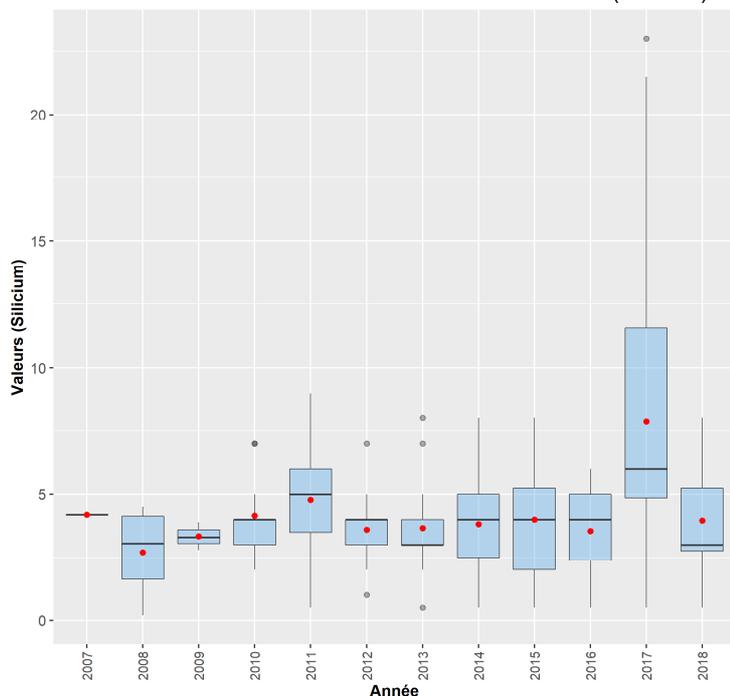


**5 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Silicium)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,2
5%	0,5
10%	1,2
15%	2
20%	3
25%	3
30%	3
35%	3
40%	4
45%	4
50%	4
55%	4
60%	5
65%	5
70%	5
75%	5,716666667
80%	6
85%	7
90%	8
95%	11,22
Max	23
Moyenne	Ecart-type
4,678	3,284

Commentaires :

L'épisode de sécheresse intense observé en 2017 est susceptible d'expliquer les valeurs hautes observées pour cette année.

POTASSIUM | Gammes de référence HER D

282 mesures de référence

Saison sèche : 100 mesures
 humide : 72 mesures
 transition : 110 mesures
 Sur cuirasse : 0 mesure
 Hors cuirasse : 282 mesures

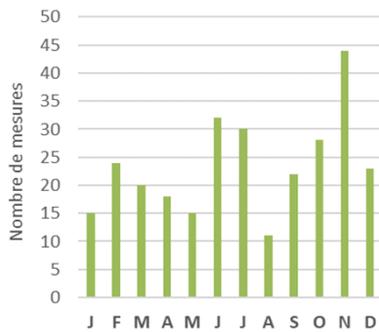
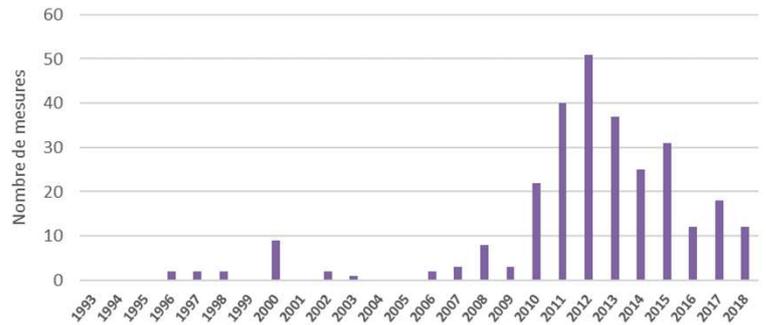
LQ min : 0,001 mg/L

LQ max : 0,5 mg/L

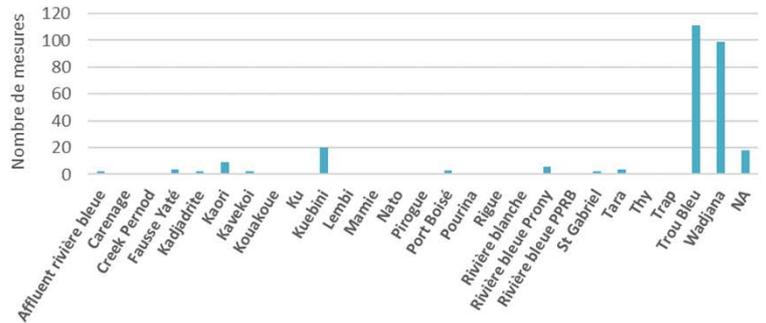
Détection : 93 %

(LQ non-renseignée : 253)

**19 années
de données**

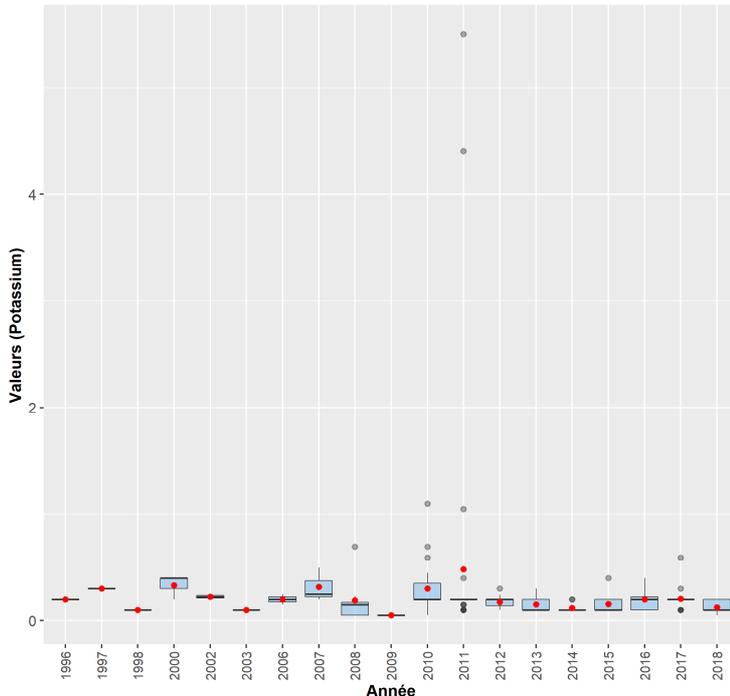


**13 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Potassium)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,025
5%	0,053
10%	0,1
15%	0,1
20%	0,1
25%	0,1
30%	0,1
35%	0,147
40%	0,1538
45%	0,19
50%	0,2
55%	0,2
60%	0,2
65%	0,2
70%	0,2
75%	0,2
80%	0,2
85%	0,25
90%	0,3
95%	0,4
Max	5,5
Moyenne	0,225
Ecart-type	0,422

Commentaires :

Néant

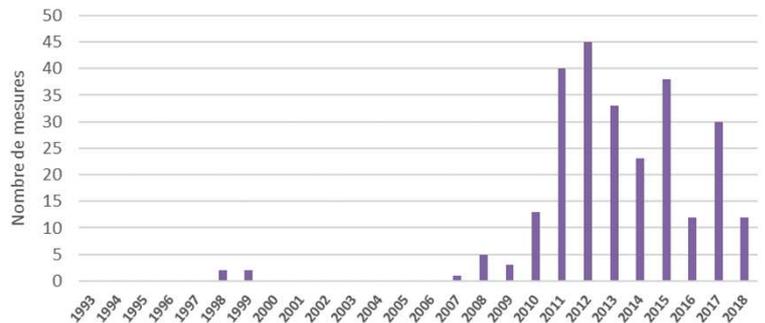
PHOSPHATES | Gammes de référence HER D

259 mesures de référence

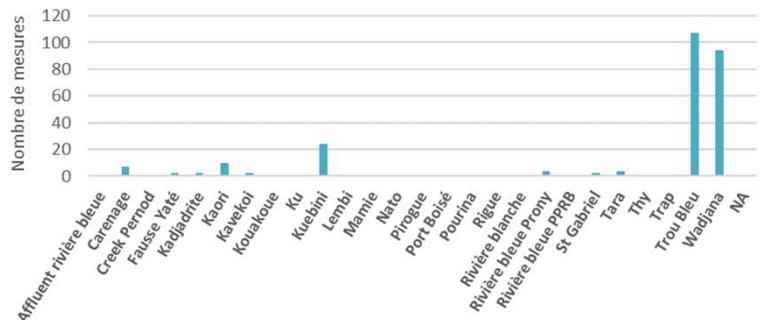
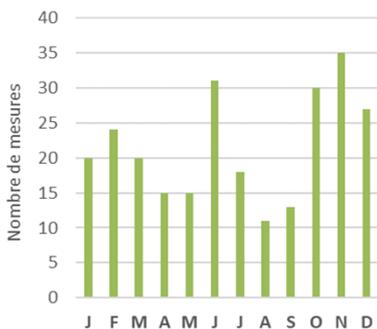
Saison sèche : 91 mesures
 humide : 78 mesures
 transition : 90 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 256 mesures

LQ min : 0,01 mg/L
 LQ max : 0,5 mg/L
 Détection : 19 %
 (LQ non-renseignée : 49)

14 années
de données

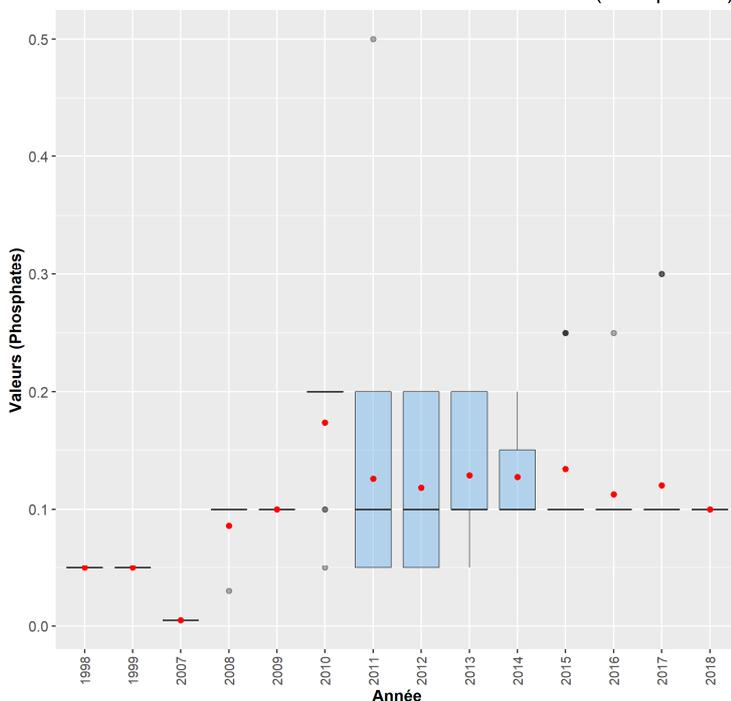


12 cours
d'eau



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Phosphates)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,005
5%	0,05
10%	0,05
15%	0,05
20%	0,05
25%	0,1
30%	0,1
35%	0,1
40%	0,1
45%	0,1
50%	0,1
55%	0,1
60%	0,1
65%	0,1
70%	0,1
75%	0,2
80%	0,2
85%	0,2
90%	0,25
95%	0,25
Max	0,5
Moyenne	Ecart-type
0,128	0,072

Commentaires :

Faible % de détection : les percentiles des gammes de référence sont essentiellement des valeurs dérivées des LQ (corrigées en LQ/2) et donc possiblement moins informatives

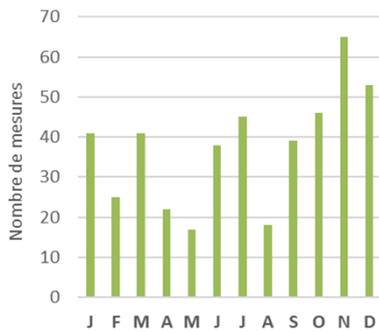
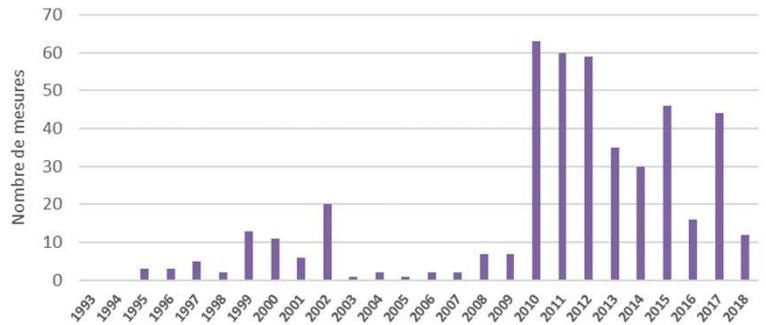
pH | Gammes de référence HER D

450 mesures de référence

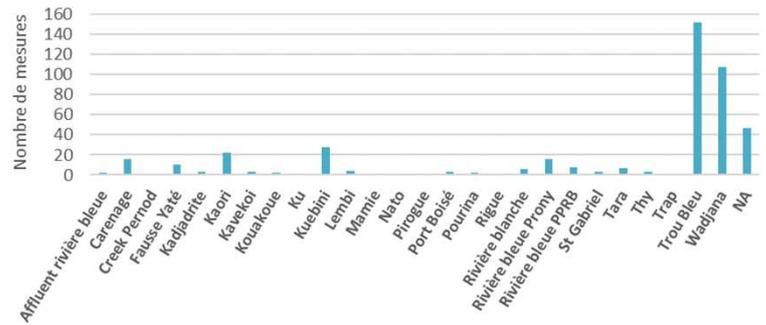
Saison sèche : 168 mesures
 humide : 134 mesures
 transition : 148 mesures
 Sur cuirasse : 8 mesures
 Hors cuirasse : 442 mesures

LQ min : NA
 LQ max : NA
 Détection : NA
 (LQ non-renseignée : NA)

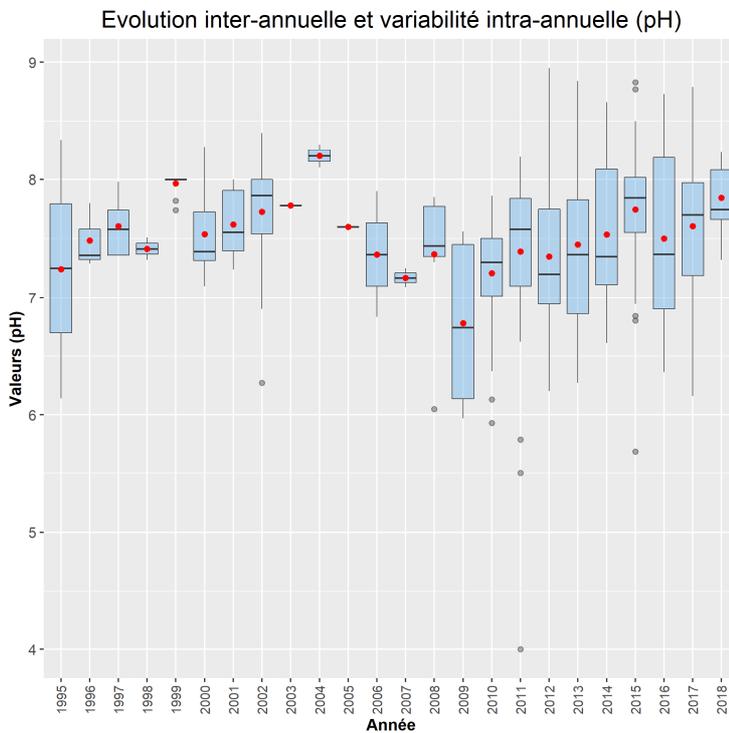
**24 années
de données**



**26 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur
Min	4
5%	6,615
10%	6,83
15%	6,96
20%	7,06
25%	7,17
30%	7,22
35%	7,3
40%	7,37
45%	7,45
50%	7,51
55%	7,59
60%	7,65
65%	7,73
70%	7,8
75%	7,885
80%	8
85%	8
90%	8,1
95%	8,25
Max	8,95
Moyenne	Ecart-type
7,485	0,562

Commentaires :
 Néant

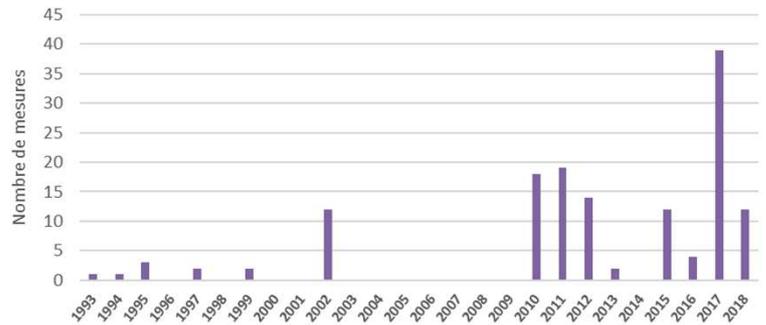
OXYGENE | Gammes de référence HER D

141 mesures de référence

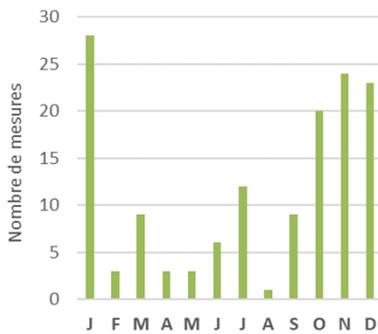
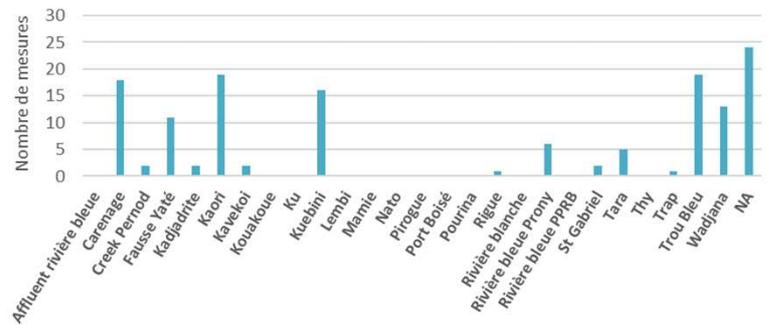
Saison sèche : 69 mesures
 humide : 43 mesures
 transition : 29 mesures
 Sur cuirasse : 8 mesures
 Hors cuirasse : 133 mesures

LQ min : NA
 LQ max : NA
 Détection : NA
 (LQ non-renseignée : NA)

**14 années
de données**

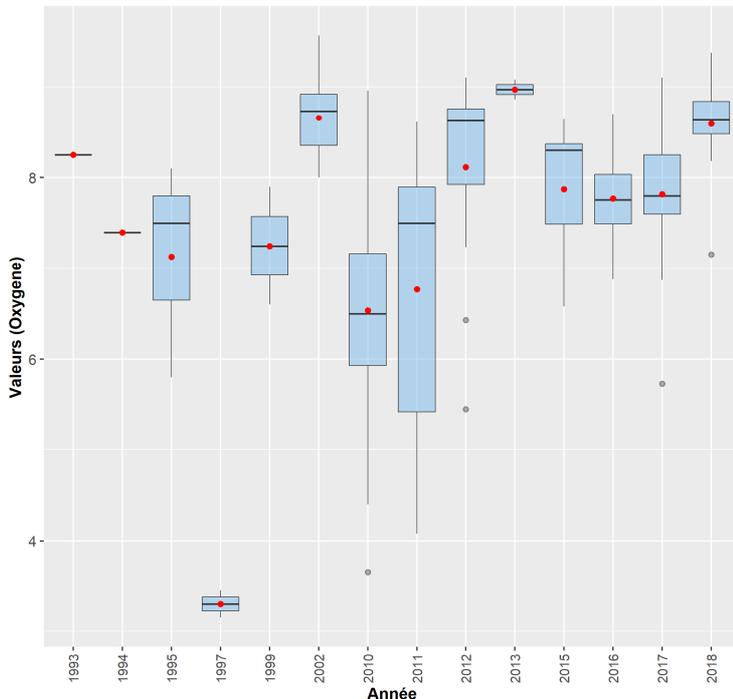


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Oxygene)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	3,15
5%	4,724
10%	5,649
15%	6,3705
20%	6,72
25%	7,13
30%	7,379
35%	7,587
40%	7,73
45%	7,8045
50%	7,895
55%	7,991
60%	8,118
65%	8,27
70%	8,334
75%	8,545
80%	8,628
85%	8,717
90%	8,818
95%	9,008
Max	9,56
Moyenne	Ecart-type
7,61	1,281

Commentaires :
 Néant

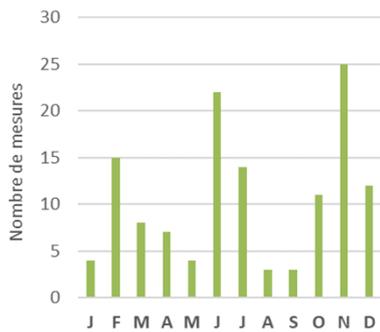
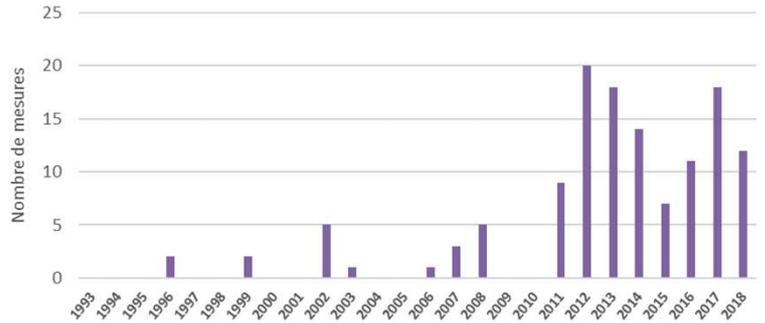
NITRITES | Gammes de référence HER D

128 mesures de référence

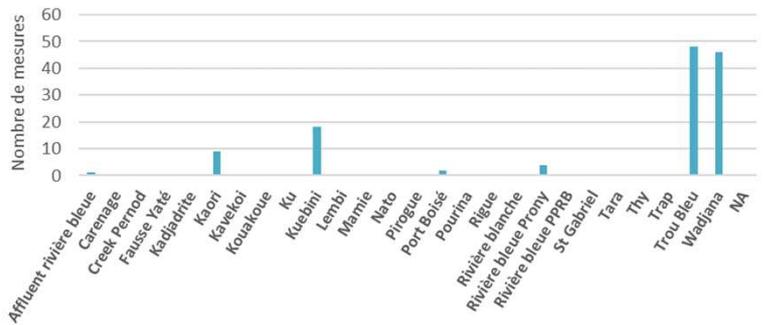
Saison sèche : 46 mesures
 humide : 32 mesures
 transition : 50 mesures
 Sur cuirasse : 0 mesure
 Hors cuirasse : 128 mesures

LQ min : 0,01 mg/L
 LQ max : 0,5 mg/L
 Détection : 11 %
 (LQ non-renseignée : 14)

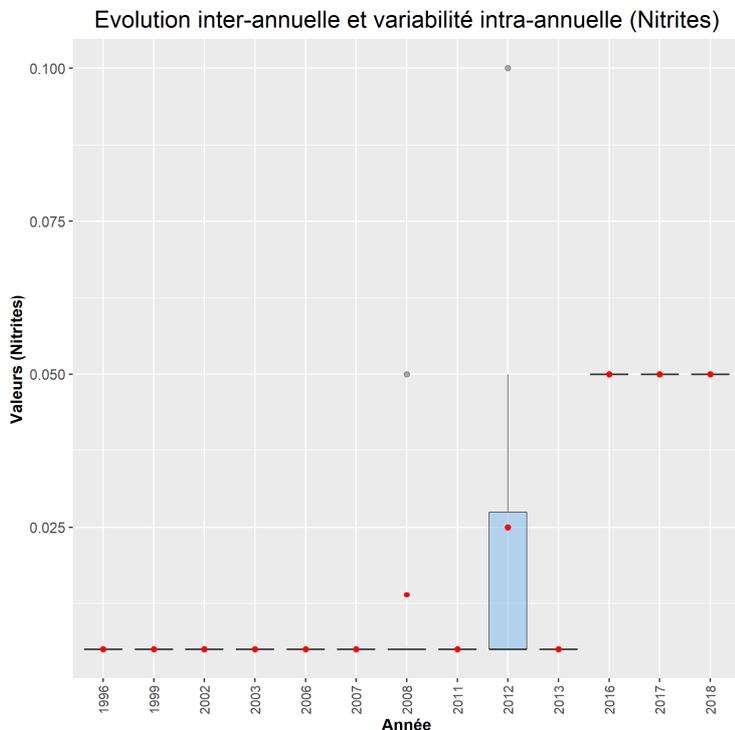
15 années
de données



7 cours
d'eau



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	0,003
10%	0,005
15%	0,005
20%	0,005
25%	0,005
30%	0,005
35%	0,005
40%	0,005
45%	0,005
50%	0,025
55%	0,025
60%	0,05
65%	0,05
70%	0,05
75%	0,05
80%	0,05
85%	0,05
90%	0,05
95%	0,1
Max	0,5
Moyenne	Ecart-type
0,037	0,062

Commentaires :

Faible % de détection : les percentiles des gammes de référence sont essentiellement des valeurs dérivées des LQ (corrigées en LQ/2) et donc possiblement moins informatives

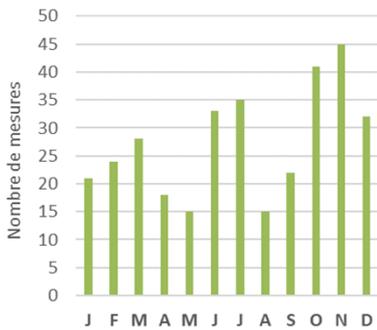
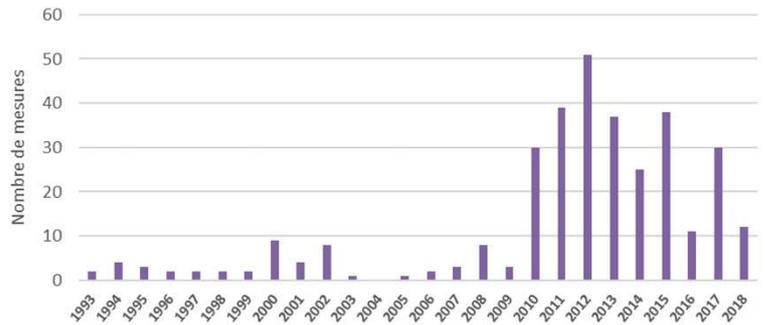
NITRATES | Gammes de référence HER D

329 mesures de référence

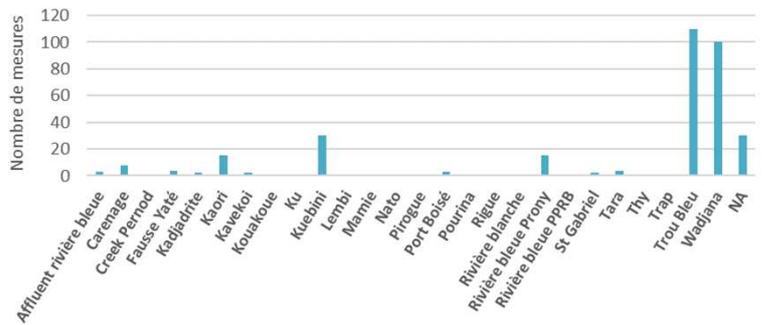
Saison sèche : 121 mesures
 humide : 88 mesures
 transition : 120 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 326 mesures

LQ min : 0,05 mg/L
 LQ max : 0,5 mg/L
 Détection : 58 %
 (LQ non-renseignée : 184)

**25 années
de données**

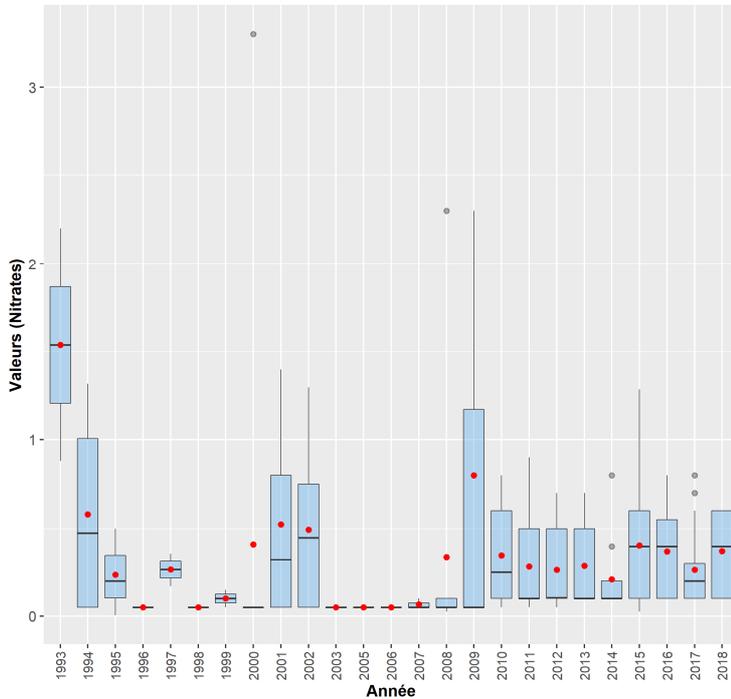


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Nitrates)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,005
5%	0,05
10%	0,05
15%	0,05
20%	0,1
25%	0,1
30%	0,1
35%	0,1
40%	0,1
45%	0,12245
50%	0,2
55%	0,25
60%	0,3
65%	0,4
70%	0,5
75%	0,5
80%	0,6
85%	0,6
90%	0,7
95%	0,8
Max	3,3
Moyenne	Ecart-type
0,336	0,383

Commentaires :
Néant

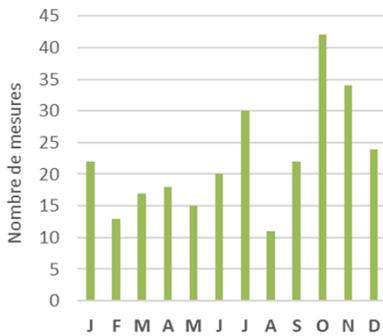
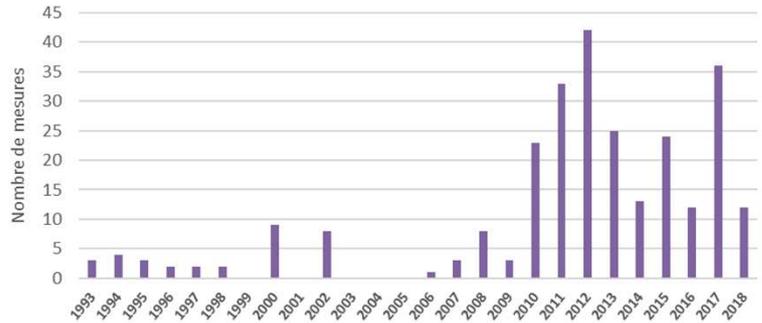
NICKEL | Gammes de référence HER D

268 mesures de référence

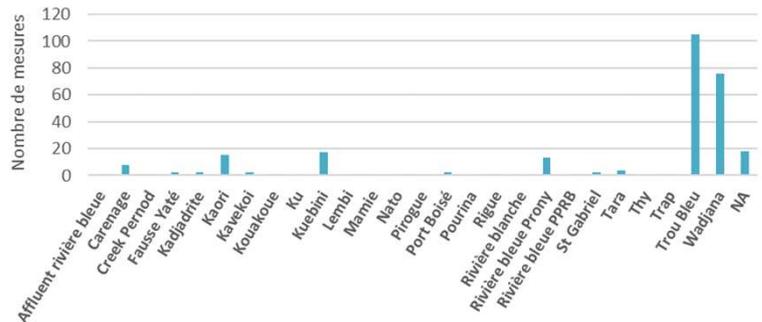
Saison sèche : 104 mesures
 humide : 66 mesures
 transition : 98 mesures
 Sur cuirasse : 4 mesures
 Hors cuirasse : 264 mesures

LQ min : 0,001 mg/L
 LQ max : 0,03 mg/L
 Détection : 82 %
 (LQ non-renseignée : 14)

**21 années
de données**

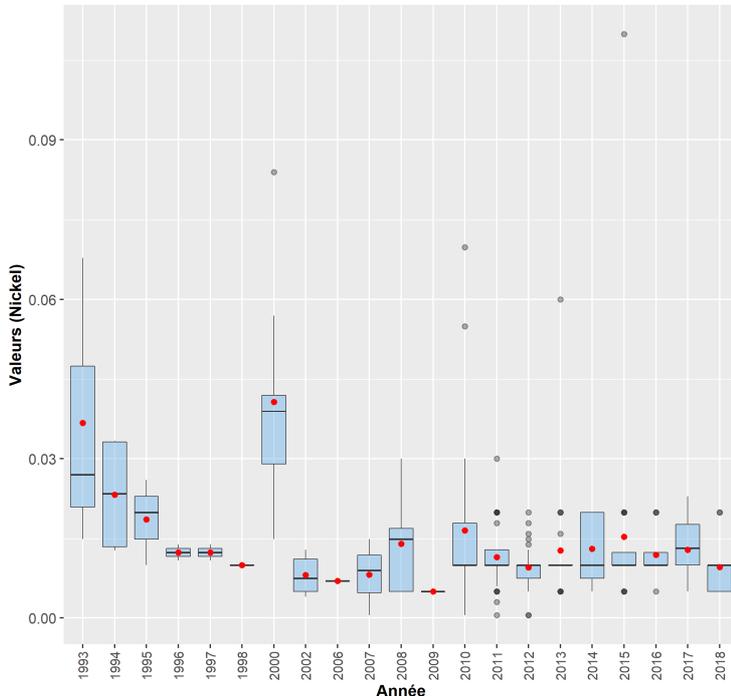


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Nickel)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,0005
5%	0,005
10%	0,005
15%	0,005
20%	0,006
25%	0,01
30%	0,01
35%	0,01
40%	0,01
45%	0,01
50%	0,01
55%	0,01
60%	0,011
65%	0,01304
70%	0,0143
75%	0,016
80%	0,02
85%	0,02
90%	0,02
95%	0,03
Max	0,11
Moyenne	Ecart-type
0,014	0,012

Commentaires :
 Néant

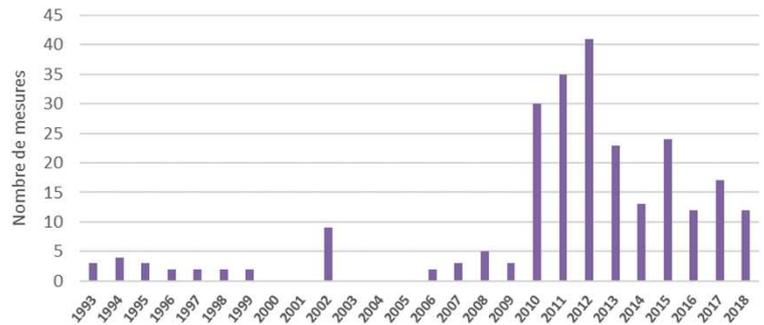
MATIERES EN SUSPENSION | Gammes de référence HER D

247 mesures de référence

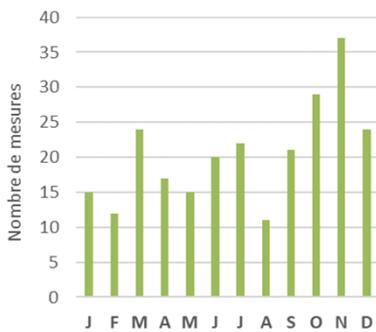
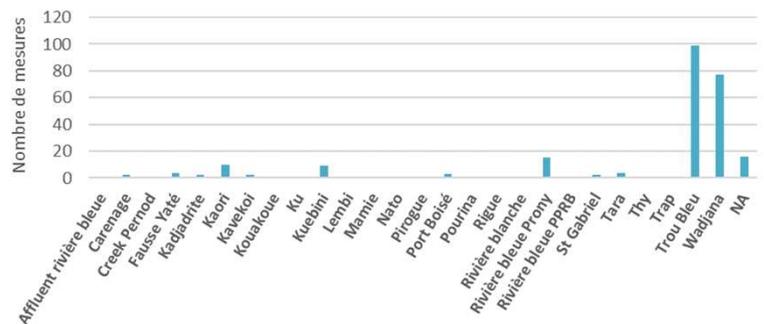
Saison sèche : 92 mesures
 humide : 66 mesures
 transition : 89 mesures
 Sur cuirasse : 1 mesures
 Hors cuirasse : 246 mesures

LQ min : 0,1 mg/L
 LQ max : 5 mg/L
 Détection : 38 %
 (LQ non-renseignée : 83)

**21 années
de données**

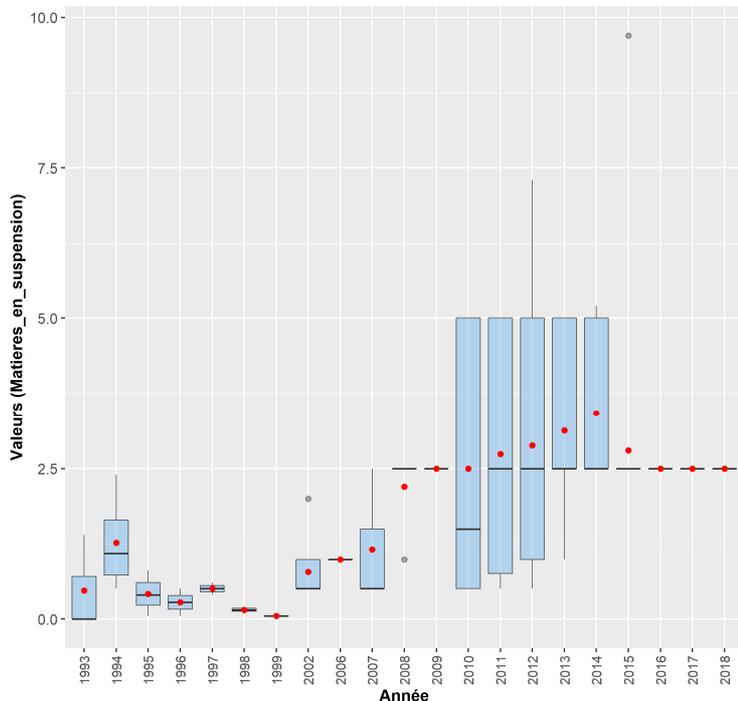


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Matières_en_suspen



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	0,349833333
10%	0,5
15%	0,5
20%	0,5
25%	1
30%	1
35%	2,5
40%	2,5
45%	2,5
50%	2,5
55%	2,5
60%	2,5
65%	2,5
70%	2,5
75%	2,5
80%	2,5
85%	5
90%	5
95%	5
Max	9,7
Moyenne	Ecart-type
2,377	1,632

Commentaires :

La majorité des LQ utilisées sont excessivement hautes par rapport à ce qu'il est possible de faire analytiquement en routine, les gammes de référence risquent donc d'être peu informatives.

MANGANESE | Gammes de référence HER D

311 mesures de référence

Saison sèche : 109 mesures
 humide : 88 mesures
 transition : 114 mesures
 Sur cuirasse : 4 mesures
 Hors cuirasse : 307 mesures

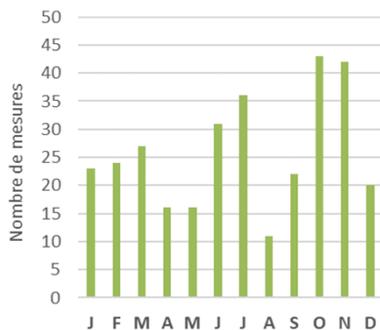
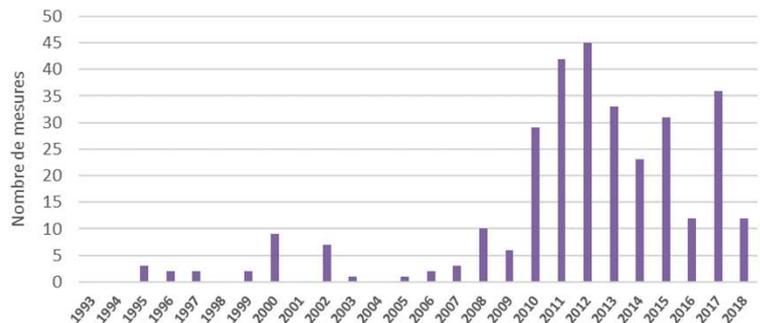
LQ min : 0,0005 mg/L

LQ max : 1 mg/L

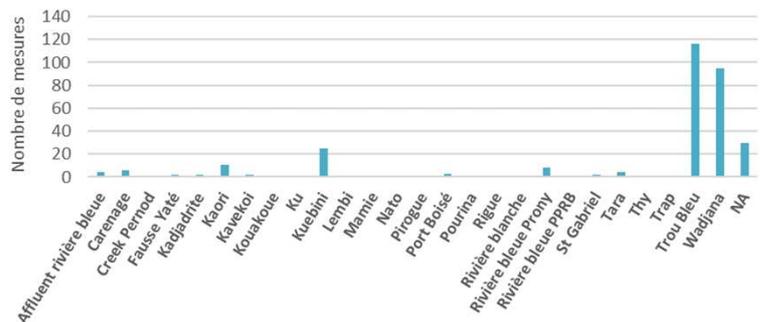
Détection : 44 %

(LQ non-renseignée : 144)

**21 années
de données**

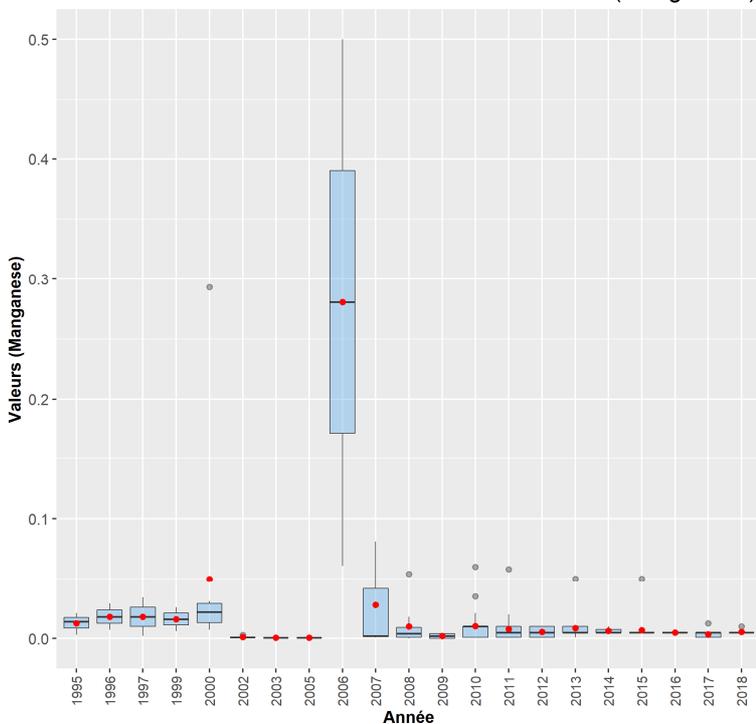


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Manganese)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	0,00025
10%	0,0005
15%	0,0005
20%	0,0005
25%	0,001
30%	0,00138
35%	0,004
40%	0,005
45%	0,005
50%	0,005
55%	0,005
60%	0,005
65%	0,005
70%	0,005
75%	0,00825
80%	0,01
85%	0,01
90%	0,01
95%	0,0238
Max	0,5
Moyenne	0,009
Ecart-type	0,034

Commentaires :

Néant

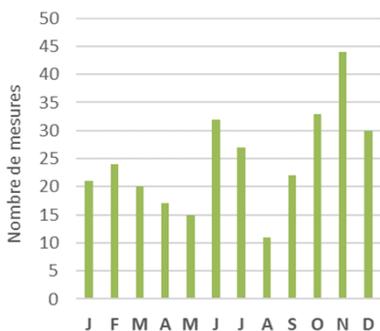
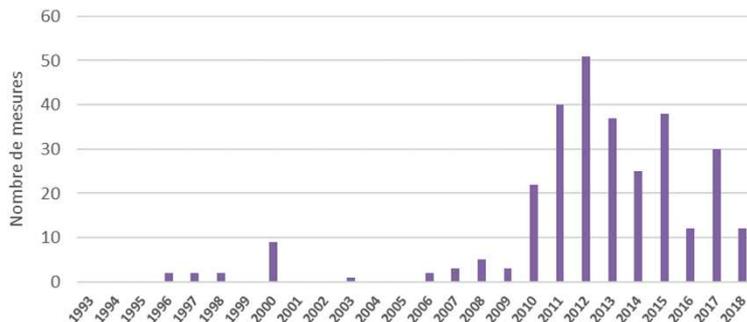
MAGNESIUM | Gammes de référence HER D

296 mesures de référence

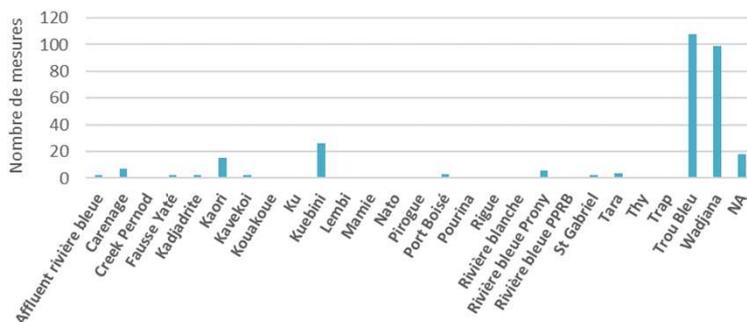
Saison sèche : 112 mesures
 humide : 78 mesures
 transition : 106 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 293 mesures

LQ min : 0,001 mg/L
 LQ max : 0,1 mg/L
 Détection : 100 %
 (LQ non-renseignée : 279)

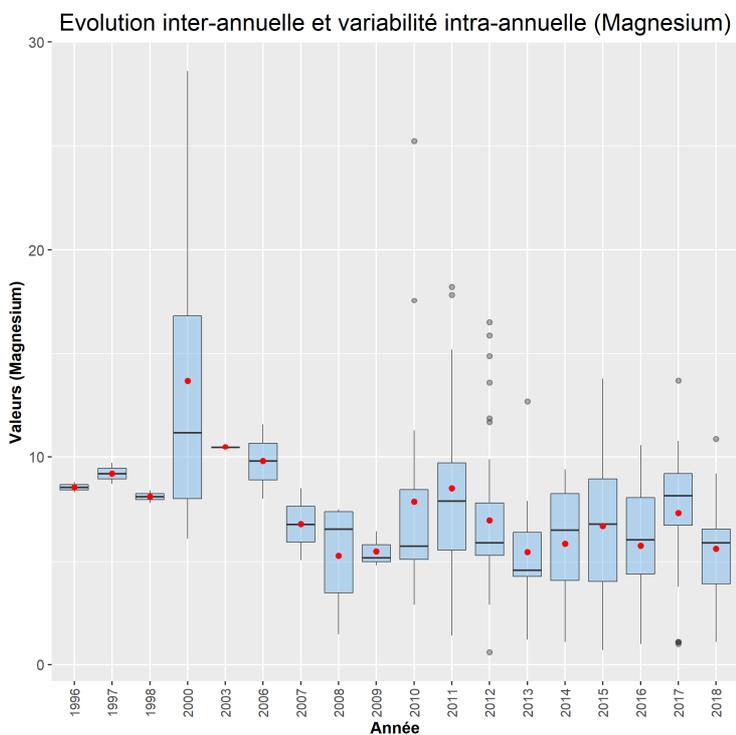
**18 années
de données**



**14 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,27
5%	1,1
10%	3,248
15%	4,058
20%	4,5
25%	5,1
30%	5,486
35%	5,9
40%	6,294
45%	6,556
50%	6,8
55%	7,2
60%	7,58
65%	7,9
70%	8,3
75%	8,7
80%	9,016
85%	9,58
90%	10,74
95%	13,872
Max	28,6
Moyenne	7,165
Ecart-type	3,706

Commentaires :
Néant

FLUORURES | Gammes de référence HER D

140 mesures de référence

Saison sèche : 55 mesures
 humide : 35 mesures
 transition : 50 mesures
 Sur cuirasse : 0 mesure
 Hors cuirasse : 140 mesures

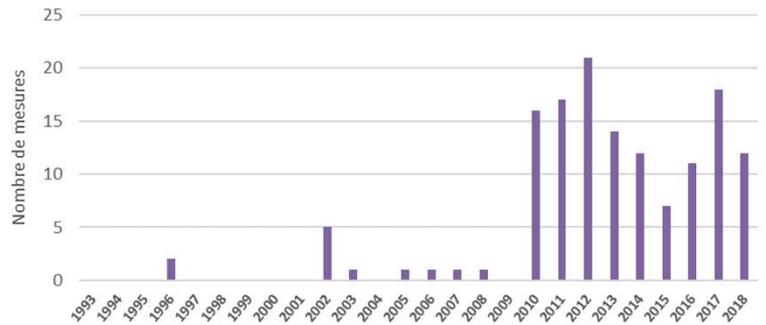
LQ min : 0,01 mg/L

LQ max : 0,5 mg/L

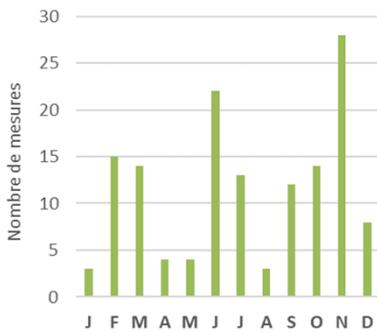
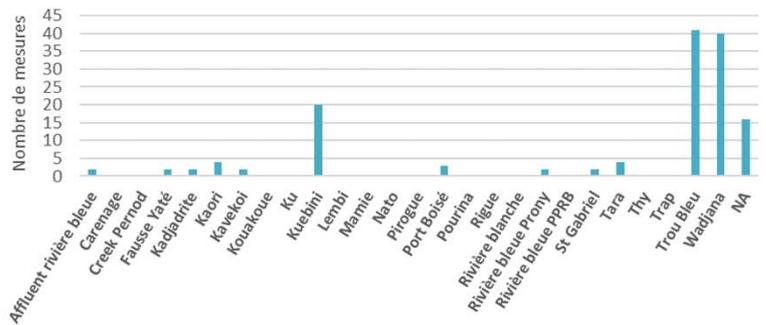
Détection : 23 %

(LQ non-renseignée : 32)

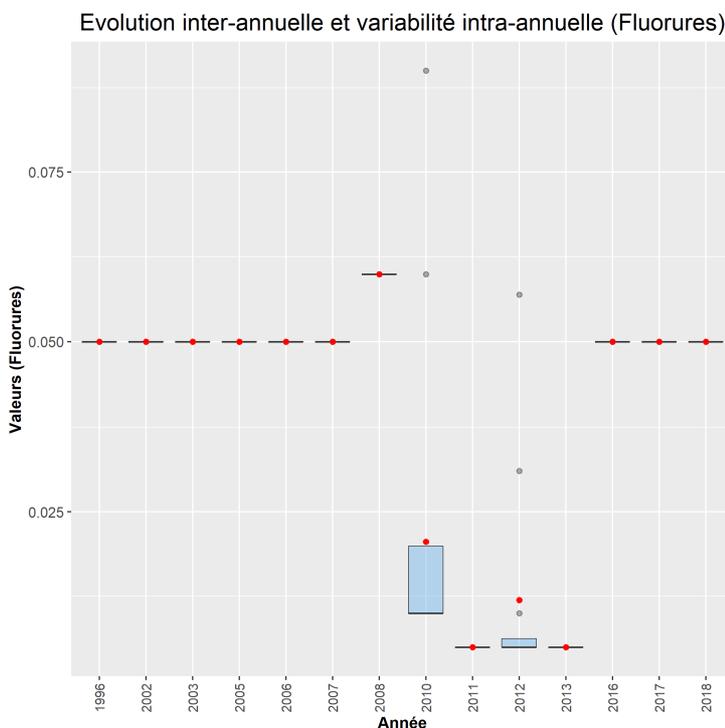
16 années
de données



13 cours
d'eau



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,005
5%	0,005
10%	0,005
15%	0,005
20%	0,005
25%	0,005
30%	0,01
35%	0,01
40%	0,02
45%	0,05
50%	0,05
55%	0,05
60%	0,05
65%	0,05
70%	0,05
75%	0,05
80%	0,05
85%	0,05
90%	0,05
95%	0,1
Max	0,25
Moyenne	0,042
Ecart-type	0,048

Commentaires :

Faible % de détection : les percentiles des gammes de référence sont essentiellement des valeurs dérivées des LQ (corrigées en LQ/2) et donc possiblement moins informatives

278 mesures de référence

Saison sèche : 95 mesures
 humide : 85 mesures
 transition : 98 mesures
 Sur cuirasse : 3 mesures
 Hors cuirasse : 275 mesures

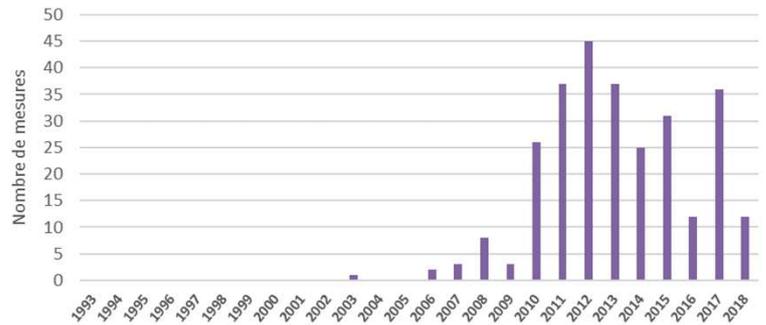
LQ min : 0,001 mg/L

LQ max : 0,2 mg/L

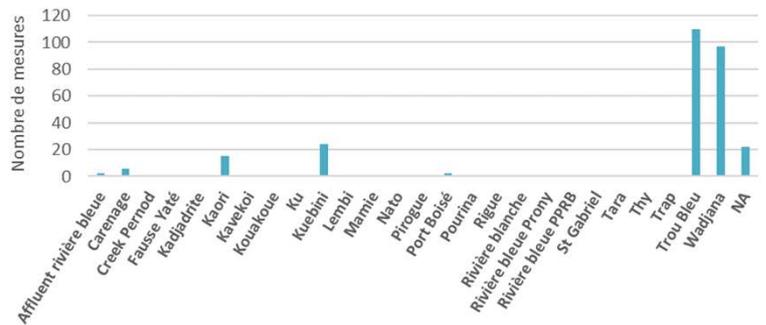
Détection : 54 %

(LQ non-renseignée : 141)

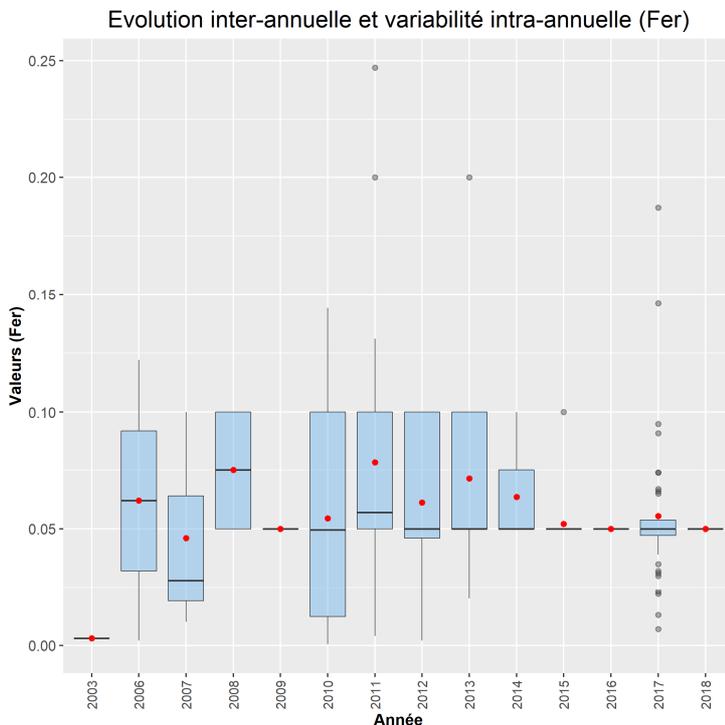
14 années de données



8 cours d'eau



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,0005
5%	0,005
10%	0,0138
15%	0,022
20%	0,03
25%	0,0348
30%	0,0464
35%	0,05
40%	0,05
45%	0,05
50%	0,05
55%	0,05
60%	0,05
65%	0,05
70%	0,05
75%	0,0665
80%	0,1
85%	0,1
90%	0,1
95%	0,1
Max	52
Moyenne	0,479
Ecart-type	4,175

Commentaires :
 Néant

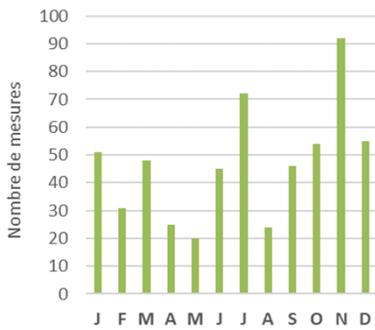
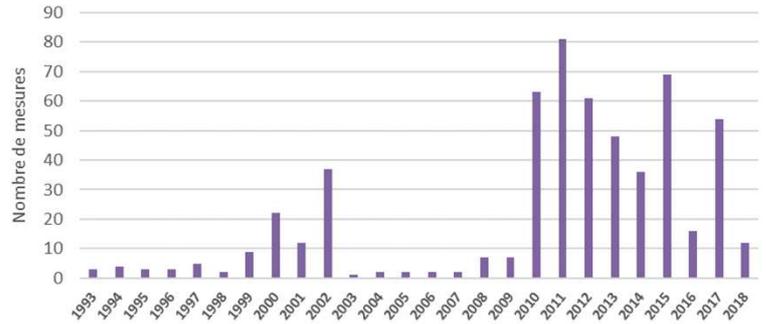
CONDUCTIVITE | Gammes de référence HER D

563 mesures de référence

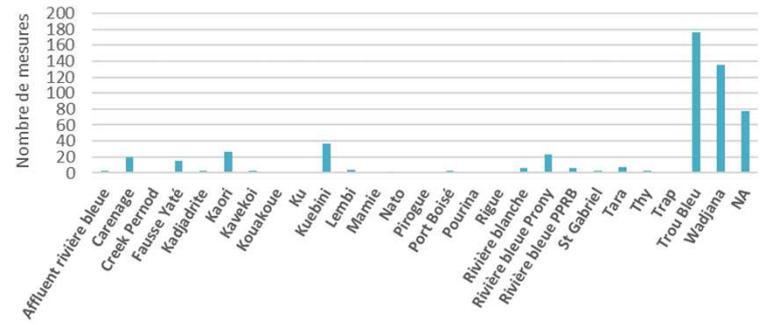
Saison sèche : 210 mesures
 humide : 158 mesures
 transition : 195 mesures
 Sur cuirasse : 10 mesures
 Hors cuirasse : 553 mesures

LQ min : NA
 LQ max : NA
 Détection : NA
 (LQ non-renseignée : NA)

**26 années
de données**

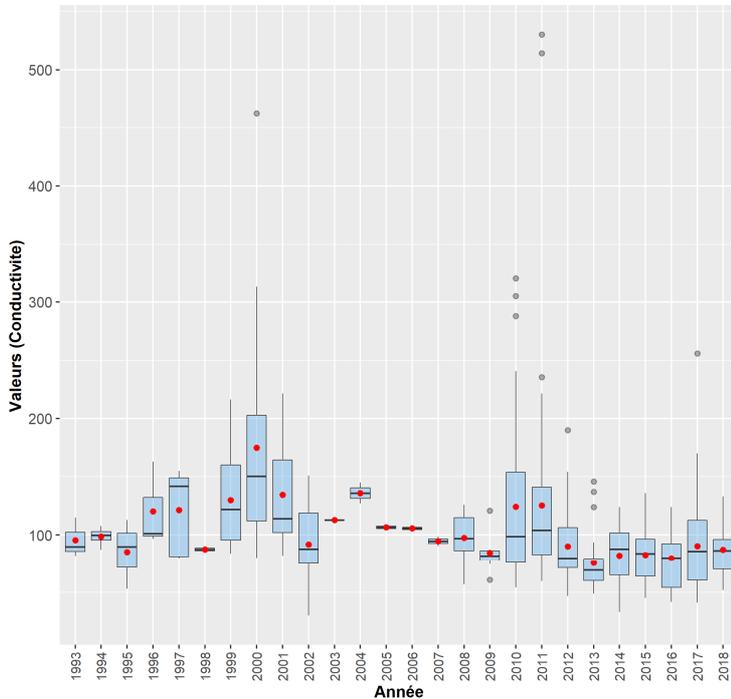


**27 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Conductivite)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (µS/cm)
Min	30,2
5%	50,5
10%	58,32
15%	64,505
20%	70,2
25%	74,9
30%	77,5
35%	81,11
40%	84,06
45%	87,335
50%	90,2
55%	93,8825
60%	97,84
65%	102,98
70%	108,1
75%	116,25
80%	123,58
85%	137
90%	149,97
95%	191,105
Max	530
Moyenne	Ecart-type
102,16	51,408

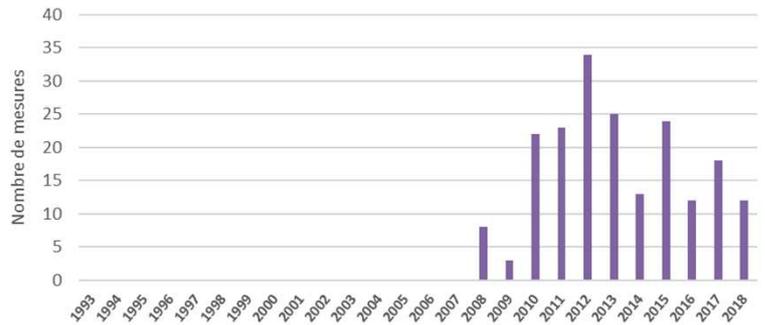
Commentaires :
 Néant

194 mesures de référence

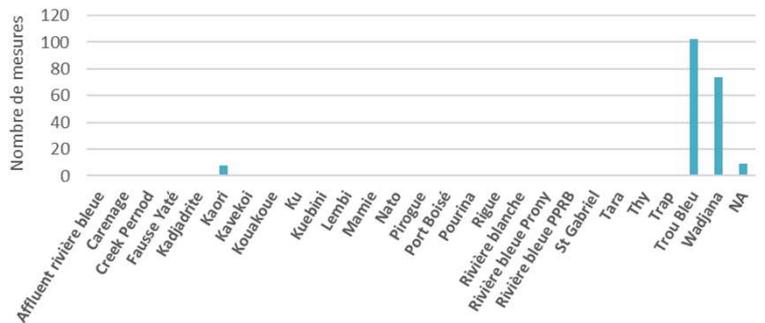
Saison sèche : 58 mesures
 humide : 56 mesures
 transition : 80 mesures
 Sur cuirasse : 0 mesure
 Hors cuirasse : 194 mesures

LQ min : 0,001 mg/L
 LQ max : 0,03 mg/L
 Détection : 29 %
 (LQ non-renseignée : 47)

**11 années
de données**

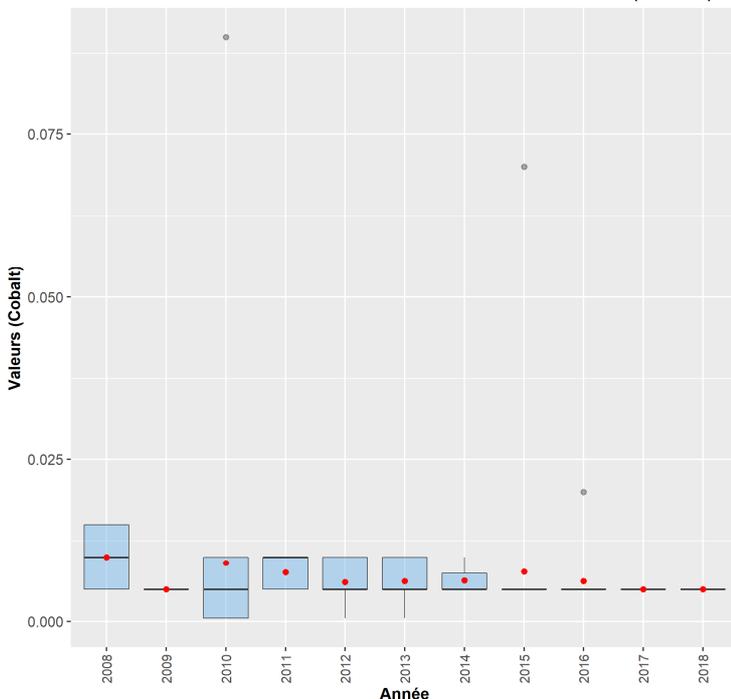


**5 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Cobalt)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	7E-05
10%	0,0005
15%	0,005
20%	0,005
25%	0,005
30%	0,005
35%	0,005
40%	0,005
45%	0,005
50%	0,005
55%	0,005
60%	0,005
65%	0,005
70%	0,005
75%	0,01
80%	0,01
85%	0,01
90%	0,01
95%	0,01
Max	0,09
Moyenne	Ecart-type
0,007	0,008

Commentaires :

- La majorité des LQ utilisées sont excessivement hautes par rapport à ce qu'il est possible de faire analytiquement en routine, les gammes de référence risquent donc d'être peu informatives.
- Faible % de détection : les percentiles des gammes de référence sont essentiellement des valeurs dérivées des LQ (corrigées en LQ/2) et donc possiblement moins informatives

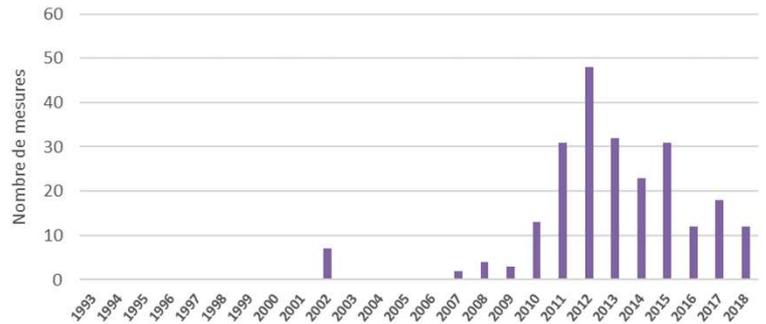
CHROME VI | Gammes de référence HER D

236 mesures de référence

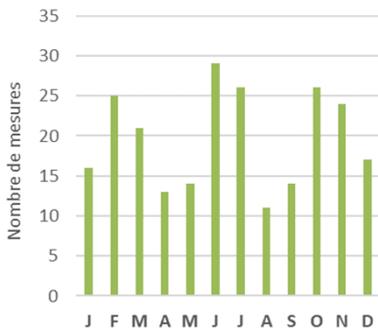
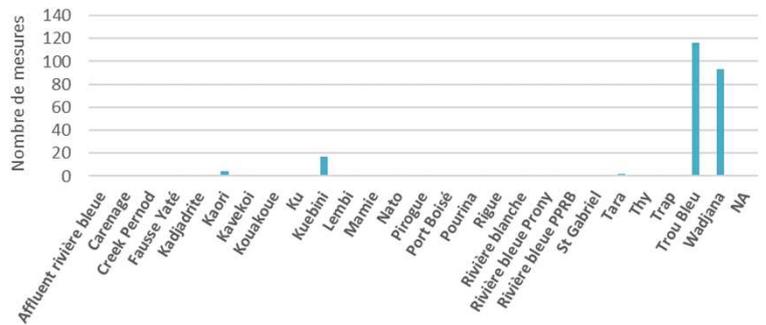
Saison sèche : 69 mesures
 humide : 73 mesures
 transition : 94 mesures
 Sur cuirasse : 1 mesures
 Hors cuirasse : 235 mesures

LQ min : 0,005 mg/L
 LQ max : 5 mg/L
 Détection : 38 %
 (LQ non-renseignée : 31)

**13 années
de données**



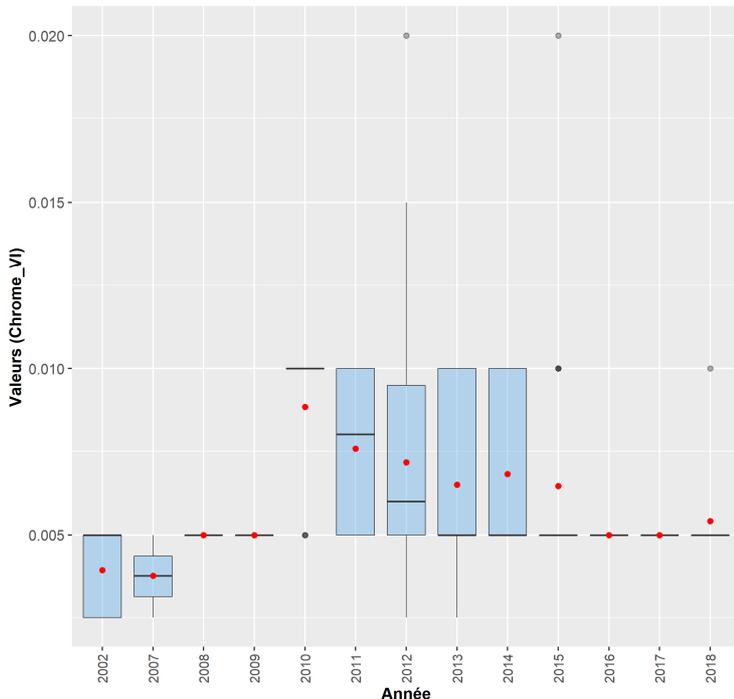
**9 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Gammes de référence (percentiles)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Chrome_VI)



Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,002
5%	0,0025
10%	0,0025
15%	0,005
20%	0,005
25%	0,005
30%	0,005
35%	0,005
40%	0,005
45%	0,005
50%	0,005
55%	0,005
60%	0,005
65%	0,008
70%	0,008
75%	0,01
80%	0,01
85%	0,01
90%	0,01
95%	0,0106
Max	6
Moyenne	Ecart-type
0,068	0,573

Commentaires :

La majorité des LQ utilisées sont excessivement hautes par rapport à ce qu'il est possible de faire analytiquement en routine, les gammes de référence risquent donc d'être peu informatives.

247 mesures de référence

Saison sèche : 86 mesures
 humide : 70 mesures
 transition : 91 mesures

Sur cuirasse : 2 mesures
 Hors cuirasse : 245 mesures

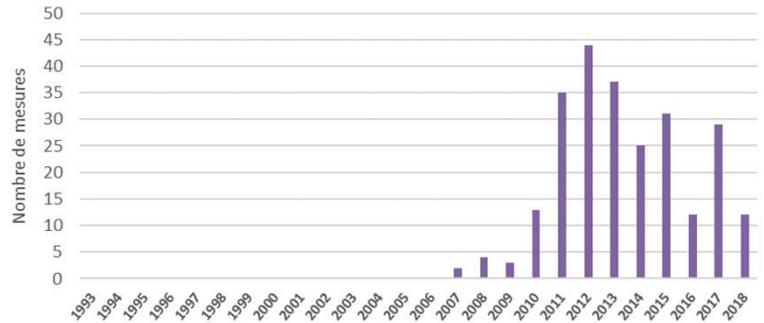
LQ min : 0,001 mg/L

LQ max : 0,5 mg/L

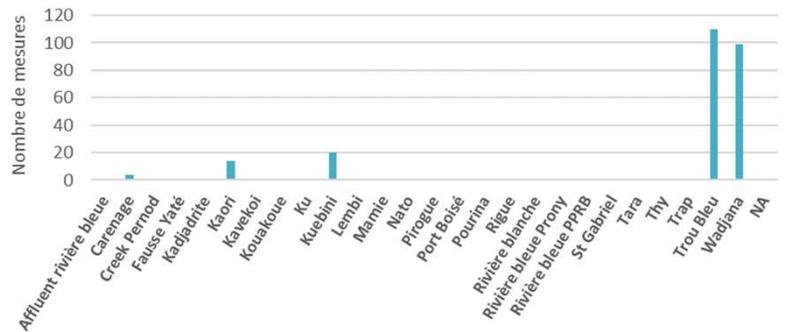
Détection : 55 %

(LQ non-renseignée : 125)

**12 années
de données**

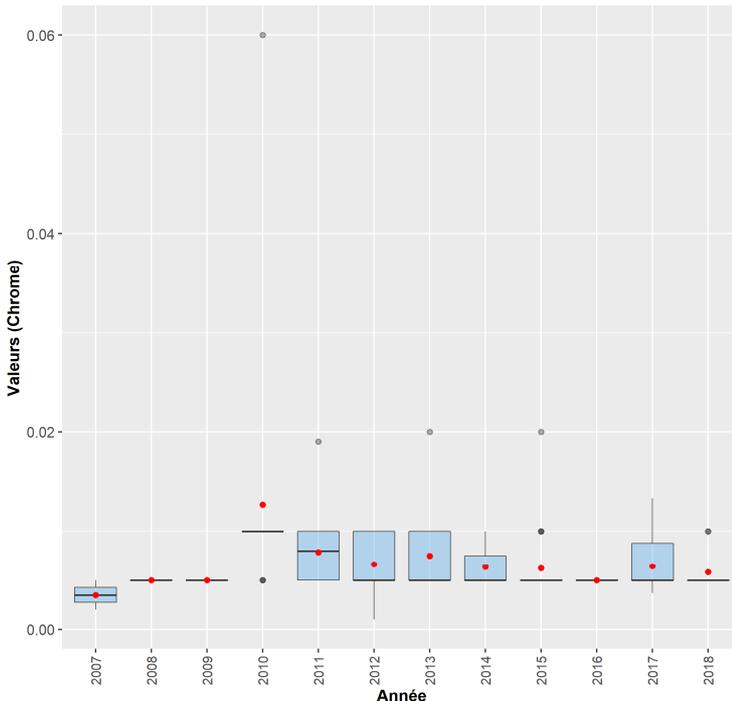


**5 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Chrome)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0
5%	0,00235
10%	0,00417
15%	0,005
20%	0,005
25%	0,005
30%	0,005
35%	0,005
40%	0,005
45%	0,005
50%	0,005
55%	0,005
60%	0,006
65%	0,007595
70%	0,00936
75%	0,01
80%	0,01
85%	0,01
90%	0,01
95%	0,012
Max	15
Moyenne	Ecart-type
0,145	1,277

Commentaires :

La majorité des LQ utilisées sont excessivement hautes par rapport à ce qu'il est possible de faire analytiquement en routine, les gammes de référence risquent donc d'être peu informatives.

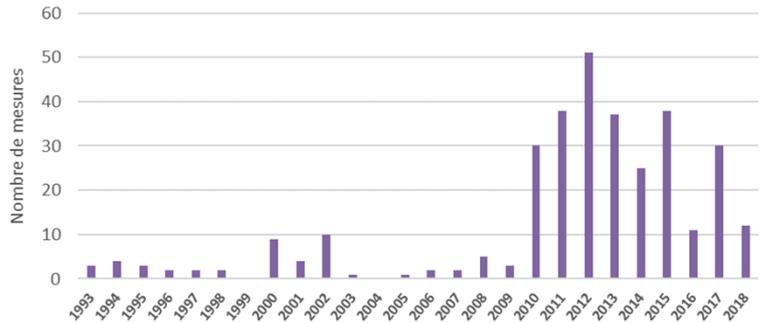
CHLORURES | Gammes de référence HER D

325 mesures de référence

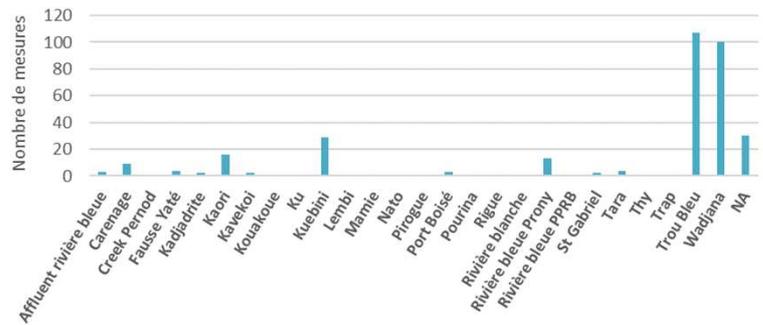
Saison sèche : 119 mesures
 humide : 85 mesures
 transition : 121 mesures
 Sur cuirasse : 4 mesures
 Hors cuirasse : 321 mesures

LQ min : 0,1 mg/L
 LQ max : 0,125 mg/L
 Détection : 100 %
 (LQ non-renseignée : 307)

**24 années
de données**

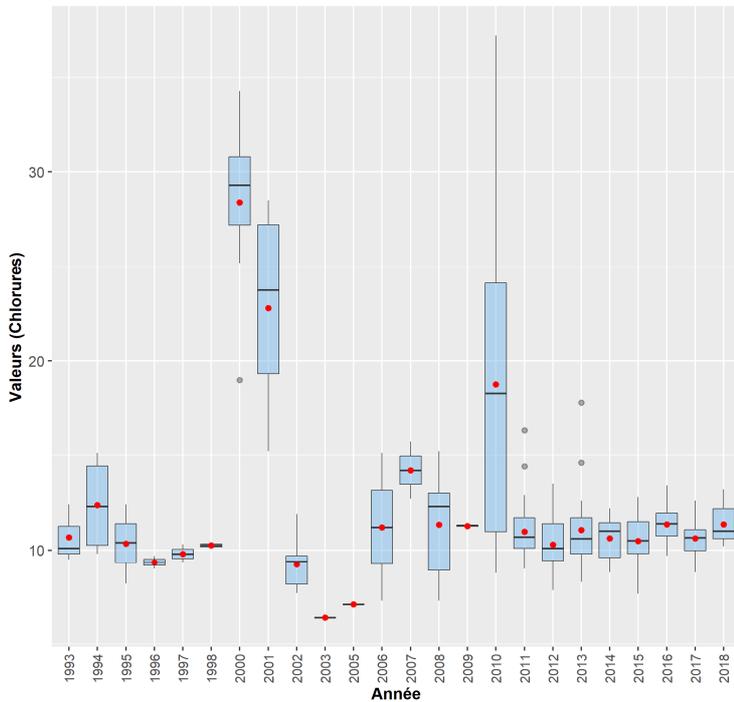


**15 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Chlorures)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,05
5%	8,1
10%	8,785
15%	9,3
20%	9,5
25%	9,7
30%	9,8261
35%	10,06
40%	10,2
45%	10,4
50%	10,6
55%	10,7
60%	11
65%	11,2
70%	11,44
75%	11,8
80%	12,2
85%	12,725
90%	15,45
95%	25,025
Max	37,2
Moyenne	11,900
Ecart-type	4,947

Commentaires :
Néant

ARSENIC | Gammes de référence HER D

187 mesures de référence

Saison sèche : 67 mesures
 humide : 51 mesures
 transition : 69 mesures

Sur cuirasse : 1 mesures
 Hors cuirasse : 186 mesures

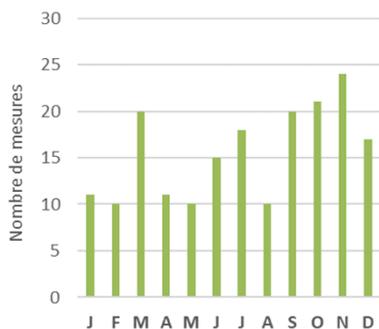
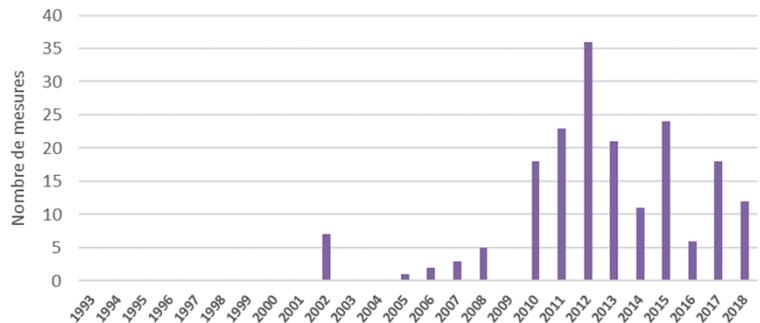
LQ min : 0,001 mg/L

LQ max : 0,1 mg/L

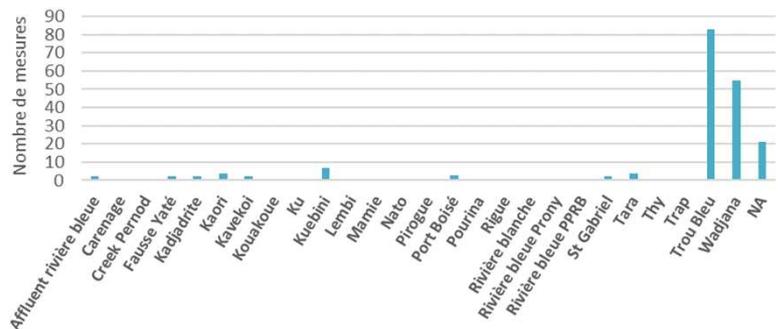
Détection : 20 %

(LQ non-renseignée : 37)

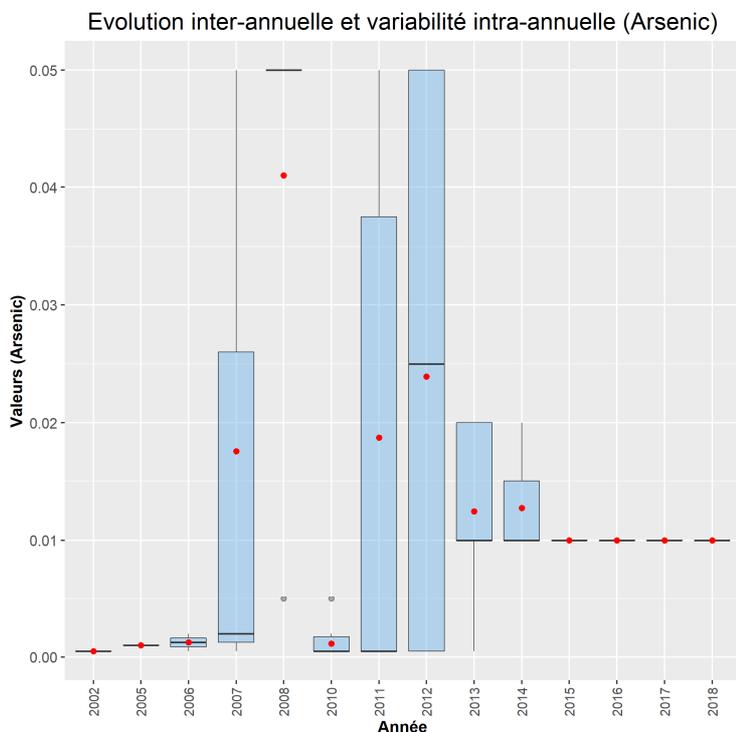
14 années
de données



12 cours
d'eau



Profil des données de référence (boxplot)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,0005
5%	0,0005
10%	0,0005
15%	0,0005
20%	0,0005
25%	0,000875
30%	0,005
35%	0,01
40%	0,01
45%	0,01
50%	0,01
55%	0,01
60%	0,01
65%	0,01
70%	0,01
75%	0,02
80%	0,023
85%	0,025
90%	0,05
95%	0,05
Max	0,05
Moyenne	0,014
Ecart-type	0,015

Commentaires :

- Les LQ utilisées sont peu satisfaisantes au regard du seuil de potabilité de cet élément (0,1 mg/L)
- Faible % de détection : les percentiles des gammes de référence sont essentiellement des valeurs dérivées des LQ (corrigées en LQ/2) et donc possiblement moins informatives

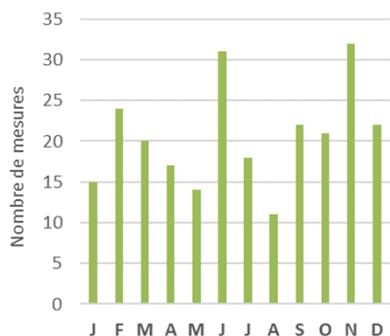
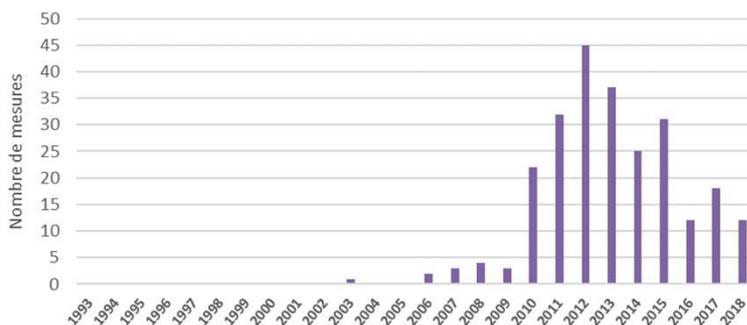
ALUMINIUM | Gammes de référence HER D

247 mesures de référence

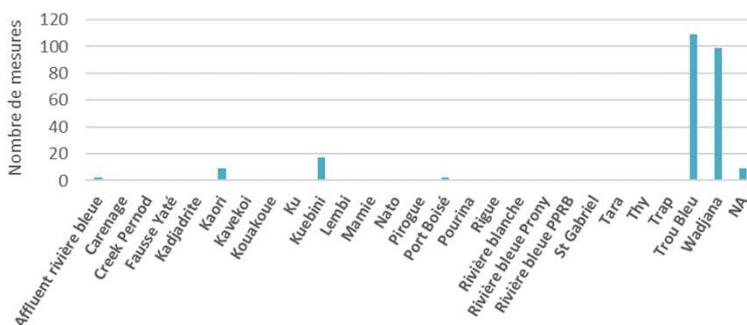
Saison sèche : 81 mesures
 humide : 71 mesures
 transition : 95 mesures
 Sur cuirasse : 0 mesures
 Hors cuirasse : 247 mesures

LQ min : 0,001 mg/L
 LQ max : 0,1 mg/L
 Détection : 37 %
 (LQ non-renseignée : 82)

**14 années
de données**

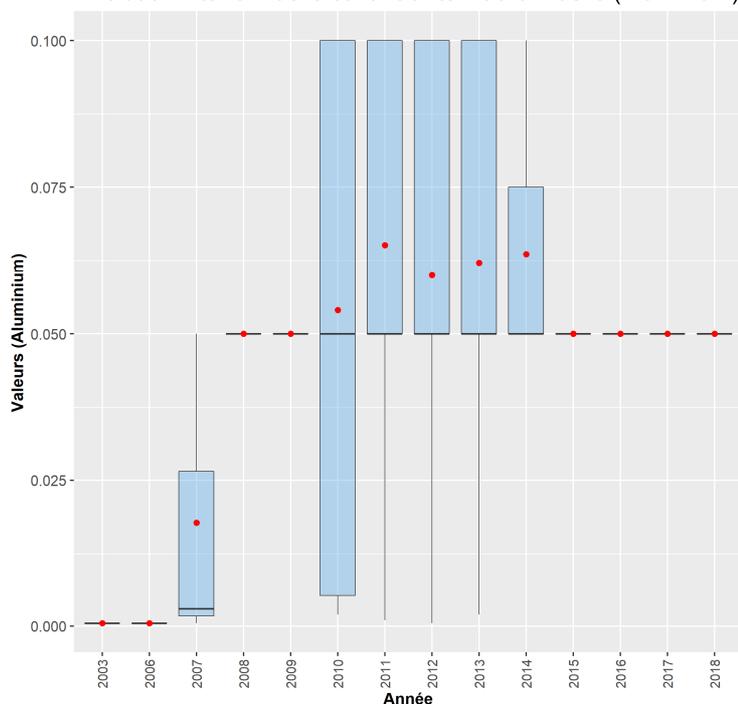


**7 cours
d'eau**



Profil des données de référence (boxplot)

Evolution inter-annuelle et variabilité intra-annuelle (Aluminium)



Gammes de référence (percentiles)

Percentile	Valeur (mg/l)
Min	0,0005
5%	0,0005
10%	0,002
15%	0,003
20%	0,0044
25%	0,006
30%	0,05
35%	0,05
40%	0,05
45%	0,05
50%	0,05
55%	0,05
60%	0,05
65%	0,05
70%	0,05
75%	0,05
80%	0,05
85%	0,05
90%	0,05
95%	0,05
Max	0,05
Moyenne	0,044
Ecart-type	0,033

Commentaires :

Néant