



Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Kofinanziert von
der Europäischen Union

Rhin Supérieur | Oberrhein

*Présentation des résultats
Deuxième partie*

*Vorstellung der Ergebnisse
Zweiter Teil*

**Transfert des micropolluants
issus des rejets de stations
de traitement des eaux usées :
des rivières à la nappe**

**Eintrag von Spurenstoffen aus Abwässern
von Kläranlagen :
von Flüssen ins Grundwasser**

Violette Hisquin

-

APRONA

Paul Svoboda

-

AUE Basel-Stadt

Éline Malcuit

-

BRGM

Renate Senner

-

HLNUG

Introduction



Site pilote de la Wiese



Site pilote de l'III



Conclusion générale



Einleitung



Pilotgebiet Wiese



Pilotgebiet III



Allgemeines Fazit



Introduction

Présentation des résultats

- Site pilote de la Wiese
- Site pilote de l'III

Synthèse et conclusion

Einleitung

Präsentation der Ergebnisse

- Pilotgebiet Wiese
- Pilotgebiet III

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Introduction

Einleitung



Violette HISQUIN

Chargée d'études eaux souterraines - APRONA
Studienbeauftragte Grundwasser - APRONA

Introduction

Einleitung

Contexte

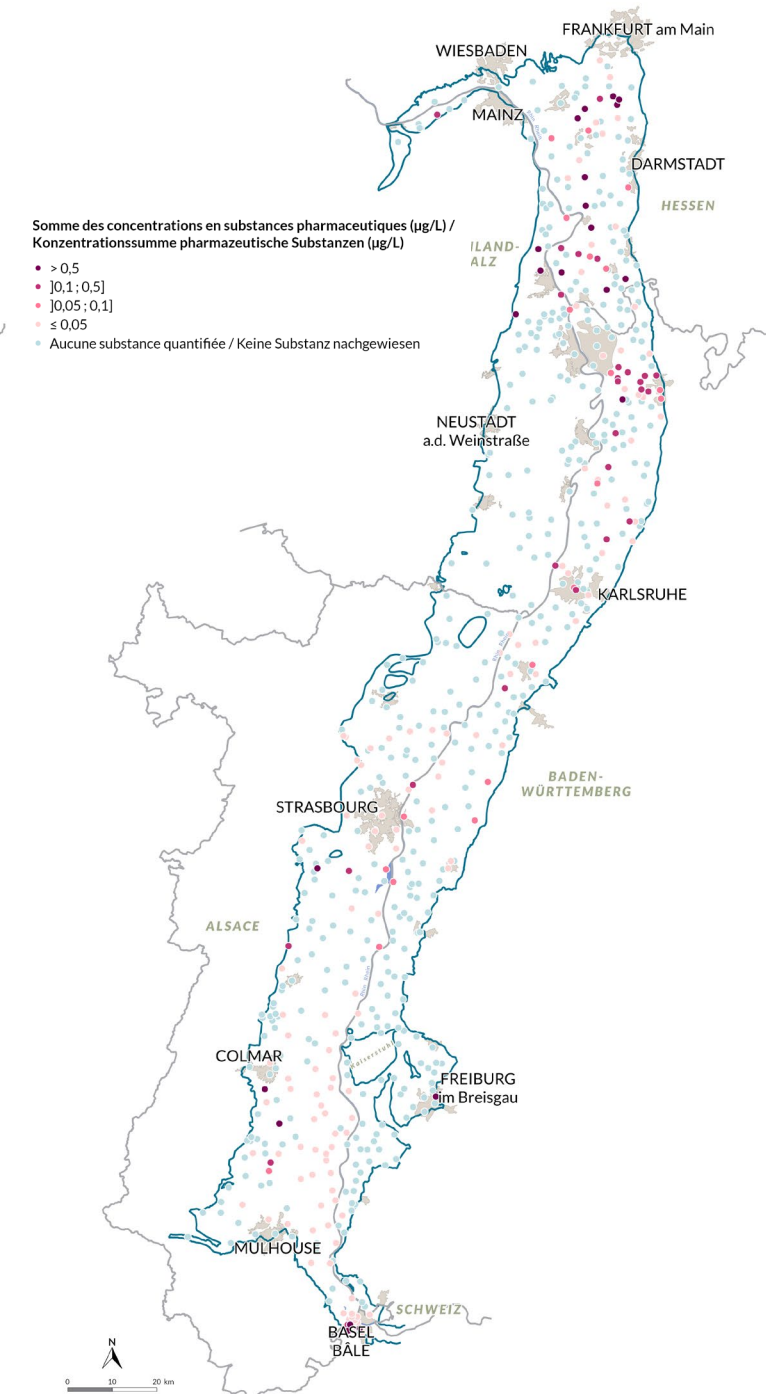
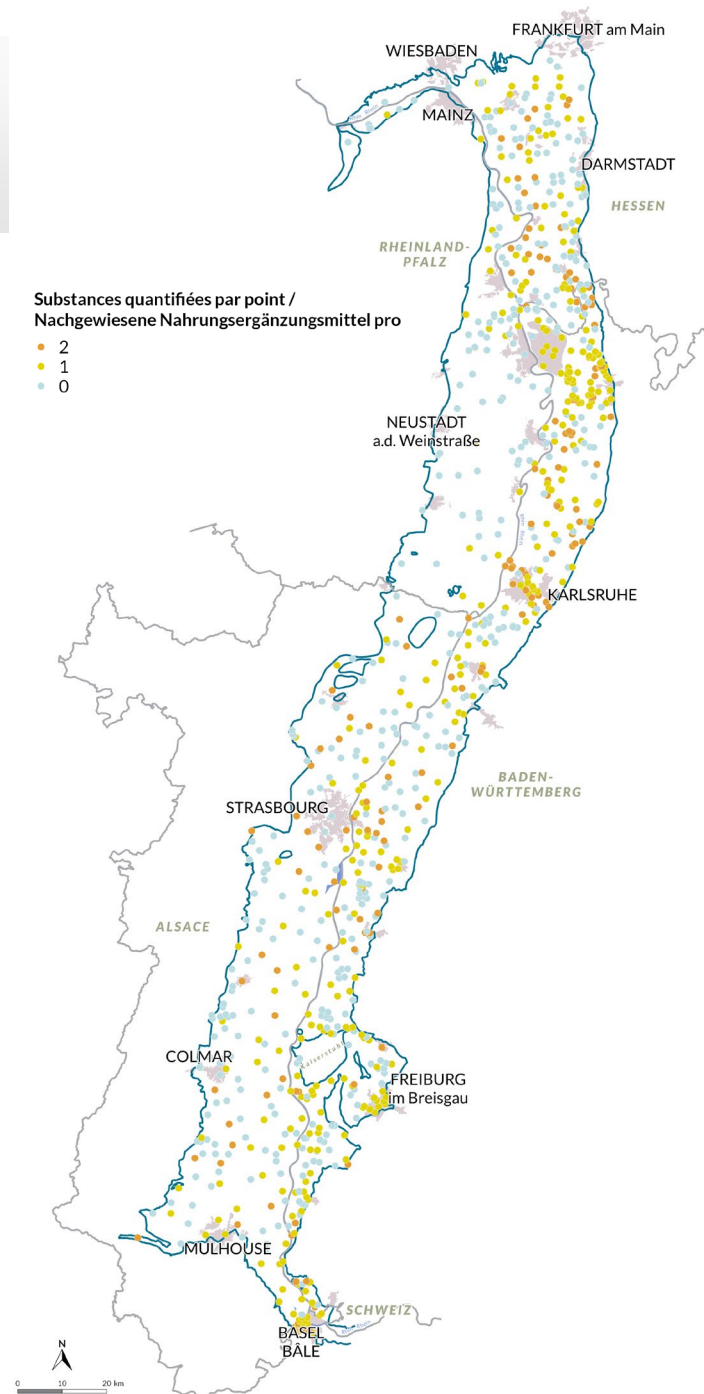
- ERMES-Rhin 2016 : mise en évidence à l'échelle transfrontalière de la diffusion de certains micropolluants domestiques issus des eaux usées dans les secteurs d'interactions nappe/rivière

Forte présence de substances pharmaceutiques ou d'adjuvants alimentaires dans des zones de transfert

Hintergrund

- ERMES-Rhein 2016: Nachweis des Eintrags bestimmter Spurenstoffe ins Grundwasser durch Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Fluss

Hohe Konzentrationen von Arzneimitteln oder Lebensmittelzusatzstoffen in Bereichen mit Interaktion

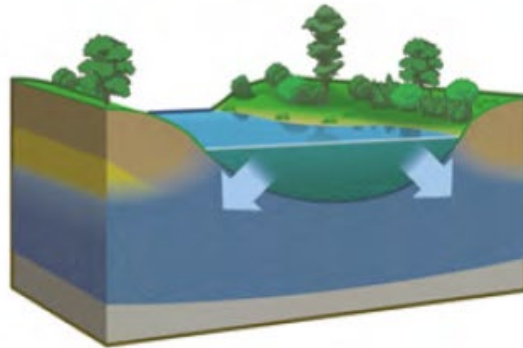


Contexte

- *Interactions nappe/rivières très importantes en nappe du Rhin supérieur*
→ *influence directe de la qualité des cours d'eau sur celle de la nappe*

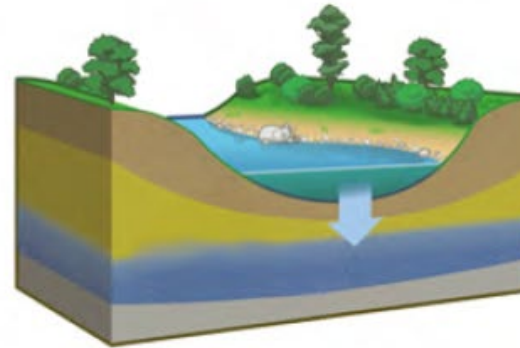
Hintergrund

- *Starker Austausch zwischen Grundwasser und Fließgewässern am Oberrhein*
→ *die Qualität der Oberflächengewässer hat einen direkten Einfluss auf die Grundwasserqualität*



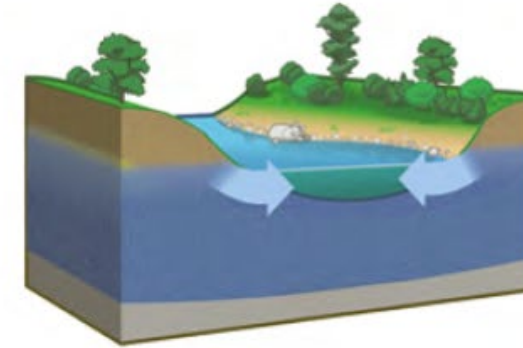
La rivière alimente la nappe.

Das Oberflächengewässer infiltriert direkt in das angeschlossene Grundwasser.



La rivière alimente la nappe et est perchée.

Das Oberflächengewässer infiltriert direkt in das angeschlossene Grundwasser.
Das Oberflächengewässer liegt über dem Grundwasser.



La nappe alimente la rivière.

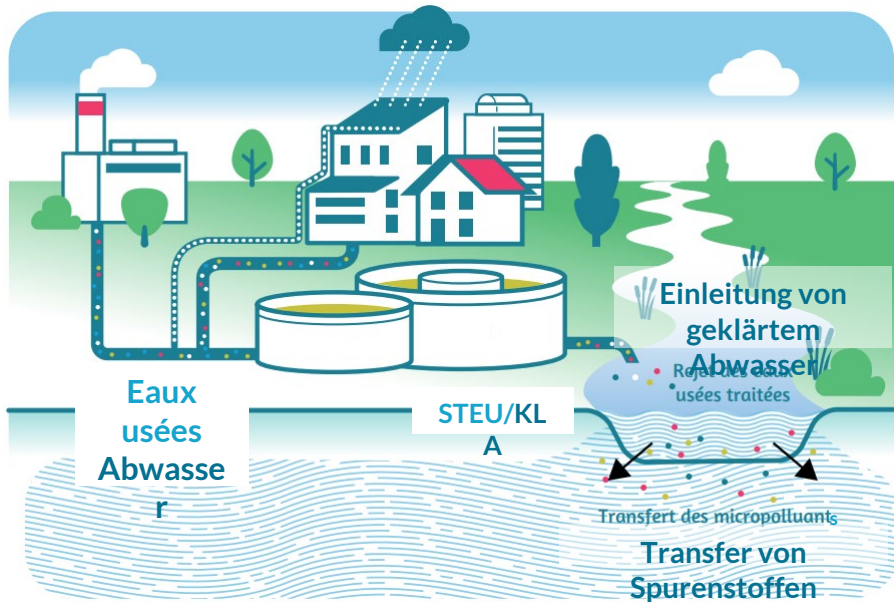
Grundwasser exfiltriert in das Oberflächengewässer.

Introduction

Einleitung

Contexte

- *Traitement des eaux usées*
 - 234 STEU sur le périmètre de la nappe du Rhin supérieur
 - Les STEU classiques non conçues pour traiter les micropolluants

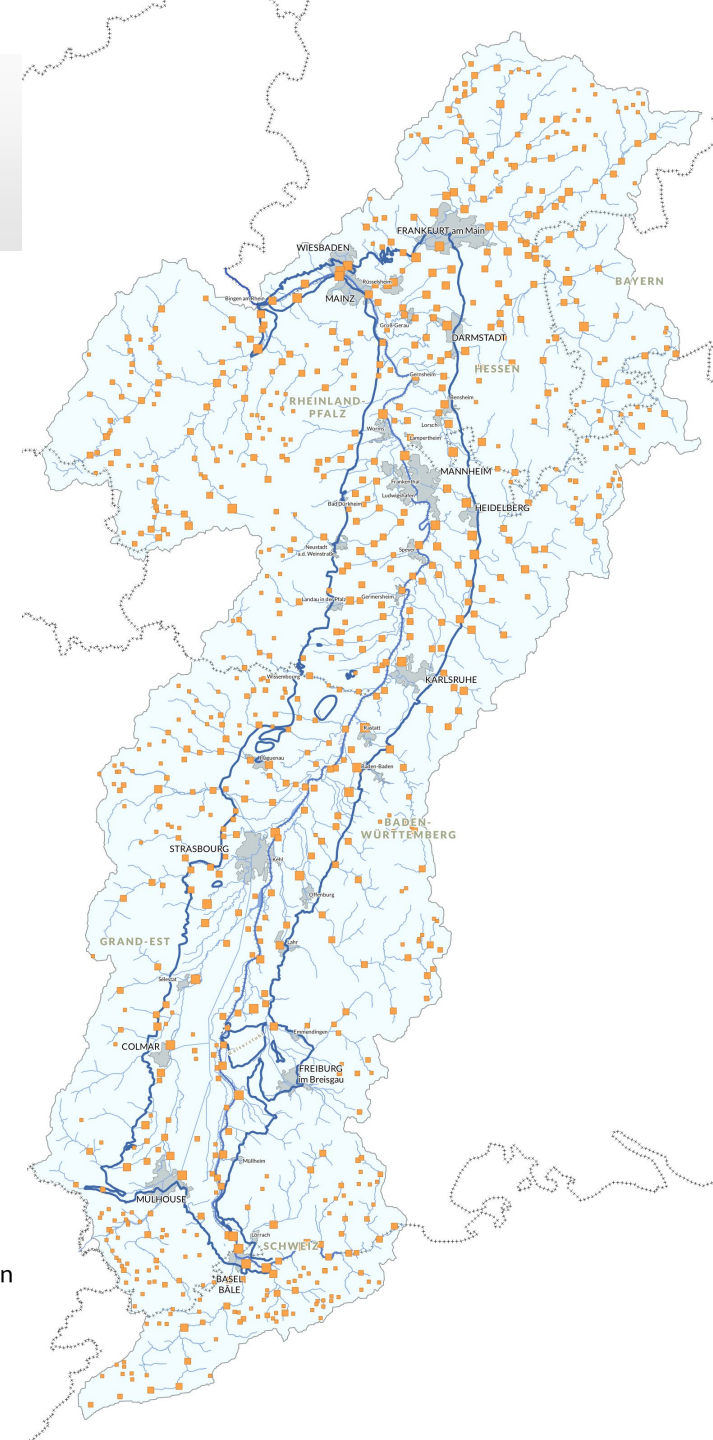


Hintergrund

- *Abwasserbehandlung*
 - 234 KLA im Grundwassereinzugsbereich
 - *Herkömmliche Kläranlagen, die nicht für die Behandlung von Spurenstoffen ausgelegt sind*

Stations de traitement des eaux usées (STEU)/ Kläranlage (KLA)

- 100 001 ; 1 350 000
- 50 001 ; 100 000
- 10 001 ; 50 000
- 2 001 ; 10 000
- 50 ; 2 000
- Bassins versants à enjeu pour la Nappe/ Wassereinzugsgebiete, die für die Nappe auf dem Spiel stehen



Axe 2 : Caractérisation des transferts de micropolluants entre les cours d'eau et les eaux souterraines

- *Objectifs*

- Évaluer la sensibilité de la nappe rhénane aux transferts de micropolluants via les cours d'eau, en tenant compte des rejets des stations de traitement des eaux usées (STEU)
- Détecter de nouvelles substances organiques non étudiées ou non identifiées jusqu'à présent

Schwerpunkt 2 : Charakterisierung des Spurenstoffeintrags aus Oberflächengewässern in das Grundwasser

- *Ziele*

- Bewertung der Anfälligkeit des Grundwassers im Oberrheingraben gegenüber dem Eintrag von Spurenstoffen aus Oberflächengewässern unter Berücksichtigung von Kläranlageneinleitungen (KLA)
- Nachweis neuartiger organischer Stoffe, die bisher noch nicht untersucht bzw. nachgewiesen wurden



Zones d'étude

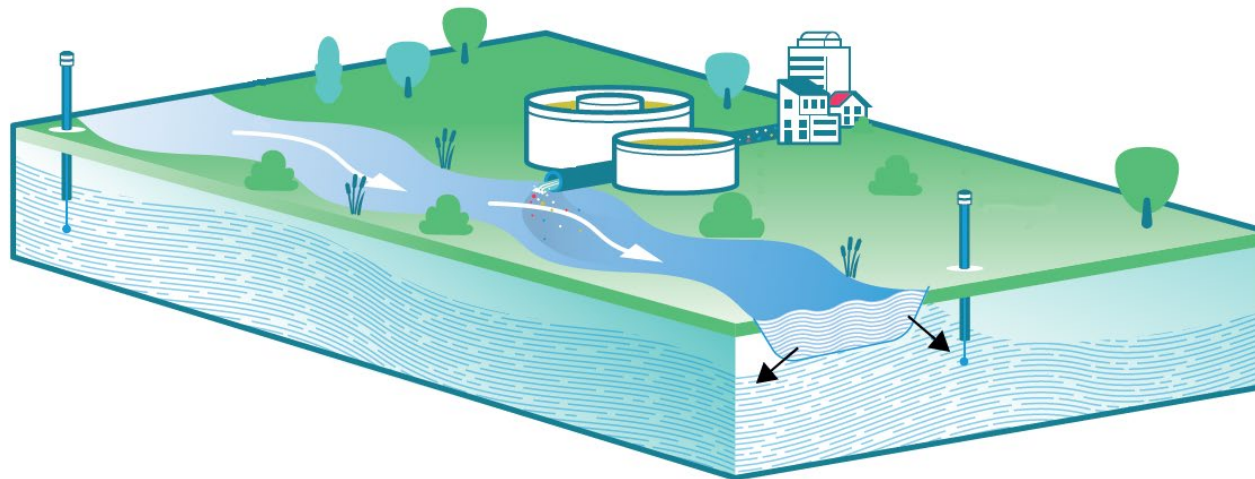
- Définition

« Site pilote » : périmètre composé d'un tronçon de rivière en relation avec la nappe et récepteur d'eaux usées traitées

Untersuchungsgebiete

- Begriffsbestimmung

„Pilotgebiet“: Flussabschnitt, der mit dem Grundwasser in Verbindung steht und in den gereinigtes Abwasser eingeleitet wird

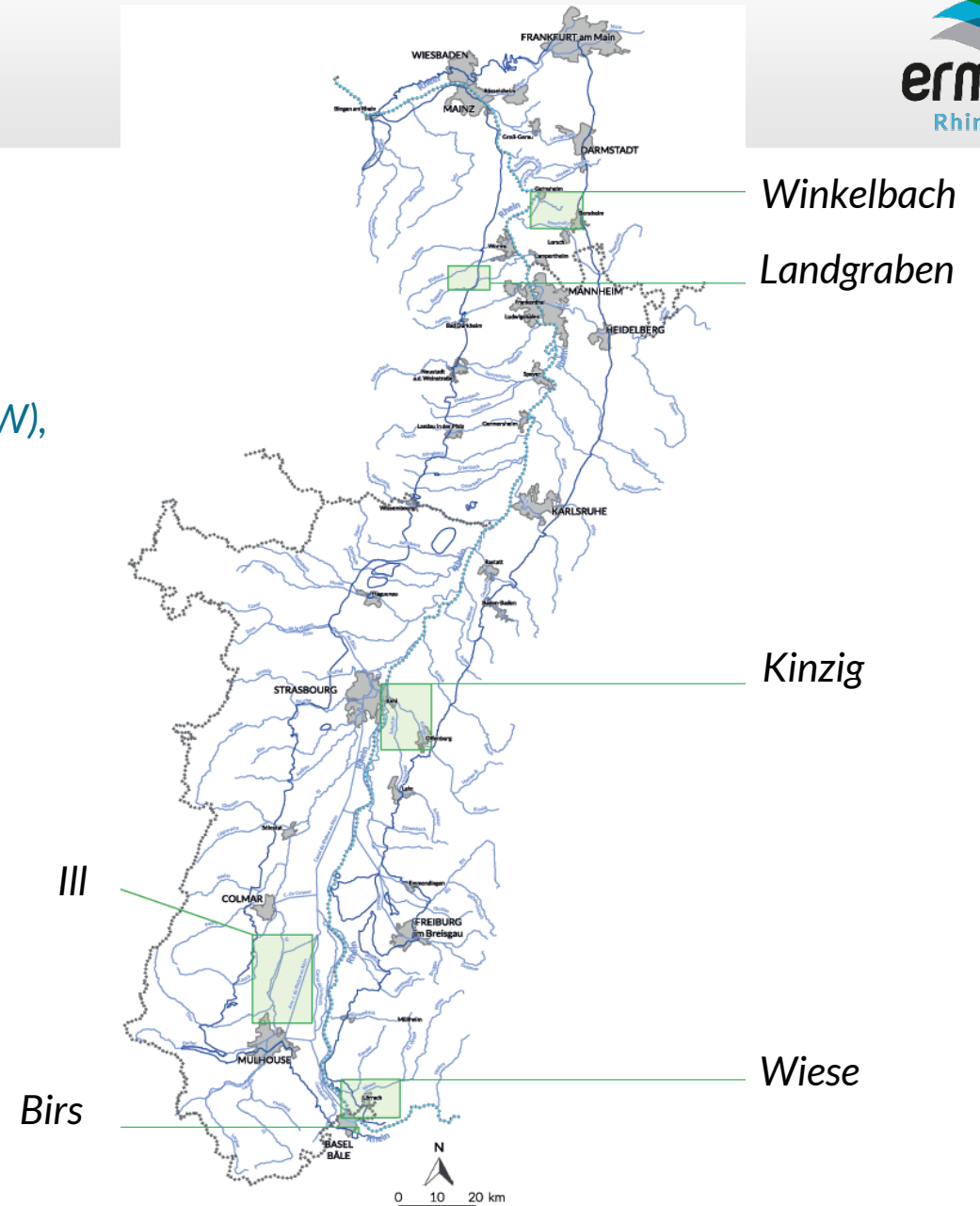


Zones d'étude

- Six sites pilotes : Birs (BL), Wiese (BS-BW), III (AL), Kinzig (BW), Landgraben (RP), Winkelbach (HE)

Untersuchungsgebiete

- Sechs Pilotgebiete : Birs (BL), Wiese (BS-BW), III (AL), Kinzig (BW), Landgraben (RP), Winkelbach (HE)

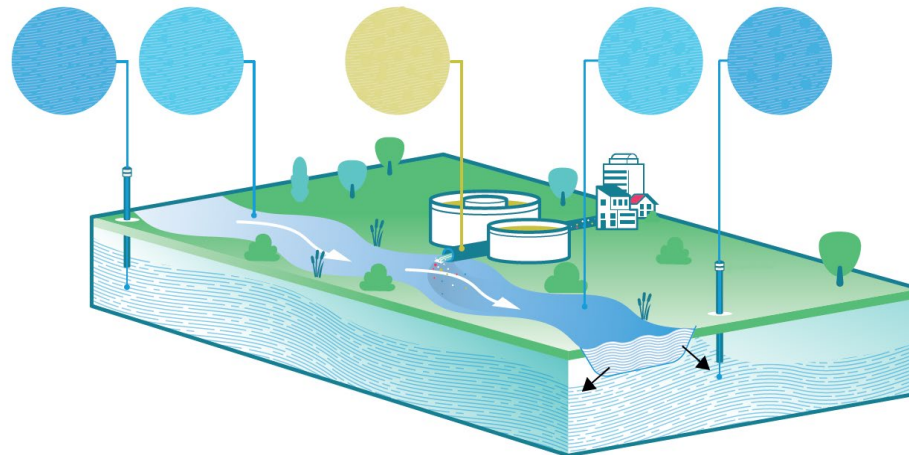


Mise en œuvre

- *Stratégie de mesure :*
 - *Une ou plusieurs campagnes de mesure à différentes périodes de l'année*
 - *Prélèvements : ponctuels, moyennés 24h, échantillonneurs intégratifs passifs (POCIS)*
 - *Méthodes : analyses ciblées et analyses non ciblées (NTS)*
- *Études des interactions nappe/rivières*

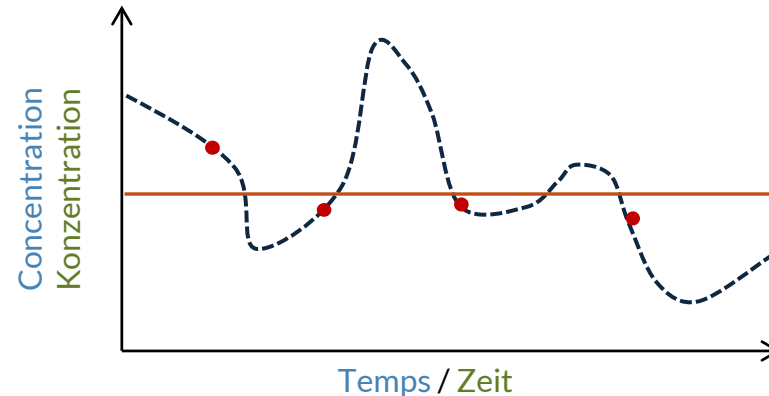
Umsetzung

- *Messstrategie:*
 - *Eine oder mehrere Messkampagnen zu verschiedenen Zeitpunkten im Jahr*
 - *Probenahmen: punktuell, 24-Stunden-Mittelwerte, passive Probenahmen (POCIS)*
 - *Methoden: gezielte Analysen und Non-Target-Analysen (NTS)*
- *Untersuchung der Interaktion zwischen Grundwasser und Fluss*



Echantillonnage intégratif passif (BRGM)

- Accès à une concentration moyenne pondérée en fonction de la période d'échantillonnage
- Augmentation de la sensibilité / accumulation des composés
- Prise en compte d'évènements très rapides, « ratés » par prélèvement ponctuel



--- Concentration réelle / Tatsächliche Konzentration

• Echantillonnage ponctuel / Punktuelle Probenahmen

— Echantillonnage passif intégratif / Integrative passive Probenahmegeräte

Integrative passive Probenahmegeräte (BRGM)

- Zugriff auf eine gewichtete durchschnittliche Konzentration, bezogen auf den Probenahmezeitraum
- Erhöhte Empfindlichkeit / Anreicherung von Verbindungen
- Berücksichtigung sehr kurzzeitiger Ereignisse, die bei einer punktuellen Probenahme „verpasst“ werden

POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler)

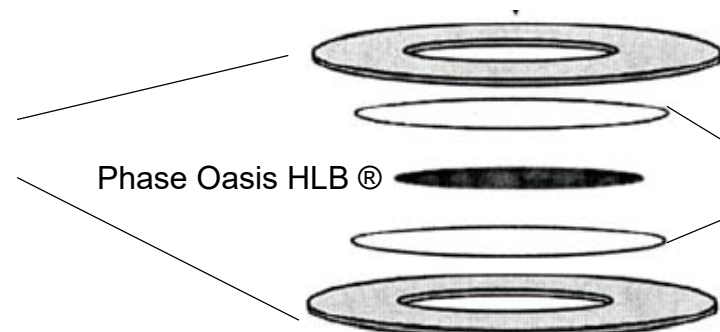
Utilisés pour échantillonner les molécules organiques polaires à semi-polaires telles que pesticides, substances pharmaceutiques, quelques composés industriels, et leurs produits de dégradation



POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler)

Wird zur Probenahme von polaren bis semipolaren organischen Molekülen wie Pestiziden, pharmazeutischen Substanzen, einigen industriellen Verbindungen und deren Abbauprodukten verwendet

Disque en inox / Scheibe aus
Edelstahl



Phase Oasis HLB®

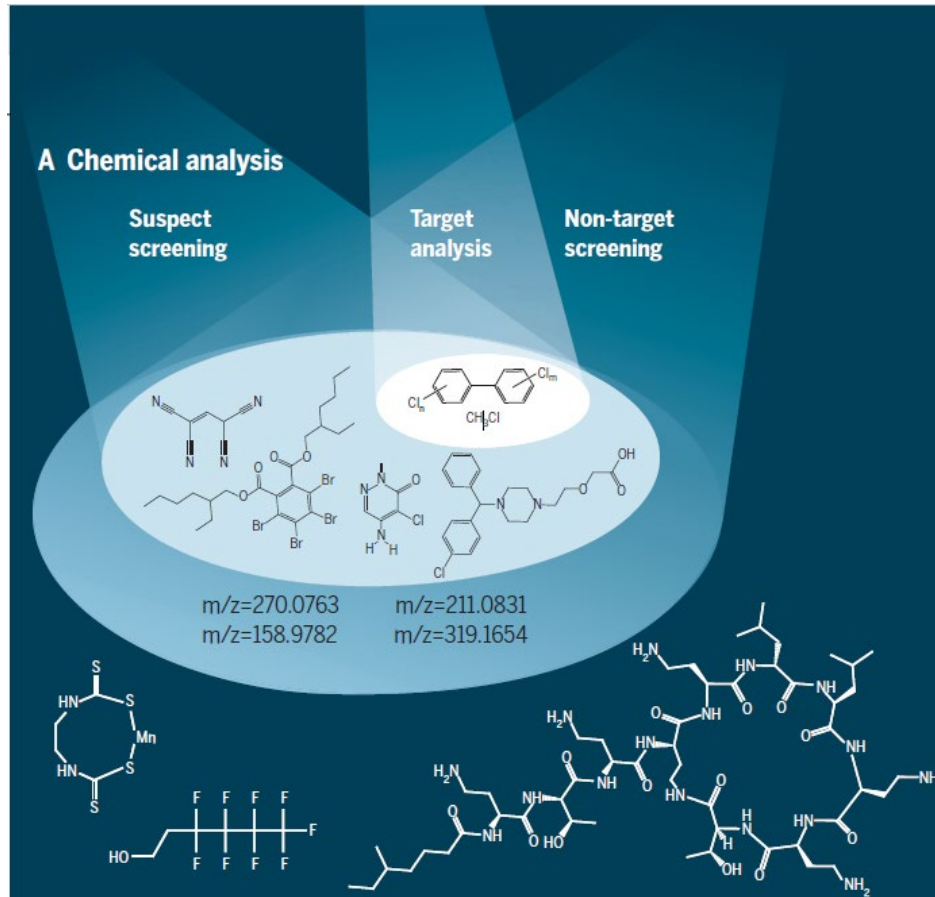
Membrane en Polyether Sulfone 0,1 µm /
0,1-µm-Membran aus Polyethersulfon

Analyses non-ciblées - NTS (Non-Target Screening)

- Permet d'avoir accès à l'intégralité des molécules présentes = empreinte chimique des échantillons (milliers de features)
- Identification de molécules par screening suspect sans l'absolue nécessité de disposer d'étalons analytiques (base de données)
- Dégagement de tendances spatiales, temporelles ou encore caractériser des sources de pollution par screening non-ciblé

NTS (Non-Target Screening)

- Ermöglicht den Zugriff auf alle vorhandenen Moleküle = chemischer Fingerabdruck der Proben (Tausende von Features)
- Identifizierung von Molekülen durch Suspect Screening, ohne dass unbedingt analytische Referenzsubstanzen (Datenbank) erforderlich sind
- Ermittlung räumlicher und zeitlicher Trends oder Charakterisierung von Verschmutzungsquellen durch Non-Target Screening



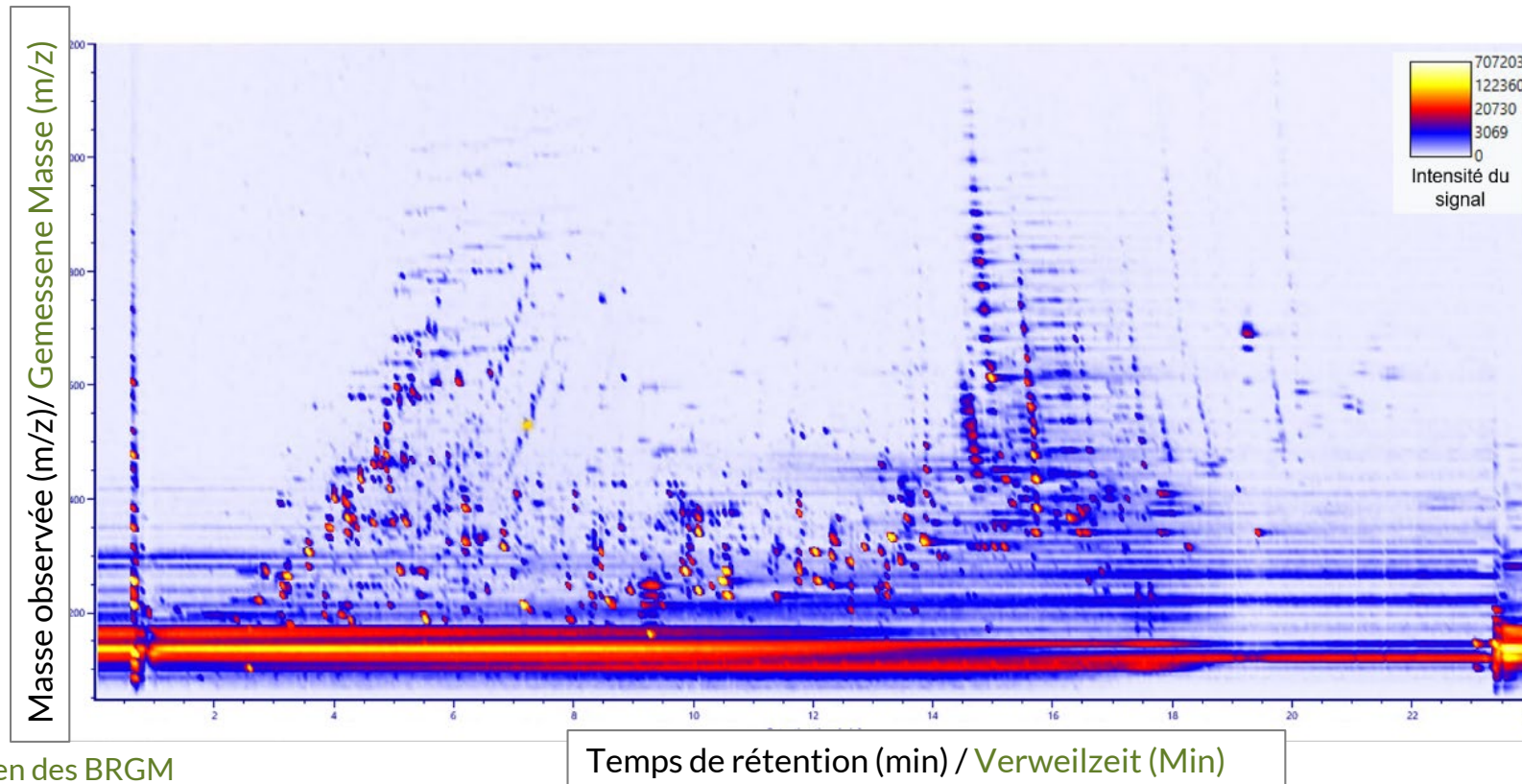
Escher et al., 2020

NTS (Non-Target Screening)

Empreinte en 3D : temps de rétention, masse et intensité

NTS (Non-Target Screening)

3D-Abdruck: Einwirkzeit, Masse und Intensität Analyse



Intensité du signal / Signalstärke

NTS - Méthodologie commune

- Technique d'analyse: chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (LC-HRMS)
- Préparation d'échantillon commune (extraction sur phase solide –SPE- avec cartouches multi-couches)
- Contrôles qualité communs (blancs protocoles, injection en triplicat,)
- Suspect and Non Target screening (niveaux de confiance sur l'identification selon Schymanski et al., 2014)
- Bancarisation des données brutes (DSFP de Norman) et traitées (molécules identifiées vs niveaux de confiance Schymanski)

NTS – Vereinheitlichte Methode

- Analysetechnik: Flüssigchromatographie gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie
- Gleiche Probenvorbereitung (Festphasenextraktion –SPE- mit Mehrschichtkartuschen)
- Gleiche Qualitätskontrollen (Blindproben, dreifache Injektion usw.)
- Suspect und Non-Target Screening (Konfidenzniveaus bei der Identifizierung nach Schymanski et al., 2014)
- Datenspeicherung von Rohdaten (DSFP, Norman) und verarbeiteten Daten (Identifizierte Moleküle vs. Schymanski-Konfidenzniveaus)

Site pilote de la Wiese Pilotgebiet Wiese



Dr. Paul Svoboda

*Responsable service eaux et sols – AUE Basel-Stadt
Leiter Ressort Gewässer und Boden – AUE Basel-Stadt*

Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet Wiese

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence des rejets d'eaux pluviales de la station d'épuration de Steinen ainsi que des rejets directs potentiels sur la qualité de l'eau de la Wiese et des eaux souterraines adjacentes à Langen Erlen (Bâle). L'étude porte en particulier sur les changements observés lors d'épisodes de fortes pluies et de leur incidence sur le captage d'eau brute.



Ziel der Untersuchung ist die Bewertung des Einflusses von Regenwasserentlastungen der Kläranlage Steinen sowie potenzieller Direkteinleitungen auf die Wasserqualität der Wiese und des angrenzenden Grundwassers in den Langen Erlen (Basel). Untersucht werden insbesondere Veränderungen bei Starkregenereignissen und deren Relevanz für die Rohwassergewinnung.

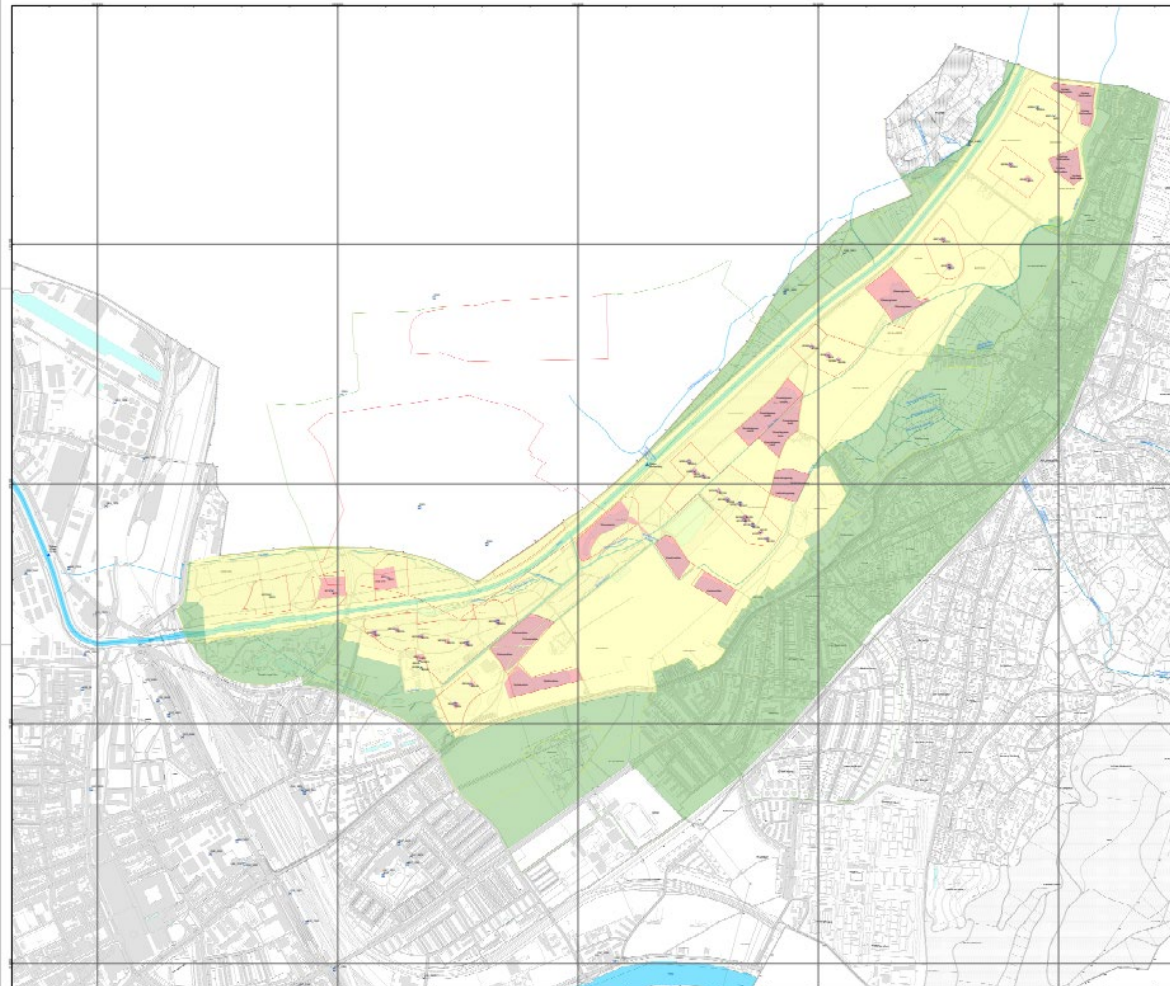





Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet an der Wiese

Zone d'approvisionnement en eau de Bâle-Ville - zone de protection et captages d'eau potable

Wasserversorgungsgebiet Basel-Stadt - Schutzzonen und Trinkwasserfassungen

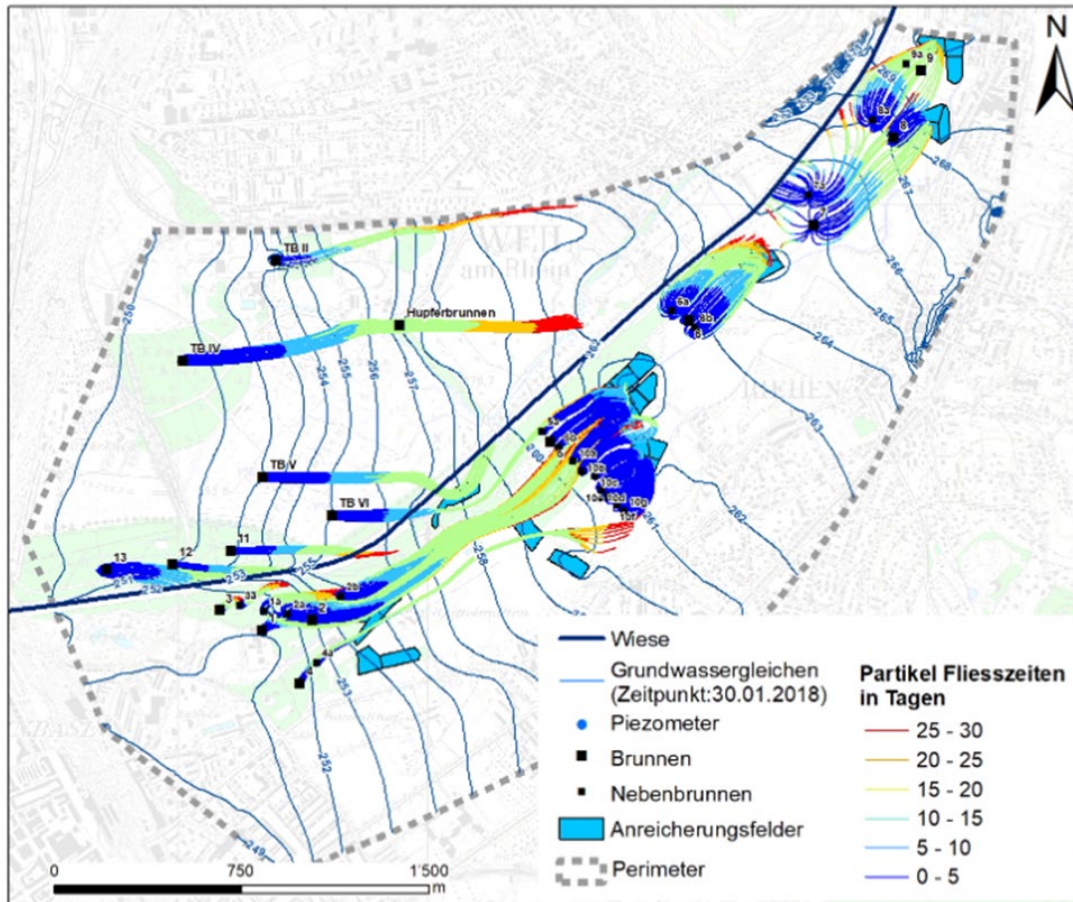


-  Zone S1 : plage de tension / Zone S1 Fassungsbereich
-  Zone 2 : zone de protection restreinte / Zone 2 engere Schutzzone
-  Zone S3 : zone de protection supplémentaire / Zone S3 weitere Schutzzone



Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet an der Wiese



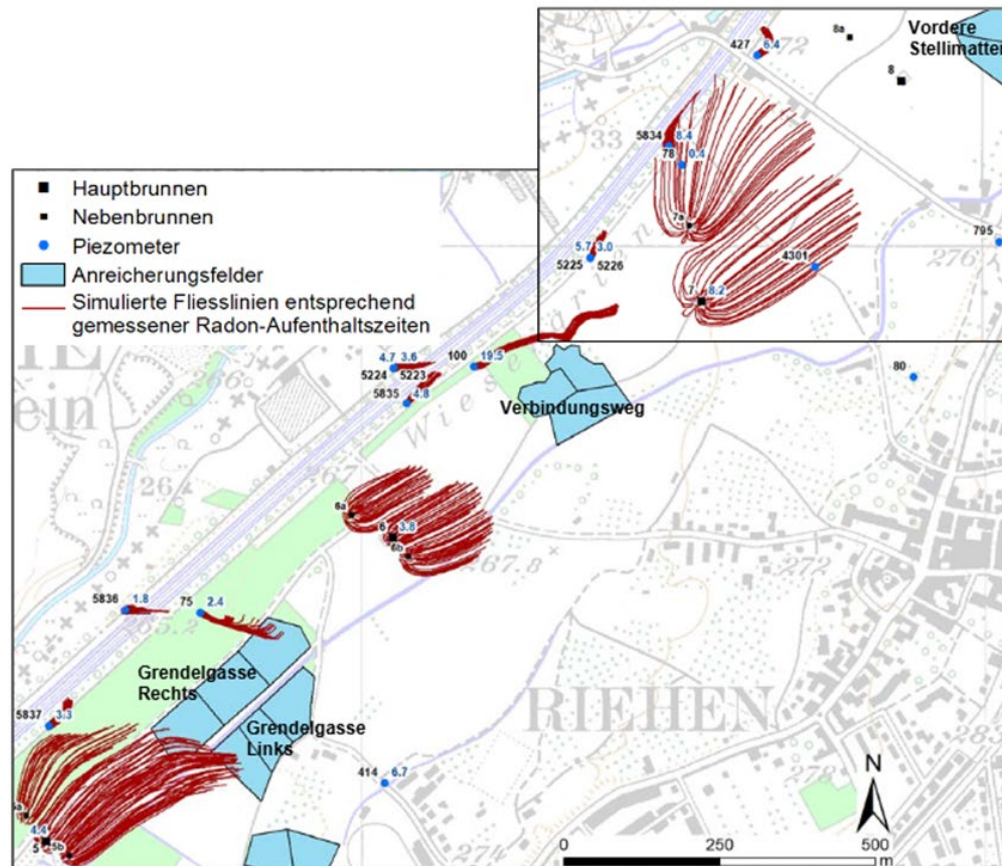
Modèle des eaux souterraines

Temps d'écoulement vers chaque puits en cas de crue (débit de $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$)

Grundwassermodell

Fließzeiten zu den einzelnen Brunnen während einer Hochwassersituation (Abfluss von $29,5 \text{ m}^3/\text{s}$)





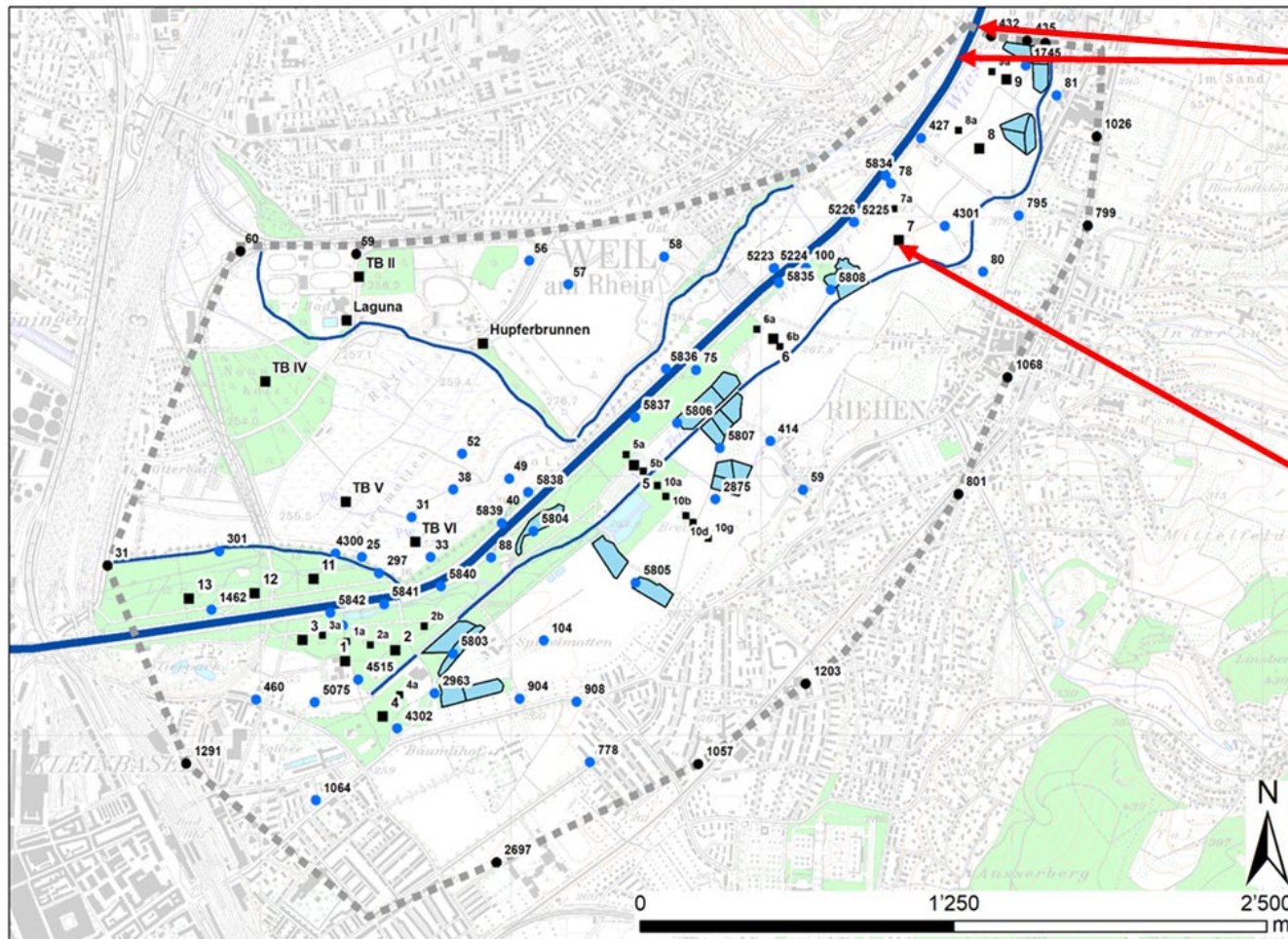
Prélèvement de radon

L'échantillonnage au radon utilise un traceur naturel présent dans la zone d'étude pour déterminer les temps de séjour des eaux souterraines.

Radonbeprobung

Die Radonbeprobung nutzt einen im Untersuchungsgebiet geogen vorkommenden natürlichen Tracer zur Bestimmung von Grundwasser-Aufenthaltszeiten.

Auswahl Brunnen bzw. Messstellen Sélection des puits ou des points de mesure



Points de mesure 427 et 5834 dans
l'affluent du puits 7
Messstellen 427 und 5834 im
Zustrom zu Brunnen 7

- Puits n° 7 caractérisé par des infiltrations
- provenant de la prairie n'est pas fermé en cas de crue
- Début de l'échantillonnage du puits n° 7 9 jours après le début de l'échantillonnage dans la prairie lors du déversement des eaux de crue de la station d'épuration de Steinen
- Brunnen 7 von Wieseinfiltrat geprägt
- wird bei Hochwasser nicht abgestellt
- Start Beprobung Brunnen 7 9 Tagen nach Start Beprobung in der Wiese bei Hochwasserentlastung Kläranlage Steinen.

Substances problématiques à la station d'épuration/ Problemstoffe Kläranlage

	ARA Steinen Ablauf Trockenwetter Temps sec	ARA Steinen Ablauf Hochwasser Hautes eaux
Famille Stoffgruppen	Eaux usées / Abwasser	Eaux usées / Abwasser
Substances pharmaceutiques (médicaments)	14/17	14/17
Pharmazeutische Substanzen (Arzneimittel)		
Adjuvants alimentaires	4/4	4/4
Lebensmittelzusatzstoffe		
Produit de contraste radiographique Röntgenkontrastmittel	4/4	1/4
Métabolites de pesticides	5/14	8/14
PSM-Metaboliten		
Pesticides	7/27	6/27
Pflanzenschutzmittel		

Les substances les plus fréquemment détectées sont les produits pharmaceutiques, suivis des pesticides et des adjuvants alimentaires.

Die am häufigsten nachgewiesenen Substanzen sind Pharmazeutika gefolgt von Pflanzenschutzmitteln und Lebensmittelzusatzstoffe.

Résultats des contrôles par étapes de la station d'épuration jusqu'à l'eau brute (Analyse des cibles)

Wiese

En période de crue, on observe une augmentation de la charge polluante en aval de la station d'épuration. En raison du débit élevé et de la forte dilution, cette charge n'est pas aussi importante que le laisseraient supposer les concentrations élevées présentes dans les eaux usées traitées à la sortie de la station d'épuration. En période de crue, les concentrations dans la Wiese sont du même ordre de grandeur que celles observées par temps sec.

Resultate Stufenkontrolle Kläranlage bis Rohwasser (Target-Analyse)

Wiese

Bei Hochwasser ist eine Zunahme der Belastung nach der Kläranlage zu beobachten. Wegen der hohen Wasserführung und der hohen Verdünnung ist die Belastung nicht so massiv, wie es die hohen Konzentrationen im nur teilweise gereinigten Abwasser der Kläranlagenentlastung nahelegen würden. Die Konzentrationen in der Wiese liegen im Hochwasserfall in der Größenordnung der Belastung bei Trockenwetter.

Résultats des contrôles par étapes de la station d'épuration jusqu'à l'eau brute (Analyse des cibles)

Eaux souterraines

- Pas de différences significatives dans la pollution des eaux souterraines entre les périodes d'étiage et de crue
- Les polluants sont plus concentrés en période d'étiage
- Un lit de cours d'eau fortement colmaté doit présenter une certaine perméabilité
- La perméabilité accrue de la zone de prairie en amont en période de crue est compensée par une plus grande dilution des polluants

Resultate Stufenkontrolle Kläranlage bis Rohwasser (Target-Analyse)

Grundwasser

- Keine wesentlichen Unterschiede in der Belastung des Grundwassers bei Niedrig- und Hochwasser
- Schadstoffe konzentrierter bei Niedrigwasser
- Stark kolmatierte Gewässerrinne muss gewisse Durchlässigkeit aufweisen
- Höhere Durchlässigkeit des Wiesenvorlandes im Hochwasserfall wird durch die höhere Verdünnung der Schadstoffe ausgeglichen

Résultats des contrôles par étapes de la station d'épuration jusqu'à l'eau brute (NTS)

Influence de la station d'épuration sur la Wiese

La concentration des substances détectables également dans la station d'épuration augmente fortement entre les points de mesure situés en amont et ceux situés en aval du point de rejet de la station .

Cette proportion reste supérieure au niveau pré-station d'épuration dans tous les points de mesure situés encore plus en aval.

Jusqu'à 50 % des substances détectables dans la station d'épuration peuvent également être mises en évidence en amont de celle-ci.

Resultate Stufenkontrolle Kläranlage bis Rohwasser (Non-Target-Screening (NTS))

Kläranlage-Einfluss auf Wiese

Der Anteil von auch in der Kläranlage nachweisbaren Substanzen steigt zwischen den Gewässermessstellen vor der Kläranlage und nach Passieren der Kläranlagen-Einleitung stark an.

Dieser Anteil bleibt bei allen noch weiter stromab gelegenen Messstellen über dem vor-ARA-Niveau.

Bis zu 50% der in der Kläranlage detektierbaren Substanzen lässt sich auch oberhalb der Kläranlage nachweisen.

Résultats des contrôles par étapes de la station d'épuration jusqu'à l'eau brute (NTS)

Influence de la station d'épuration sur l'eau souterraines

Les sites ESO présentent un nombre de substances et des concentrations inférieurs à ceux des échantillons d'eau.

Les eaux de la Wiese, chargées des effluents de la station d'épuration de Steinen, atteignent tous les sites de captage d'eau souterraine, y compris le puits F0007, situé plus loin de la Wiese.

Resultate Stufenkontrolle Kläranlage bis Rohwasser (Non-Target-Screening (NTS))

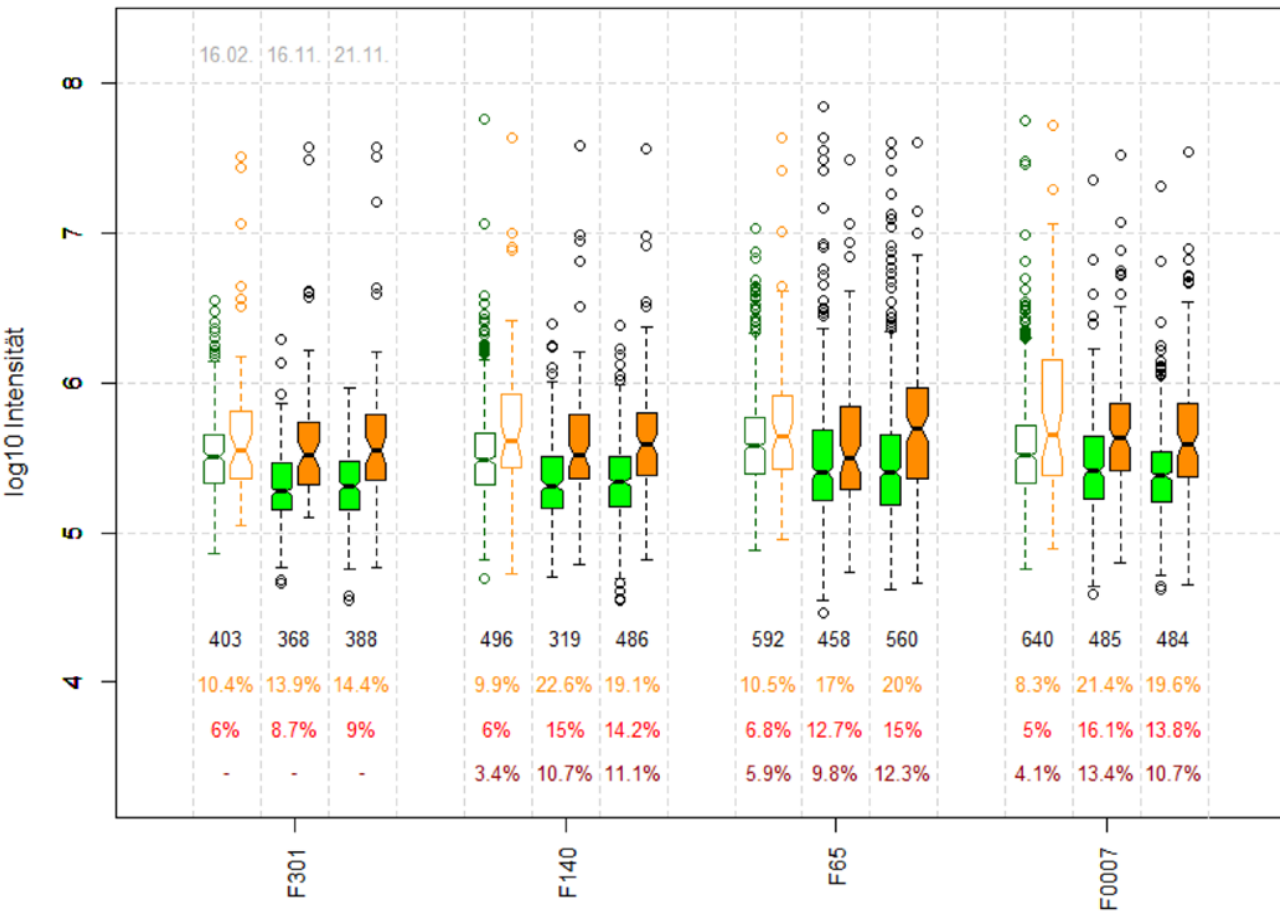
Kläranlage-Einfluss auf Grundwasser

GW-Standorte zeigen gegenüber den Gewässerproben eine niedrigere Anzahl an Substanzen und geringere Konzentrationen auf.

Wiesenwasser gelangt mit den Einträgen aus der Kläranlage Steinen an sämtliche GW-Standorte ; auch an den weiter von der Wiese entfernten Brunnen F0007.

Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet an der Wiese



Répartition du nombre de substances le long des quatre points de prélèvement d'eau souterraine pour :

- Période de temps sec (16/02/23)
- Période de temps pluvieux (16 et 21/11/23)

Verteilung der Anzahl von Substanzen entlang der vier Grundwasser-Beprobungsstellen für:

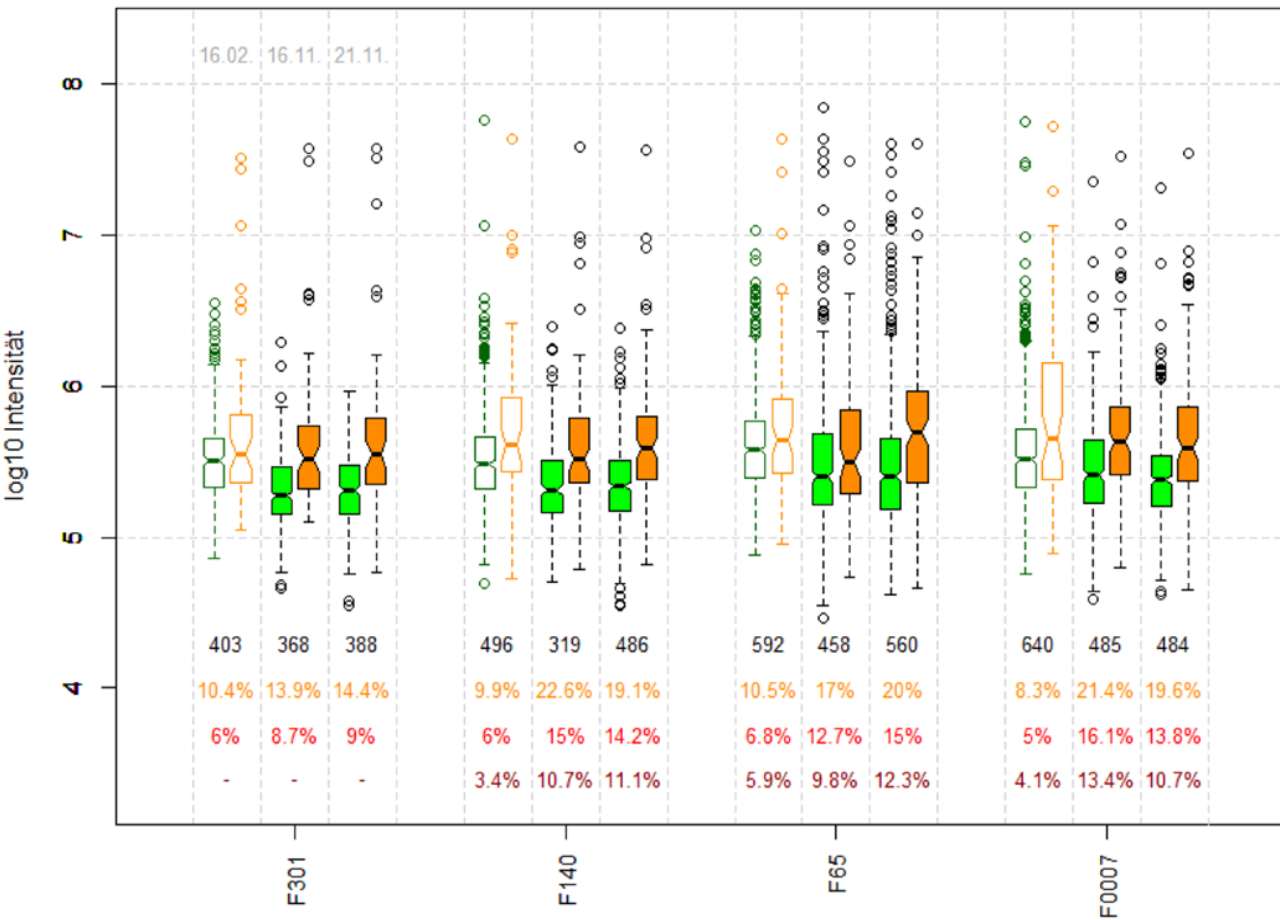
- Trockenwetter (16.02.23)
- Nasswetterperiode (16. 11 und 21.11.23)

Répartition de l'intensité pour les substances qui n'ont pas été détectées (vert) ou qui ont été détectées (orange) dans les échantillons provenant de la station d'épuration.

Intensitäts-Verteilung für Substanzen, die nicht (grün) oder auch (orange) in den Kläranlage-Proben zu finden waren.

Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet an der Wiese

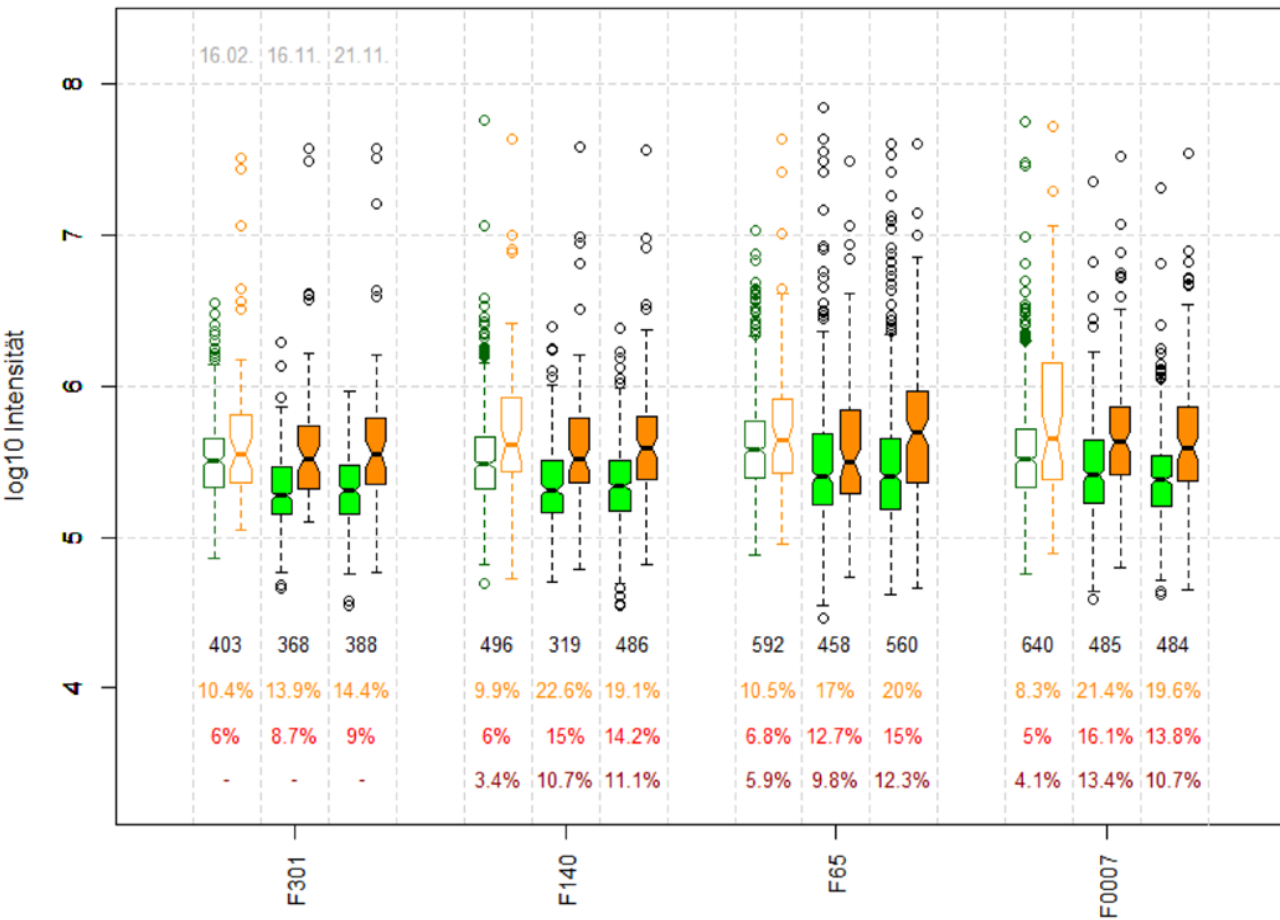


Pour les substances non détectées dans la station d'épuration, on a observé globalement des concentrations plus élevées sur les différents sites lors de l'échantillonnage à sec.

Für die nicht in der Kläranlage detektierten Substanzen waren an den einzelnen Standorten insgesamt höhere Intensitäten während der Trockenbeprobung zu beobachten.

Site pilote de la Wiese

Pilotgebiet an der Wiese



La proportion de profils ESO également détectables à la station d'épuration de Steinen était globalement plus faible pour les échantillons ESO que pour les échantillons d'eau.

Der Anteil der GW-Profile, welche auch in der ARA Steinen detektierbar waren, lag bei den GW-Proben insgesamt niedriger als bei den Gewässerproben.

Analyses et NTS – conclusions

- *L'analyse non ciblée est un outil précieux pour évaluer l'origine de la pollution des eaux souterraines par des substances d'origine anthropique.*
- *Les signaux mesurables disponibles permettent d'effectuer des comparaisons approfondies entre différents échantillons d'eau et d'évaluer l'interaction entre les différents compartiments environnementaux.*
- *En comparant les signaux aux entrées de la base de données, il est possible d'identifier les substances et, par conséquent, de caractériser la pollution et ses voies d'apport.*

Analytik und NTS – Erkenntnisse

- *Non-Target-Screening ist ein wertvolles Werkzeug, um die Herkunft von Grundwasserbelastungen durch anthropogene Stoffe zu beurteilen.*
- *Anhand der vorhandenen messbaren Signale können umfassende Vergleiche zwischen verschiedenen Wasserproben gezogen und die Interaktion zwischen den verschiedenen Umweltkompartimenten beurteilt werden*
- *Durch den Vergleich der Signale mit Datenbankeinträgen können die Substanzen identifiziert und dadurch die Belastung und ihre Eintragspfade charakterisiert werden.*

Analyses et NTS – conclusions

- *À l'avenir, l'analyse non ciblée (NTS) pourrait devenir un complément précieux aux programmes de surveillance (officiels). Étant donné que l'identification des substances mesurées repose sur les bases de données de spectres de substances existantes, le développement, la large diffusion et l'utilisation de ces bases de données revêtent une grande importance.*
- *Le NTS peut tirer profit d'un échange accru de données entre les laboratoires*

Analytik und NTS – Erkenntnisse

- *Zukünftig kann NTS zu einer wertvollen Ergänzung in (behördlichen) Monitoring-Programmen werden. Da die Identifikation der gemessenen Substanzen auf vorhandenen Stoffspektren-Datenbanken basiert, ist eine Entwicklung, breite Bekanntmachung und Nutzung solcher Datenbanken von hoher Relevanz.*
- *NTS kann von einem vermehrten Datenaustausch zwischen Laboratorien profitieren*

Site pilote de l'III

Pilotgebiet III



Dr. Eline MALCUIT

Hydrogéologue et hydrogéochimiste – BRGM Orléans
Hydrogeologin und Hydrogeochemikerin – BRGM Orléans

Choix du site pilote de l'III :

→ Constat ERMES-Rhin 2016 :

Contamination en micropolluants domestiques (substances pharmaceutiques, adjuvants alimentaires, triazoles) dans la nappe alluviale de l'III

Origine ? Influence du Rhin ?

- Zone connue et documentée pour des pertes connues d'environ 3 m³/s sur la zone d'étude (George et al., 1995), et pour un soutien d'étiage en période de basses eaux par l'eau du Rhin, via le Canal de Huningue puis le Canal du Rhône au Rhin, à partir d'une prise d'eau sur ce dernier.

Auswahl des Pilotgebietes an der III:

-> ERMES-Rhein Befund 2016:

Belastung durch häusliche Mikroverunreinigungen (Arzneimittel, Lebensmittelzusatzstoffe, Triazole) im Grundwasser des III-Flusses

Ursache? Einfluss des Rheins?

- Gebiet, das für bekannte Verluste von etwa 3 m³/s im Untersuchungsgebiet bekannt und dokumentiert ist (George et al., 1995) sowie für die Niedrigwasserunterstützung durch Rheinwasser, über den Hunigau-Kanal und den Rhein-Rhône-Kanal von einer Wasserentnahmestelle am Rhein-Rhône-Kanal in die III geleitet.

Site pilote de l'III

Pilotgebiet III

Localisation :

- entre Ensisheim et Niederhergheim
- III, Thur et Canal Vauban
- STEU d'Ensisheim (15 263 EH) et STEU de Meyenheim (4 533 EH)

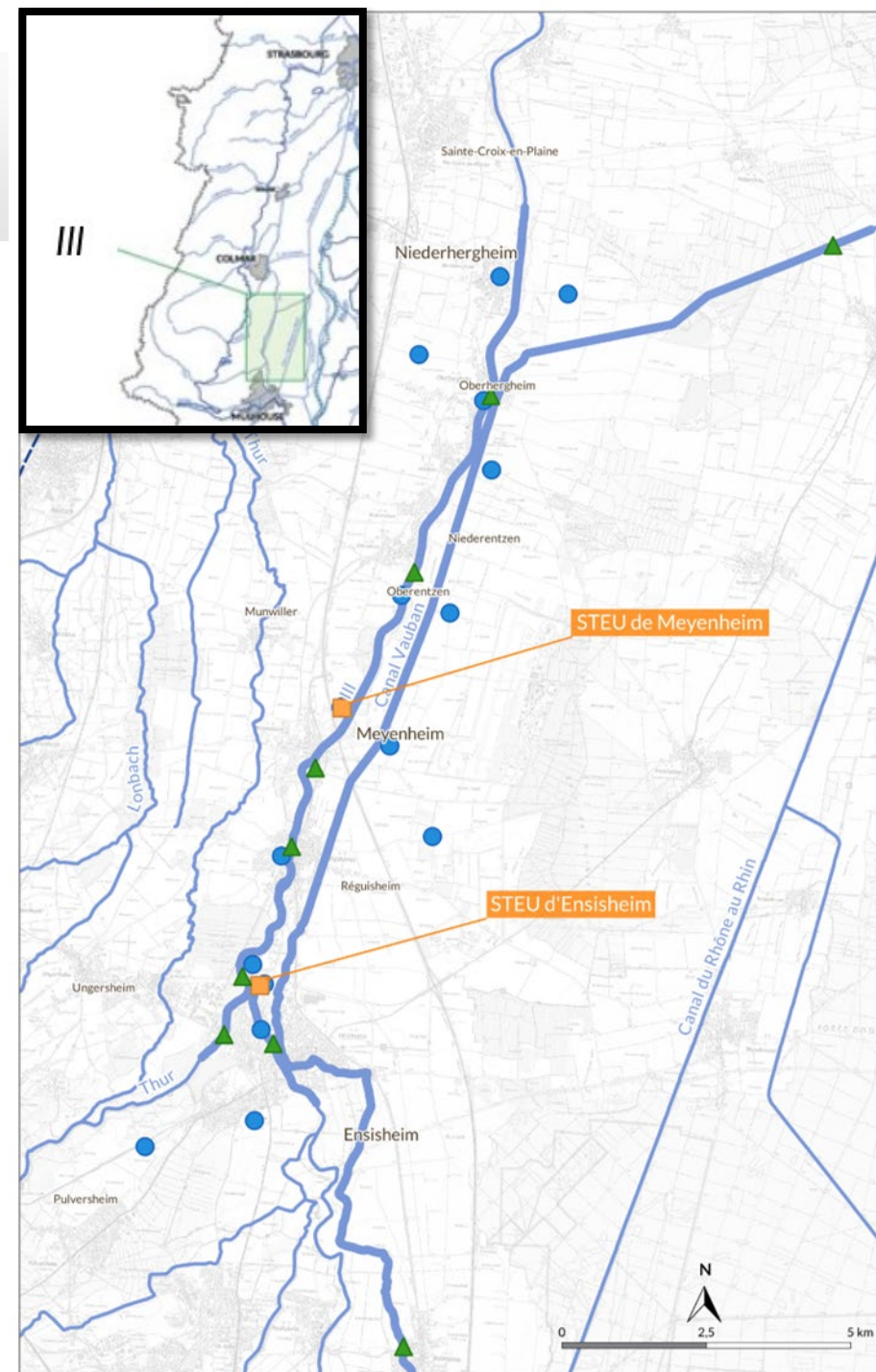
Lokalisierung:

- zwischen Ensisheim und Niederhergheim
- III, Thur und Canal Vauban
- KLA von Ensisheim (15.263 EW) und Meyenheim (4.533 EW)

Type de points de mesure / Art der Messstelle

- ESO / GW
- ▲ ESU / OW
- STEU / KLA

- Rivières / Flüsse
- Tronçons d'étude / Untersuchungsabschnitt
- Limite des alluvions dans la vallée du Rhin supérieur / Grenze der Lockersedimente im Oberrheingraben



Site pilote de l'III

Pilotgebiet III



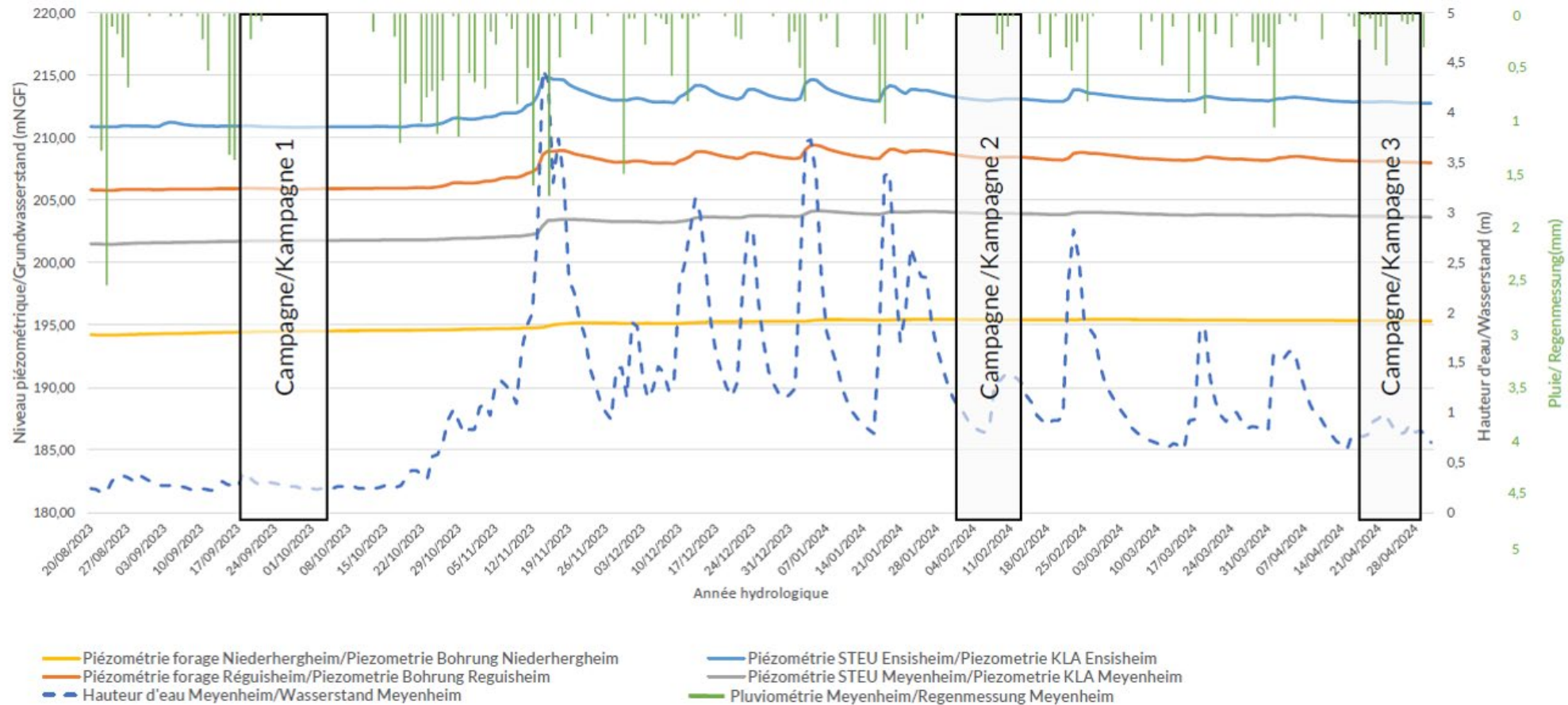
Ensisheim



Meyenheim

Conditions hydrologiques et hydrogéologiques lors des campagnes de mesure

Hydrologische und hydrogeologische Bedingungen während der Messkampagnen



Caractérisation des interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines

- Campagnes piézométriques en basses eaux et hautes eaux 2023 (APRONA)
- Jaugeages différentiels des cours d'eau en basses eaux et hautes eaux 2023 (APRONA)
- Modélisation hydrologique via un modèle EROS (BRGM)
- Indicateurs géochimiques et isotopiques (BRGM)

=> Mise en évidence de pertes de plusieurs m³/s entre Ensisheim et Meyenheim

⇒ Interactions eau de surface -> eau souterraine
Et influence de l'eau du Rhin

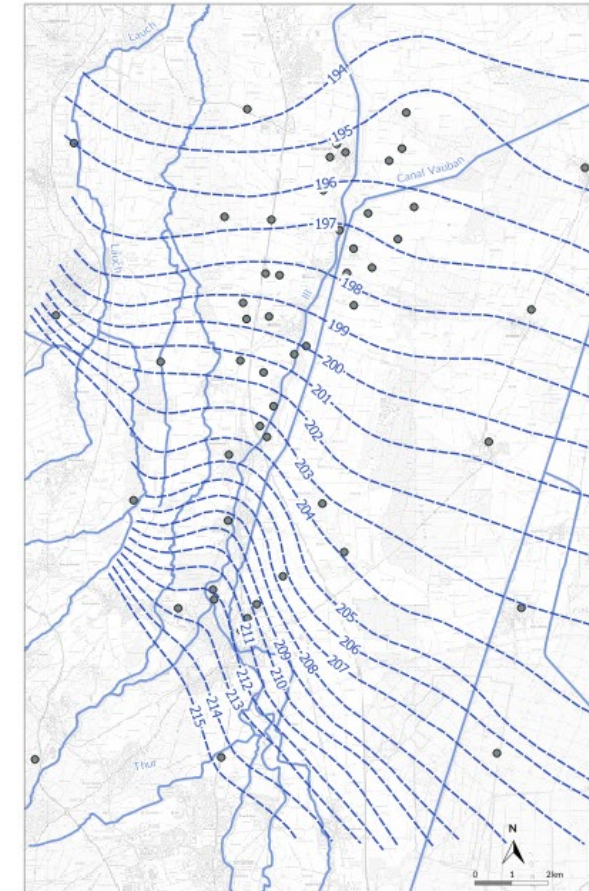
Charakterisierung der Wechselwirkungen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser

- Piezometrische Messkampagnen bei Niedrig- und Hochwasser 2023 (APRONA)
- Differenzmessungen an Fließgewässern im Niedrig- und Hochwasser 2023 (APRONA)
- Hydrologische Modellierung mittels eines EROS-Modells (BRGM)
- Geochemische und isotopische Indikatoren (BRGM)

=> Nachweis von Verlusten von mehreren m³/s zwischen Ensisheim und Meyenheim

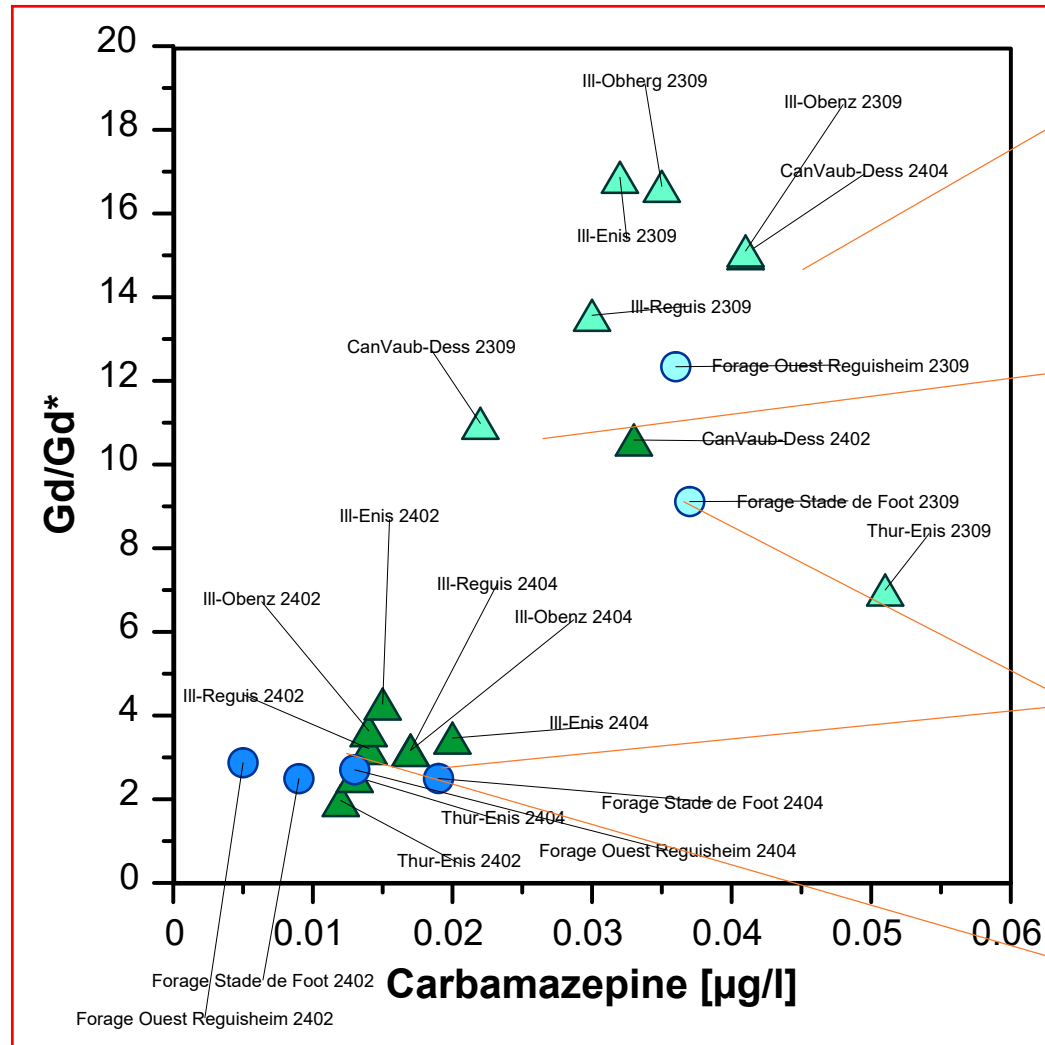
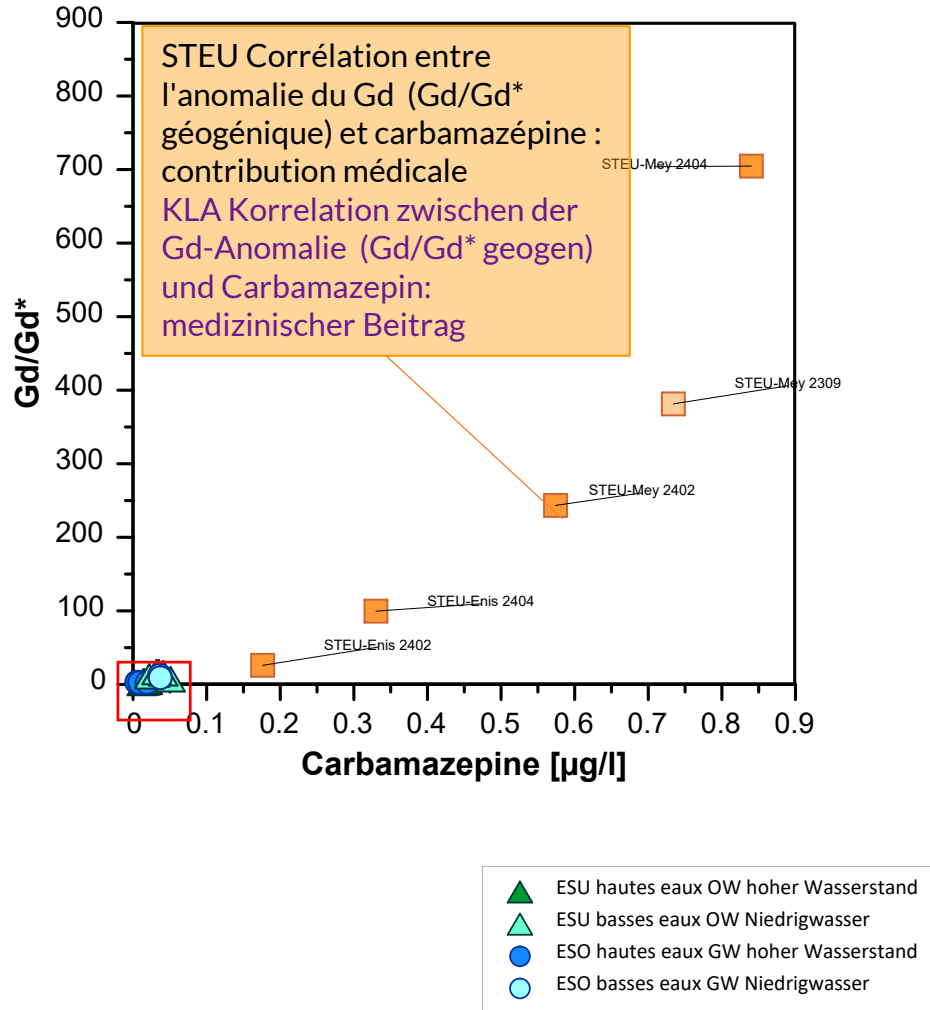
⇒ Wechselwirkungen Oberflächenwasser -> Grundwasser

Und der Einfluss des Rheinwassers



--- Isopièzes des hautes eaux/
Hochwasser-Isopiez
● Points de mesure/ Messstelle

Interactions rivières/nappe



Basses eaux : Gd anom. et Carbamazépine élevées
 Niedrigwasser: Hohe Gd-Anomalie und Carbamazepin

Canal Vauban: concentrations élevées même en hautes eaux
 Canal Vauban: hohe Konzentrationen auch bei Hochwasser

Forages ESO: réaction rapide, couplage ESU-ESO
 Bohrungen GW: schnelle Reaktion, Kopplung ESU-ESO

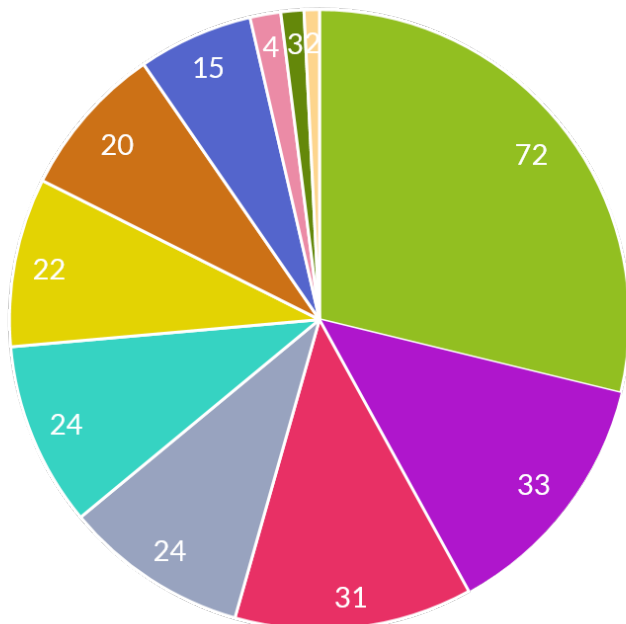
Hautes eaux : dilution
 Hohe Wasserstände: Verdünnung

Stratégie de mesure – analyses ciblées :

- Points de mesure : 16 points ESO, 9 points ESU, 2 points STEU
- Campagnes de mesure : septembre 2023 (BE), février 2024 (HE) et avril 2024 (ME)
- 250 micropolluants communs analysés sur les trois compartiments

Messstrategie – Target-Analysen:

- Messstellen: 16 GW-Mst., 9 OW-Mst., 2 KLA-Mst.
- Messkampagnen: September 2023 (NW), Februar 2024 (HW) und April 2024 (MW)
- 250 gemeinsame Spurenstoffe wurden in den drei Kompartimenten analysiert



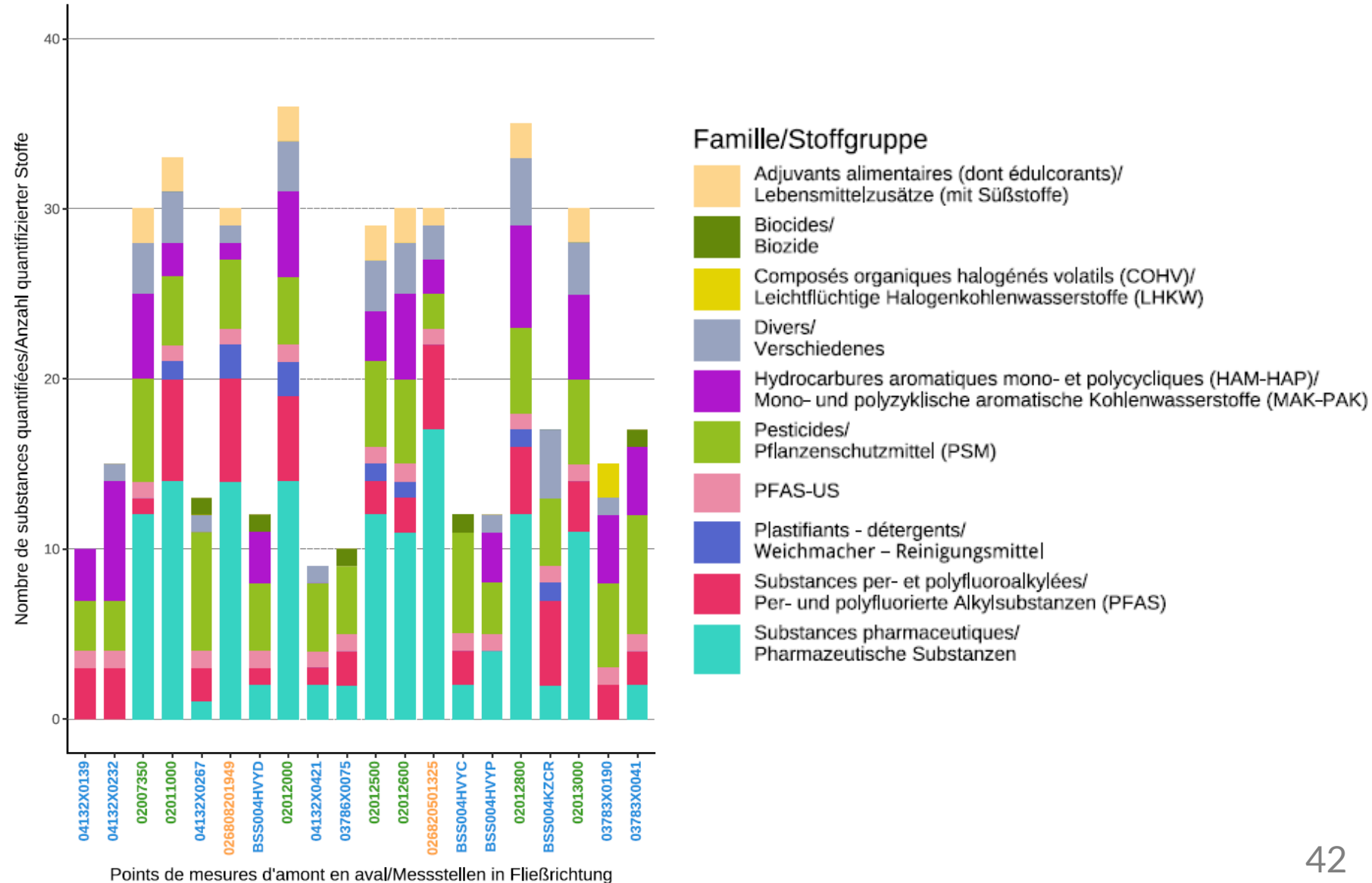
Famille/Stoffgruppe

- Adjuvants alimentaires (dont édulcorants)/ Lebensmittelzusätze (mit Süßstoffe)
- Biocides/ Biozide
- Composés organiques halogénés volatils (COHV)/ Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)
- Divers/ Verschiedenes
- Hydrocarbures aromatiques mono- et polycycliques (HAM-HAP)/ Mono- und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (MAK-PAK)

- Métaux, métalloïdes et éléments traces métalliques (ETM)/Metalle, Halbmetalle und Spurenmetalle
- Pesticides/ Pflanzenschutzmittel (PSM)
- PFAS-US
- Plastifiants - détergents/ Weichmacher - Reinigungsmittel
- Substances per- et polyfluoroalkylées/ Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)
- Substances pharmaceutiques/ Pharmazeutische Substanzen

Analyses ciblées :
 Nombre de substances
 quantifiées par famille de
 substances (février 2024)

Gezielte Analysen:
 Anzahl der
 nachgewiesenen Stoffe
 nach Stoffgruppen
 (Februar 2024)

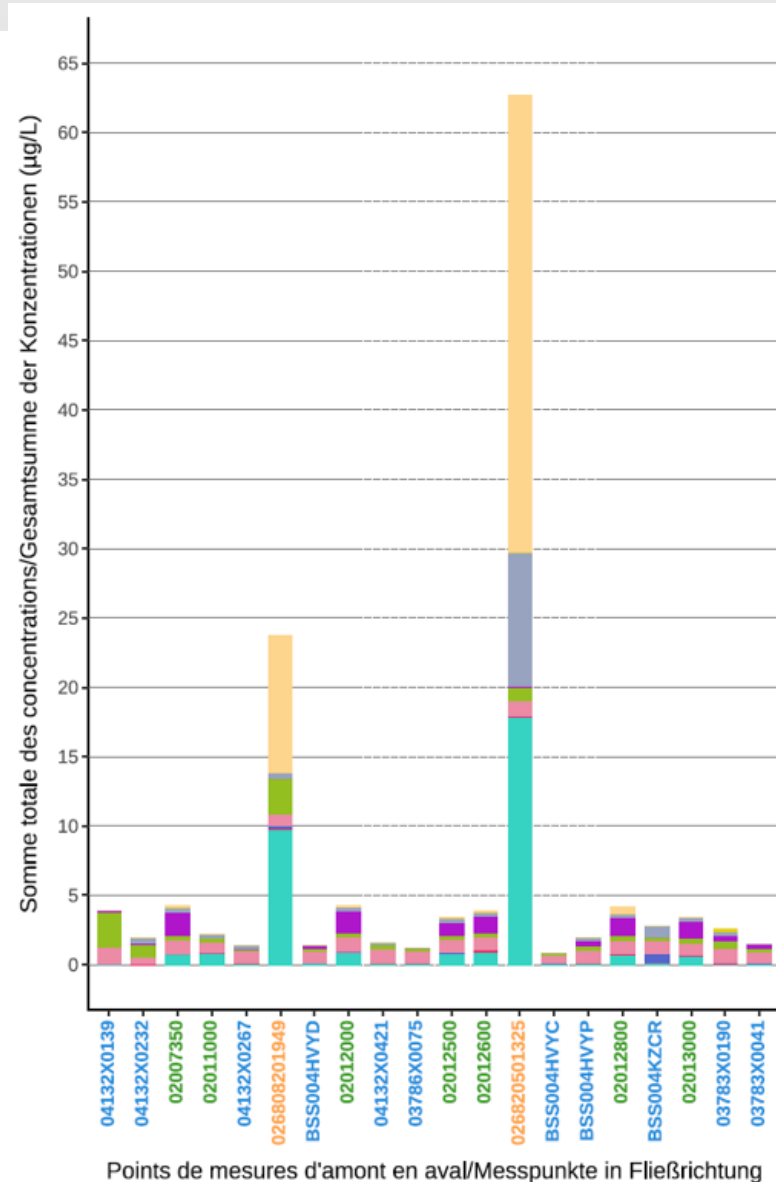


Site pilote de l'III

Pilotgebiet III

Analyses ciblées : Somme des concentrations par famille de paramètres (février 2024)

Gezielte Analysen: Summe der Konzentrationen nach Parametergruppen (Februar 2024)



Famille/Stoffgruppe

- Adjuvants alimentaires (dont édulcorants)/ Lebensmittelzusätze (mit Süßstoffe)
- Biocides/Biozide
- Composés organiques halogénés volatils (COHV)/ Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)
- Divers/Verschiedenes
- Hydrocarbures aromatiques mono- et polycycliques (HAM-HAP)/ Mono- und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (MAK-PAK)
- Pesticides/Pflanzenschutzmittel (PSM)
- PFAS-US
- Plastifiants - détergents/ Weichmacher - Reinigungsmittel
- Substances per- et polyfluoroalkylées/ Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)
- Substances pharmaceutiques/ Pharmazeutische Substanzen

Analyses ciblées : Substances à forte occurrence en sortie de STEU d'Ensisheim et de Meyenheim

Gezielte Analysen: Substanzen mit häufigen Befunden am Auslauf der KLA von Ensisheim und Meyenheim

Les familles de substances ou substances qui ont été les plus fréquemment quantifiées dans les effluents investigués sont :

- les substances pharmaceutiques :
hydrochlorothiazide, metformine, tramadol, oxazepam, iopromide, diclofénac, carbamazépine
- les adjuvants alimentaires : *caféine, cotinine*
- les pesticides (dont biocides) et métabolites : *AMPA (métabolite majeur du glyphosate), diuron, glyphosate, imidaclopride, S-métolachlore et métabolites*
- les PFAS
- le benzotriazole

Die am häufigsten in KLA-Einleitungen nachgewiesenen

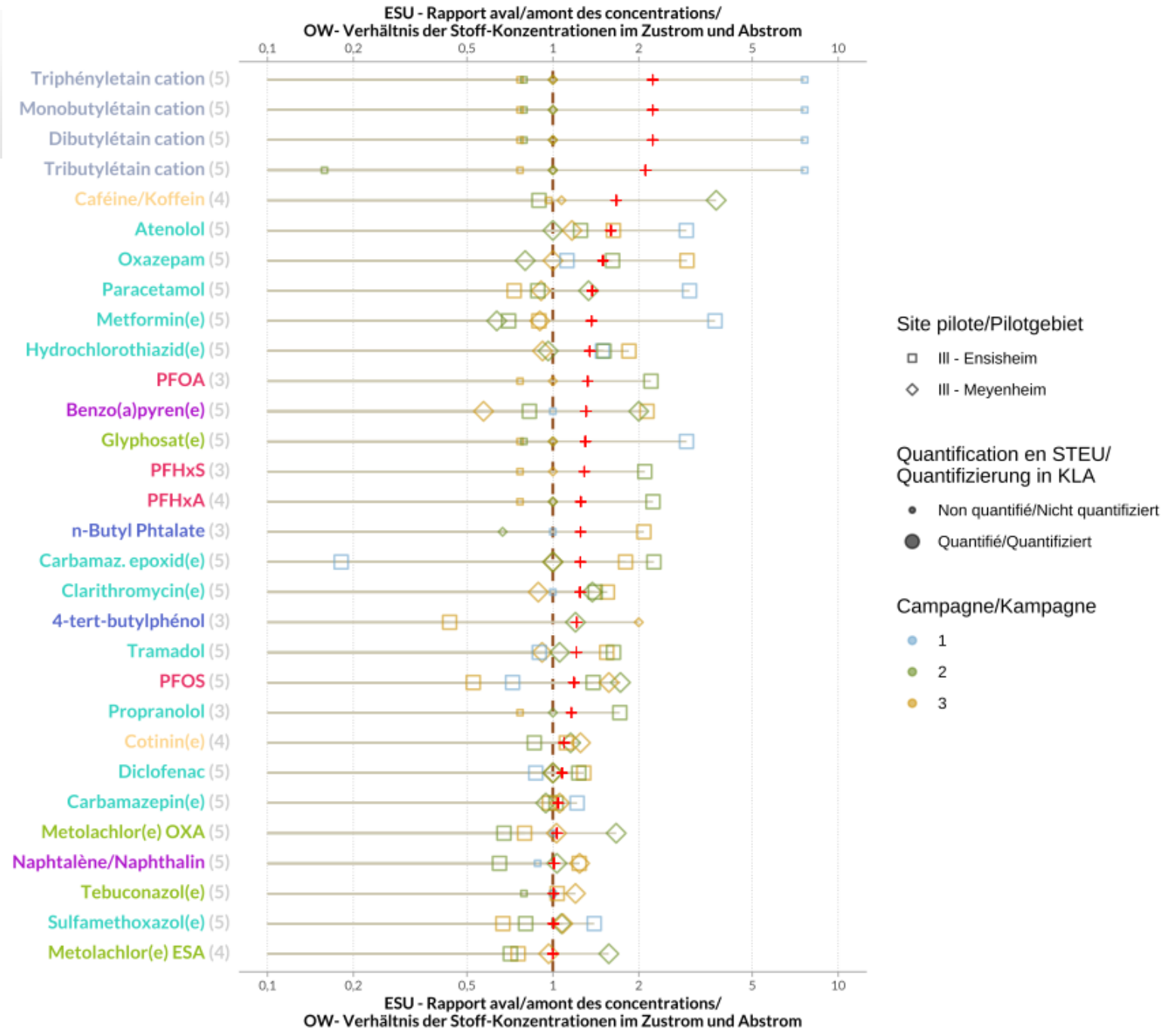
- Stoffgruppen bzw. Stoffe waren: pharmazeutische Substanzen
Hydrochlorothiazid, Metformin, Tramadol, Oxazepam, Iopromid, Diclofenac, Carbamazepin
- Lebensmittelzusatzstoffe : *Koffein und Cotinin*
- PSM (einschließlich Biozide) und Metaboliten: *AMPA, (Hauptmetabolit von Glyphosat), Diuron, Glyphosat, Imidacloprid, S-Metolachlor und Metaboliten*
- PFAS
- Benzotriazol

Site pilote de l'III

Pilotgebiet III

Analyses ciblées : Ratios amont-aval des STEU de Meyenheim et d'Ensisheim pour les eaux de surface

Gezielte Analysen: Verhältnis stromaufwärts/stromabwärts der KLA von Meyenheim und Ensisheim für Oberflächengewässer



Analyse non-ciblée (NTS) : substances identifiées en rejet de STEU

Nicht gezielte Analyse: Stoffe, die im Abwasser der STEU nachgewiesen wurden

Substances pharmaceutiques : carbamazepine et produits de transformation, benzodiazepines, ...

Pesticides : Carbendazime, Azoxystrobine R234886, Fipronil et produits de transformation

Industriel: 4-tert-octylphenol, Benzotriazole, Bisphenol S, Tolyltriazole, Benzotriazole et produits de transformation

PFAS : PFPeS, PFPrS

Produit de la vie courante : triclocarban, sucralose, acesulfame

Pharmazeutische Substanzen : Carbamazepin und seine Metaboliten, Benzodiazepine, ...

Pestizide: Carbendazim, Azoxystrobin R234886, Fipronil und deren Abbauprodukte

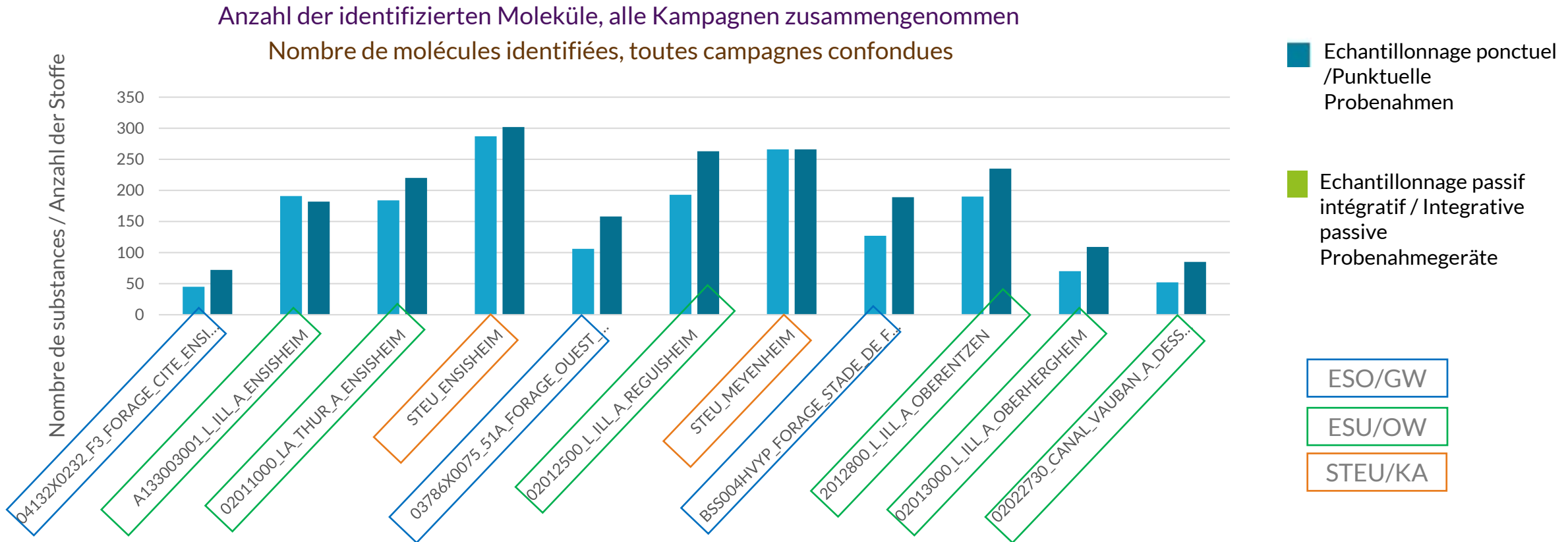
Industriell: 4-tert-Octylphenol, Benzotriazol, Bisphenol S, Tolyltriazol, Benzotriazol und Verarbeitungsprodukte

PFAS: PFPeS, PFPrS

Alltagsprodukte: Triclocarban, Sucralose, Acesulfam

Analyse non-ciblée (NTS) : molécules identifiées 3 campagnes confondues

Nicht zielgerichtete Analyse: identifizierten Moleküle, 3 Kampagnen zusammengefasst

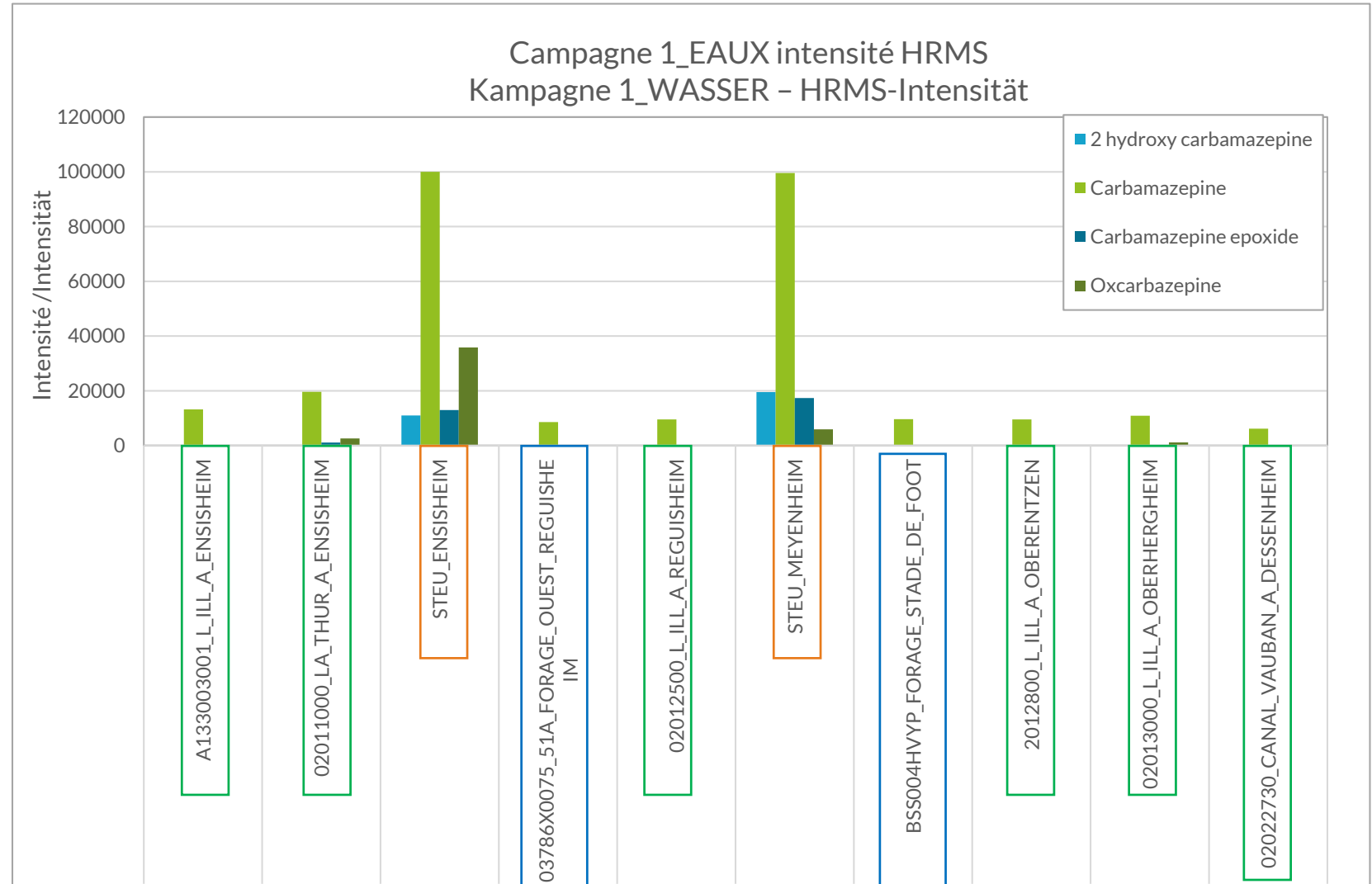


Analyse non-ciblée (NTS):

Exemple de la Carbamazepine et produits de transformation

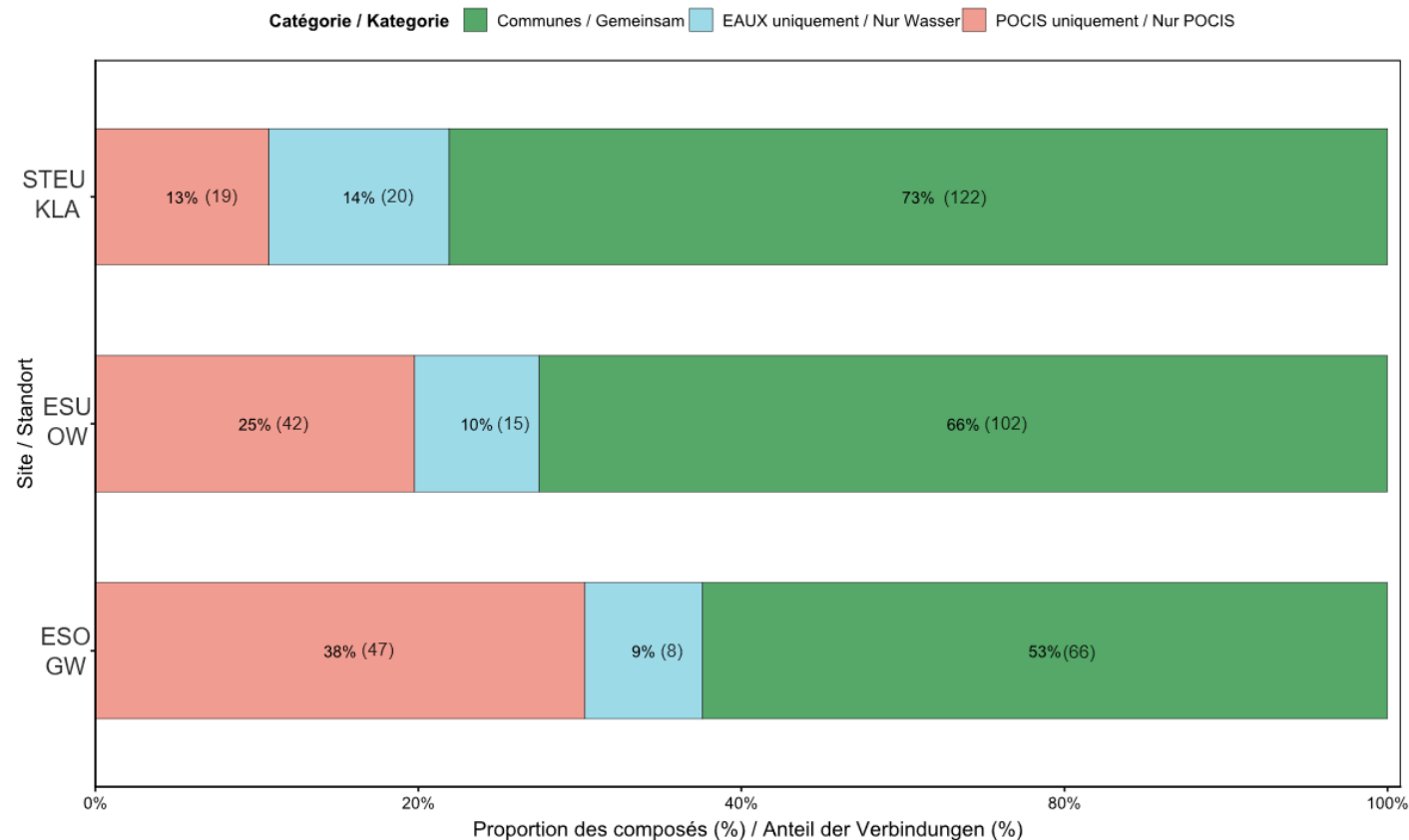
Nicht-zielgerichtete Analyse:

Beispiel Carbamazepin und seine Stoffwechselprodukte

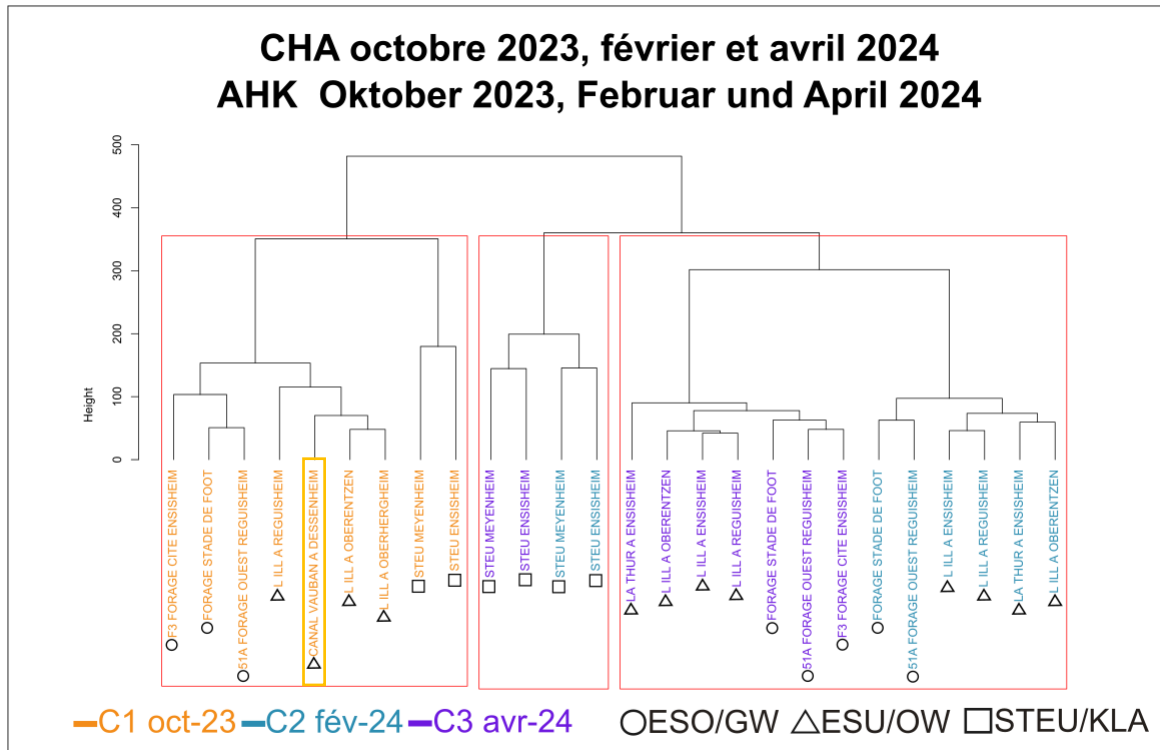


Analyse non-ciblée (NTS) : Complémentarité des échantillonnages ponctuel et intégratif passif (POCIS)

Nicht gezielte Analyse : Komplementarität von punktuellen und passiven integrativen Probenahmen



Analyse non ciblée (NTS)/ Nicht gezielte Analyse

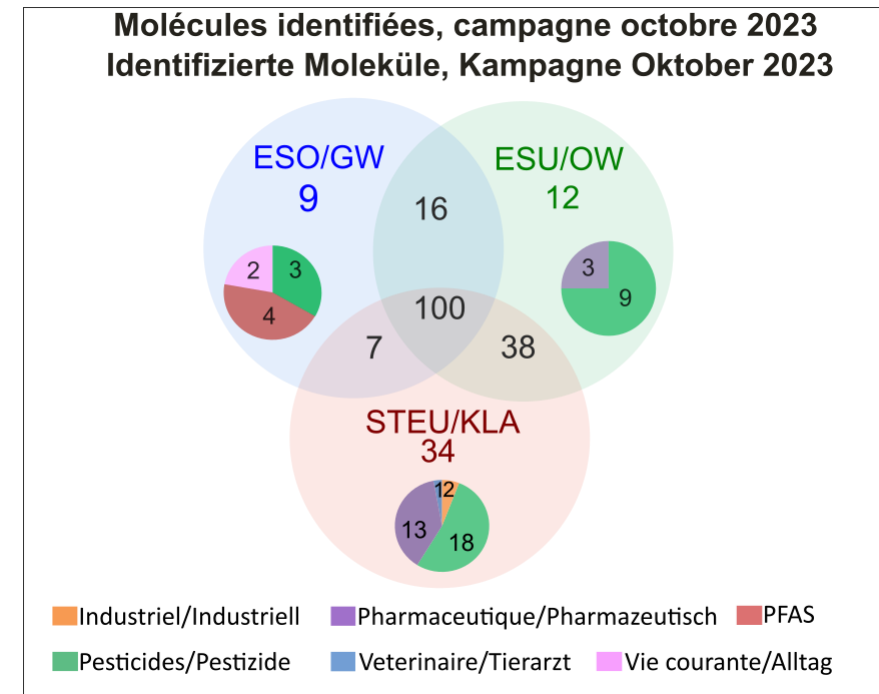


Les eaux du Rhin : une contribution majeure en période de basses eaux

Das Wasser des Rheins: ein wichtiger Beitrag bei Niedrigwasser

CHA: Classification Hiérarchique Ascendante / AHK: Aufsteigende Hierarchische Klassifizierung

Diagramme de Venn - Venn-Diagramm



Fort recouplement des composés dans STEU, ESU, ESO → influence des effluents de STEU

Starke Überschneidung der Verbindungen in KLA, OW und GW -> Einfluss der KLA-Einleitungen

Conclusions NTS

Acquisition et bancarisation de l'empreinte chimique de chaque échantillon (et des métadonnées associées)

Discrimination des empreintes chimiques de chaque compartiments (rejets de STEU, ESU et ESO)

Mise en evidence d'une variation temporelle et une variabilité saisonnière et hydrogéologique

Identification de substances en plus de l'analyse ciblée

La majorité des features reste encore non identifiée

NTS Erkenntnisse

Erfassung und Speicherung des chemischen Fingerabdrucks jeder Probe (sowie der zugehörigen Metadaten)

Unterscheidung der chemischen Fingerabdrücke der einzelnen Kompartimente (Ableitungen von KLA, OW und GW)

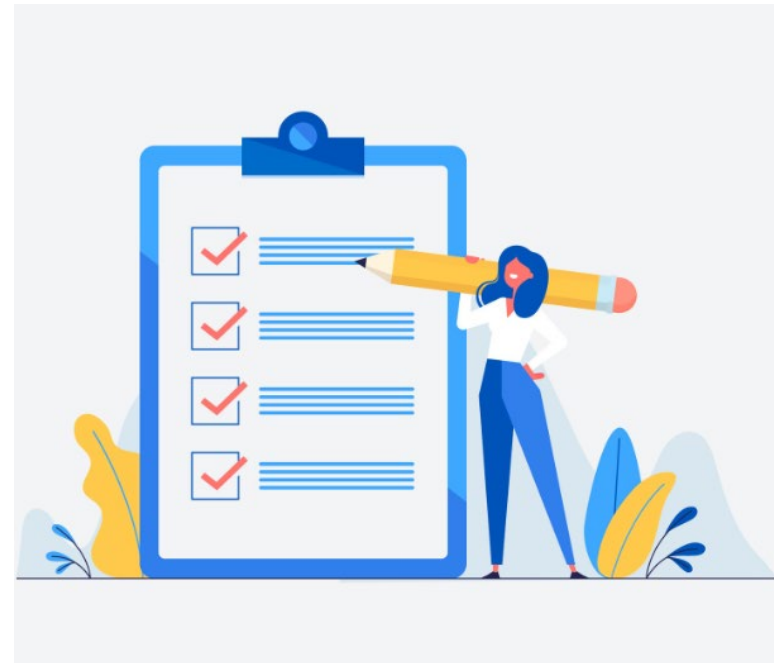
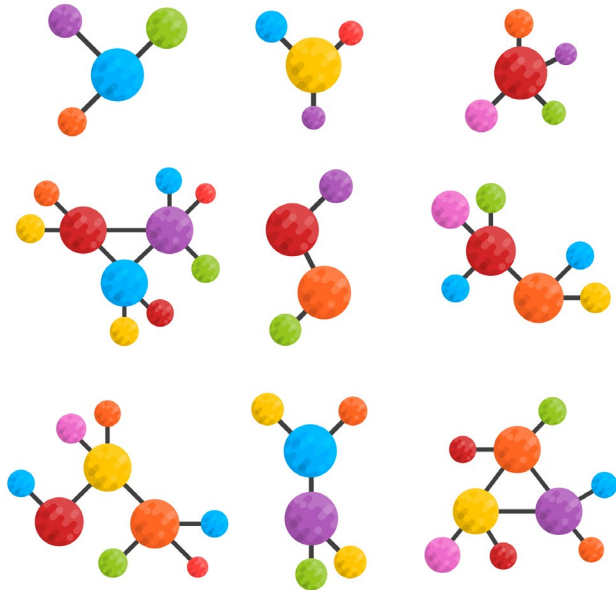
Nachweis zeitlicher Schwankungen sowie saisonaler und hydrogeologischer Variabilität

Identifizierung von Substanzen zusätzlich zur gezielten Analyse

Der Großteil der Merkmale ist noch nicht identifiziert

Conclusion générale

Allgemeines Fazit



Renate SENNER

Collaboratrice scientifique – Direction Hydrogéologie – HLNUG
Wiss. Mitarbeiterin, Dezernat Hydrogeologie - HLNUG

Conclusion générale

Allgemeines Fazit

Objectif: la recherche de l'apport de micropolluants provenant des cours d'eau vers les eaux souterraines, en tenant compte des rejets des stations d'épuration

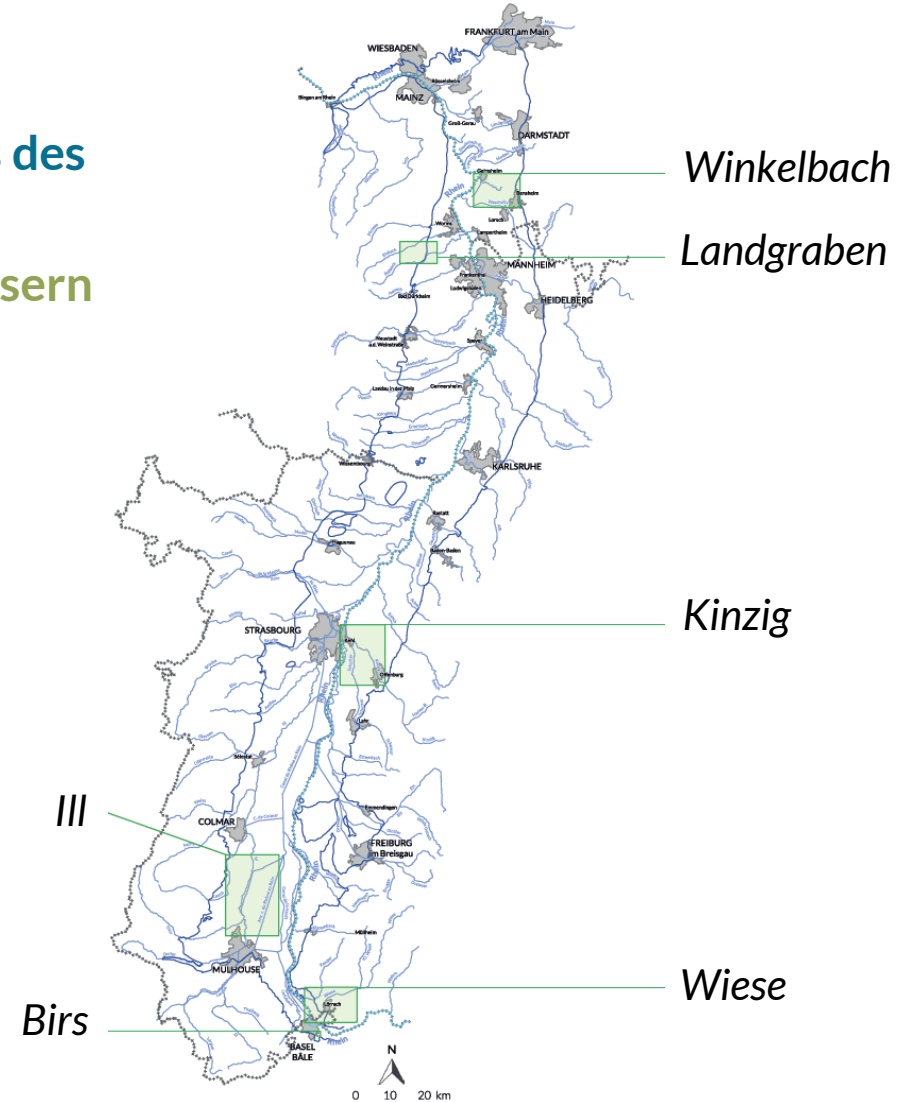
Ziel: Untersuchung des Eintrags von Spurenstoffen aus Fließgewässern in das Grundwasser unter Berücksichtigung von Kläranlageneinleitungen

Sites pilotes

Pour des raisons financières, de temps ou opérationnelles, le projet s'est limité à six sites pilotes situés sur des affluents du Rhin

Pilotgebiete

Aus finanziellen, zeitlichen oder auch operativen Gründen wurde sich auf sechs Pilotgebiete an Nebenflüssen des Rheins beschränkt



Conclusion générale

Allgemeines Fazit

	Birs (BL)	Wiese (BS-BW)	III (AL)		Kinzig (BW)	Landgraben (RP)	Winkelbach (HE)
	Ponctuel Punktuell	Ponctuel Punktuell	Ponctuel Punktuell	POCIS	Ponctuel Punktuell	Ponctuel Punktuell	Ponctuel Punktuell
ESO GW	10	6	16	3	5	1	3
ESU OW	1	6	9	6	6	2	2
STEU KLA	0	1	2	2	1	1	1
Campagne 1 Kampagne 1	Petite crue Kleines Hochwasser	Étiage Niedrigwasser	Basses eaux Niedrigwasser		Fonctionnement normal Normalbetrieb	Fonctionnement normal Normalbetrieb	Fonctionnement normal Normalbetrieb
Campagne 2 Kampagne 2		Crue Hochwasser	Hautes eaux Hochwasser		Fortes pluies Starkregen	Fonctionnement normal Normalbetrieb	Fonctionnement normal Normalbetrieb
Campagne 3 Kampagne 3			Moyennes eaux Mittleres Wasser				

Influence des rejets de STEU sur la qualité des cours d'eau et des eaux souterraines adjacentes

- *La diversité et la concentration des micropolluants considérés comme spécifiques des eaux usées ont à augmenter à l'aval*
 - ⇒ *Les rejets des STEU constituent une source potentielle d'apport de micropolluants dans les eaux souterraines*
- *Les micropolluants particulièrement visibles sont:*
 - ⇒ **Substances pharmaceutiques**
(Carbamazépine, Sulfaméthoxazole, Tramadol etc.)
 - ⇒ **Adjuvants alimentaires**
(Acésulfame, Saccharine, Caféine etc.)
- *Dans une moindre mesure également:*
 - ⇒ **Triazole et PFAS**
(à usage domestique)
- *Les STEU ne sont pas la seule source de contamination*
 - ⇒ **PFAS et les pesticides**

Einfluss der Kläranlageneinleitungen auf die Qualität der aufnehmenden Einleitegewässer und des Grundwassers

- *Die Vielfalt und Konzentration der als abwasserspezifisch geltenden Spurenstoffe nimmt stromabwärts zu*
 - ⇒ *Kläranlageneinleitungen sind eine potenzielle Quelle für den Eintrag von Spurenstoffen in das Grundwasser*
- *Besonders auffällige Spurenstoffe sind:*
 - ⇒ **Pharmazeutische Substanzen**
(Carbamazepin, Sulfamethoxazol, Tramadol u.a.)
 - ⇒ **Lebensmittelzusatzstoffe**
(Acesulfam, Saccharin, Koffein u.a.)
- *In geringerem Maße auch:*
 - ⇒ **Triazole und PFAS**
(aus häuslichem Gebrauch)
- *Kläranlagen sind nicht die einzigen Kontaminationsquellen*
 - ⇒ **PFAS und Pflanzenschutzmittel**

Différents facteurs modulent la contamination des eaux souterraines

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Grundwasserverschmutzung

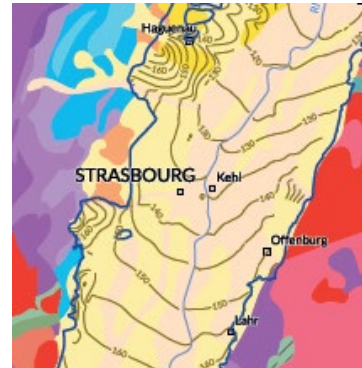


- **Facteurs hydrologiques:**
Étiages, crues
- **Hydrologische Faktoren:**
Niedrigwasser, Hochwasser



Vue aérienne de la STEU:/Luftaufnahme der KLA: Offenburg-Griesheim

- **Facteurs opérationnels liés aux STEU**
- **Betriebliche Faktoren der Kläranlage**



Extrait de la carte hydrogéologique / Ausschnitt der hydrogeologischen Karte



- **Facteurs hydrogéologiques:**
Degré d'interconnexion rivière/nappe
- **Hydrogeologische Faktoren:**
Grad der Verbindung zwischen Fließgewässer und Grundwasser
- **Facteurs physico-chimiques et biologiques:**
Liée aux propriétés des substances et conditions du milieu
- **Physikalisch-chemische und biologische Faktoren:**
Stoffeigenschaften und Umweltbedingungen

Apports des outils analytiques innovants

- *Jusqu'à présent, analyse des concentrations des substances prédéfinies (mesure de la concentration)*
 - ⇒ Robuste et accessible
 - ⇒ On ne trouve que ce qu'on cherche
 - ⇒ Les autres contaminants ne sont pas détectés
- *Premier analyse non ciblée transfrontalier (Mesure de l'intensité):*
 - ⇒ Tous les signaux chimiques (features) sont enregistrés
 - ⇒ Identifiés de molécules identifiées comme des composés distincts grâce à une comparaison avec des bases de données
 - ⇒ *L'empreinte chimique d'un échantillon devient visible*
 - ⇒ *Selon le site pilote, entre 61 et 194 substances ont été clairement identifiées*
 - ⇒ *Résultats ré-interrogeable à postériori*

Beitrag innovativer Analysewerkzeuge

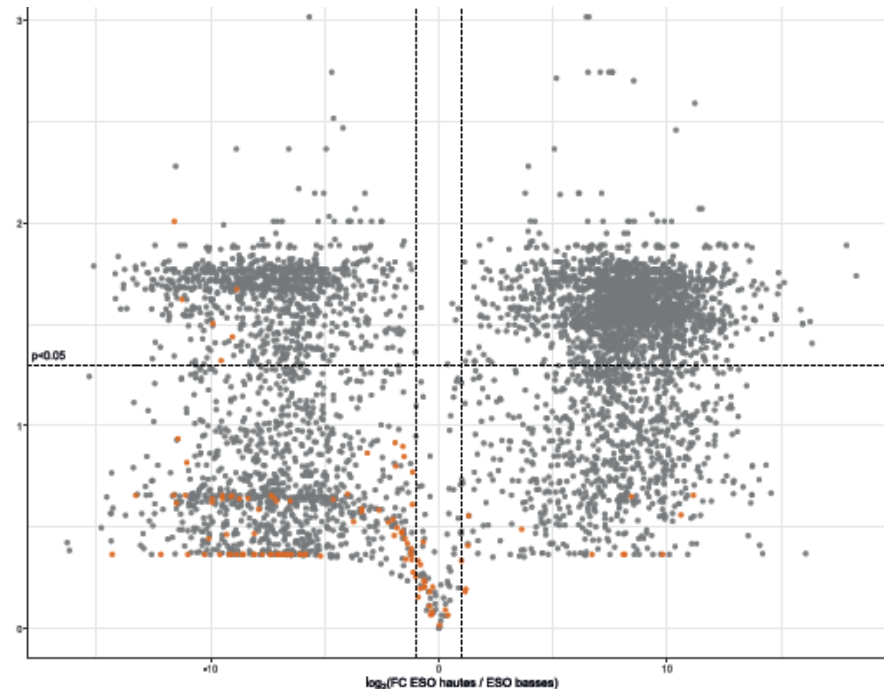
- *Bislang Analyse von vorab festgelegten Stoffen (Konzentrationsmessung)*
 - ⇒ Zuverlässig und leicht umsetzbar
 - ⇒ Gefunden wird nur das, wonach auch gesucht wird
 - ⇒ Andere Schadstoffe bleiben unentdeckt
- *Hier erstmals grenzüberschreitendes Non-Target-Screening (Intensitätsmessung):*
 - ⇒ Alle chemischen Signale (Features) werden erfasst
 - ⇒ Durch Datenbankabgleich als eindeutige Verbindungen identifiziert
 - ⇒ *Der chemische Fingerabdruck einer Probe wird sichtbar*
 - ⇒ *Je nach Pilotgebiet wurden zwischen 61 und 194 Stoffen eindeutig identifiziert*
 - ⇒ *Ergebnisse können nachträglich erneut abgefragt werden*

Résumé à l'échelle de chaque site pilote des nombres de features recherchés et de substances identifiées Überblick über die untersuchten Features und identifizierten Stoffe für jedes Pilotgebiet

	Birs (BL)	Ill (AL)		Kinzig (BW)	Landgraben (RP)	Winkelbach (HE)
		Ponctuel Punktuell	POCIS			
Nombre de substances recherchées (base de données) Anzahl der untersuchten Stoffe (Datenbank)	388	574		~20.000	3.870 avec spectres HRMS/MS 13 800 avec spectres MS/MS 3.870 mit HRMS/MS-Spektren 13.800 mit MS/MS-Spektren	~1.200
Nombre de substances identifiées Anzahl der identifizierten Stoffe	61	162	175	108	194	162
Nombre de substances identifiées en plus de l'analyse ciblée Anzahl der zusätzlich zur gezielten Analyse identifizierten Stoffe		51	60	94		

Résumé à l'échelle de chaque site pilote des nombres de features recherchés et de substances identifiées Überblick über die untersuchten Features und identifizierten Stoffe für jedes Pilotgebiet

Basses eaux
Niedrigwasser



Hautes eaux
Hochwasser

Données de l'III (BRGM) / Daten der III (BRGM)

Signaux obtenus par NTS pour le site pilote alsacien III : en orange, les signaux dont la molécule a été identifiée par comparaison avec une base de données, en gris les signaux non identifiés.

Mit NTS erfasste Signale für das elsässische Pilotgebiet III: in Orange die Signale, deren Molekül durch einen Datenbankabgleich identifiziert wurde, in Grau die nicht identifizierten Signale.

Conclusion et perspectives / Fazit und Ausblick

- *Plus de 30 ans d'étude de la qualité des eaux souterraines du Rhin supérieur*
- *Plus de substances grâce à l'utilisation, pour la première fois, d'outils innovants à l'échelle transfrontalière*
- *La pollution anthropique par les micropolluants reste importante et préoccupante dans la nappe du Rhin*
- *Les rejets des STEU constituent une voie d'apport majeure de micropolluants dans les ESU et ESO*
- ⇒ **Renforcer la surveillance des substances préoccupantes et pérenniser la surveillance des NTS**
- ⇒ **Ne pas oublier les aquifères profonds**
- *Über 30 Jahre Bestandsaufnahme der Qualität des Grundwassers im Oberrheingraben*
- *Umfassenderes Stoffspektrum durch erstmalig grenzüberschreitend eingesetzte innovative Instrumente*
- *Weiterhin signifikante und relevante anthropogene Spurenstoffbelastung des Grundwassers*
- *Kläranelagen einleitungen als maßgeblicher Eintragspfad für Spurenstoffe in Fließgewässer und Grundwasser*
- ⇒ **Überwachung besorgniserregender Stoffe verstärken und NTS-Monitoring verstetigen**
- ⇒ **Tiefliegende Grundwasserleiter nicht vergessen**