

Accord Cadre ZABR- Agence de l'Eau

Projet labellisé ZABR par le conseil de direction du 7 juin 2016

Titre du projet : Origine et devenir des contaminants PHARMAceutiques dans les Bassins Versants agricoles. Le cas de la Claduègne (Ardèche). PHARMA-BV

Personnes responsables : Jean Martins
(*scientifique d'une équipe membre de la ZABR*)

Equipes de recherche « ZABR » concernées : liste des compétences utiles au projet (contact en cours)
(*équipe membre ou associée de la ZABR*)

IGE (LTHE-LGGE fusionné) : Guillaume Nord, Céline Duwig, Cédric Legout, Marie-Christine Morel, Lorenzo Spadini, Julien Némery.

IRSTEA Lyon : Marina Coquery, Christelle Margoum et Cécile Miège

Autres partenaires :

CERMOSEM, IGA, Université Grenoble Alpes : Pascal Mao, Nicolas Robinet (sous-traitant)
Syndicat Mixte Ardèche Claire, 4 Allée du Château - 07200 VOGÛE (Sous-traitant et utilisateur de données)
Elodie MONACI, Chargée de mission études et travaux
Simon LALAUZE, Chargé de mission SAGE Ardèche

Thème de rattachement ZABR :

Flux de polluant, écotoxicologie et écosystèmes

Thème de rattachement Agence de l'Eau :

Q22 : Quels impacts des substances sur l'écosystème et l'état écologique du Rhône ? (Contact avec Lionel NAVARRO, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – Siège)
Q24 : Quels apports du fleuve à la mer et quelles tendances ?

Site ou Observatoire de rattachement ZABR:

Site rivières Cévenoles

Finalités et attendus opérationnels (1/2p):

La présence généralisée des produits pharmaceutiques, et en particulier des antibiotiques, dans les milieux naturels est aujourd'hui avérée, notamment en lien avec l'accroissement des sources diffuses mais aussi ponctuelles de ces produits et à l'amélioration des performances analytiques. La compréhension des processus contrôlant le devenir des antibiotiques dans les sols et eaux de surface est aujourd'hui largement insuffisante en raison de la complexité et du manque de connaissances sur les mécanismes potentiellement impliqués tels que la sorption, le transfert colloïdal, la complexation avec d'autres polluants, notamment inorganiques, ou la matière organique (Morel et al. 2014), la bio- ou photodégradation (Gondim 2014, Archundia et al. 2016), ou encore le rôle des chemins de l'eau et des matières en suspension (MES) et les temps de résidence dans le bassin versant. Une meilleure connaissance combinée de la nature des principaux antibiotiques rencontrés dans les bassins versants ainsi que de leurs sources et du rôle de ces différents facteurs dans leur devenir permettra de mieux comprendre leur dissémination à grande échelle et, à terme, de

contribuer à limiter l'émission de ces produits pharmaceutiques vers les milieux naturels et/ou de proposer des stratégies de mitigation adaptées. Le site « Rivières Cévenoles » est envisagé pour cette étude, et en particulier le bassin versant de la Claduègne (sous bassin de l'Auzon) situé dans le Bas-Vivarais en Ardèche qui présente une spécificité régionale forte (Figures 1 et 2) avec la mixité de zones agricoles (prairies, élevages et vignes) et également de zones de sols dégradés sur marnes (apports sédimentaires importants). Cette spécificité laisse présager de potentielles contaminations aux antibiotiques, du fait de la présence (Figures 3 et 4) de zones de pâturage (>5500 unités de gros bétail), de zones potentielles d'épandage de boues d'épuration ou encore de stations d'épuration, de zones d'habitation ou touristiques (2 grands campings) et d'un hôpital (Tableau 1), tous connus pour être des sources potentielles de produits pharmaceutiques (Projet RILACT, Sipibel ; Orias et al. 2014 ; Perrodin et al. 2016 ; Archundia D. Thèse Univ. Grenoble Alpes, 2016, Rapport ANSES, 2015). Ce bassin versant est par ailleurs instrumenté pour un [suivi à haute fréquence spatiale et temporelle des précipitations et des flux hydro sédimentaires depuis 2010](#) (Nord, 2016 ; Nord et al., soumis) dans un contexte de cours d'eau intermittents soumis à des événements hydrologiques intenses et très variables spatialement (site pilote OHMCV, membre du SOERE Réseau des Bassins Versants). Ce contexte hydrométéorologique donne une importance particulière aux premières crues de l'année (période automnale) pour la mobilisation des sédiments et des polluants associés lors de la remise en eau des rivières.

Tableau 1 : Sources potentielles de produits pharmaceutiques dans le bassin versant

Hôpital Claude Dejeau	344 lits
Elevage	5500 UGB
STEP Villeneuve de Berg	2600 Eqhab
Deux campings	>1000 hab (été)

Objectifs et méthodologie (1p) :

Nous proposons dans ce projet de développer une approche préliminaire et exploratoire pour évaluer l'état de contamination aux antibiotiques du BV de la Claduègne.

L'approche sera développée selon deux axes de recherche visant à : 1/ identifier la nature des principaux contaminants pharmaceutiques de la famille des antibiotiques dans les eaux du bassin versant (ciblage de quelques molécules, parmi une liste plus complète de molécules pharmaceutiques analysables à IRSTEA, identifiées sur la base d'enquêtes de terrain) et évaluer les niveaux de contamination du BV par ces produits pharmaceutiques et 2/ évaluer les transferts réactifs de ces polluants émergents (focalisation sur une ou deux molécules modèles les plus problématiques (selon point 1 ci-avant) dans les sols et les eaux de surface de ce petit bassin versant.

Nous évaluerons aussi en laboratoire le comportement d'antibiotiques modèles (1 à 2 molécules identifiées précédemment) en présence de contaminations inorganiques telles que les éléments traces métalliques, puisque certaines cations bivalents, tel que le Cu^{2+} , sont connus pour modifier la réactivité des antibiotiques (Morel et al. 2014). C'est le cas par exemple en contexte viticole, en lien avec des apports importants de cuivre sur les vignes (Rabiet et al. 2015). Ces différentes interactions et co-migrations éventuelles seront quantifiées par des analyses effectuées sur des échantillons d'eaux (à prélever) et de sols (déjà prélevés et dont l'analyse a révélé des teneurs élevées en chrome, cuivre ou cadmium dans plusieurs zones pédologiques) prélevés dans les différentes zones du BV étudié ainsi qu'au travers de modélisations couplées hydro-biogéochimiques.

La démarche envisagée est principalement une démarche de terrain (transposable à d'autres BV) visant à identifier les principales sources de polluants émergents de type antibiotiques à l'échelle d'un bassin versant présentant des types d'occupations des sols et des niveaux d'anthropisation variables. Pour cela deux approches complémentaires seront

menées : 1/ des campagnes d'information et enquêtes auprès des agriculteurs, éleveurs ou vétérinaires et pouvoirs publics pour identifier et quantifier les principaux produits pharmaceutiques utilisés dans le BV, et 2/ des campagnes d'échantillonnage des sols, matières en suspension et des eaux de surface aux points stratégiques du BV et à des périodes spécifiques correspondant au risque maximum attendu pour les différents types d'émissions (identifiées sur la base du point 1) et en lien avec le cycle hydrologique (périodes d'orages de fin d'été notamment).

En complément des mesures hydrométriques menées très régulièrement dans le BV de la Claduègne, et nécessaires pour contraindre la modélisation hydrologique, des analyses de la fraction dissoute seront réalisées sur des échantillons d'eau collectés lors de crues, pour évaluer les origines et chemins de l'eau. Des échantillonnages de matières en suspension (MES) seront effectués afin d'évaluer les niveaux de concentration de certains antibiotiques et d'identifier sous quelle forme ces micropolluants sont transportés (dissoute ou particulaire). L'échantillonnage des eaux de surface sera mené en aval des zones d'émission suspectées ainsi qu'à l'exutoire du BV, afin d'évaluer les flux de ces contaminants sur l'ensemble du BV tout en identifiant les sources et facteurs de dilution.

Les données hydrologiques et chimiques seront couplées à des estimations de persistance et de transfert réactif des antibiotiques. Une première approche simplifiée de modélisation de ces données sera menée en utilisant un modèle comme Greater, permettant de représenter l'état de contamination du réseau hydrographique par des antibiotiques, en relation avec sa spécificité pédo-hydrologique et son occupation des sols (environ un mois de travail).

Description du site d'étude.

Le site Rivières Cévenoles est envisagé pour cette étude, en particulier le bassin versant de la Claduègne situé dans le Bas-Vivarais en Ardèche qui présente des zones agricoles (prairies, élevages et vignes) et également des zones de sols dégradés sur marnes (apports sédimentaires importantes) et un climat dominé par l'influence méditerranéenne. La partie septentrionale du bassin versant se caractérise par le plateau du Coiron situé entre 600 et 1000 m d'altitude et constitué de roches basaltiques délimité par un contour de falaise. Les deux tiers méridionaux du bassin sont composés de roches sédimentaires marno-calcaires et situés dans une gamme d'altitude comprise entre 200 et 500 m. Les types de sols sont fortement influencés par la géologie du bassin versant. Les principaux types d'utilisation des terres sont des pâturages, des vignes et des forêts de feuillus le long des vallées incisées. L'élevage est également bien présent sur ces bassins : élevage bovin extensif sur les prairies du plateau du Coiron, élevages porcin, caprin et avicole sur les coteaux marno-calcaires. Le bassin versant de la Claduègne fait partie de trois bassins emboîtés : le Gazel (3.4 km²), la Claduègne (43 km²) et l'Auzon (116 km²), lesquels sont instrumentés depuis 2011 pour un suivi à haute fréquence spatiale et temporelle des précipitations et des flux hydro sédimentaires dans un contexte de cours d'eau intermittents soumis à des événements hydrologiques intenses et très variables notamment à l'automne et au printemps (site pilote OHMCV, membre du SOERE Réseau des Bassins Versants). Ce contexte hydrométéorologique donne une importance particulière aux premières crues de l'année (période automnale) pour la mobilisation des matières en suspension (MES) et des polluants lors de la remise en eau des rivières. Les données sont accessibles publiquement via la base de données Hymex (<https://doi.org/10.6096/MISTRALS-HyMeX.1438>) et via le site de l'OHMCV (<http://www.ohmcv.fr/>).

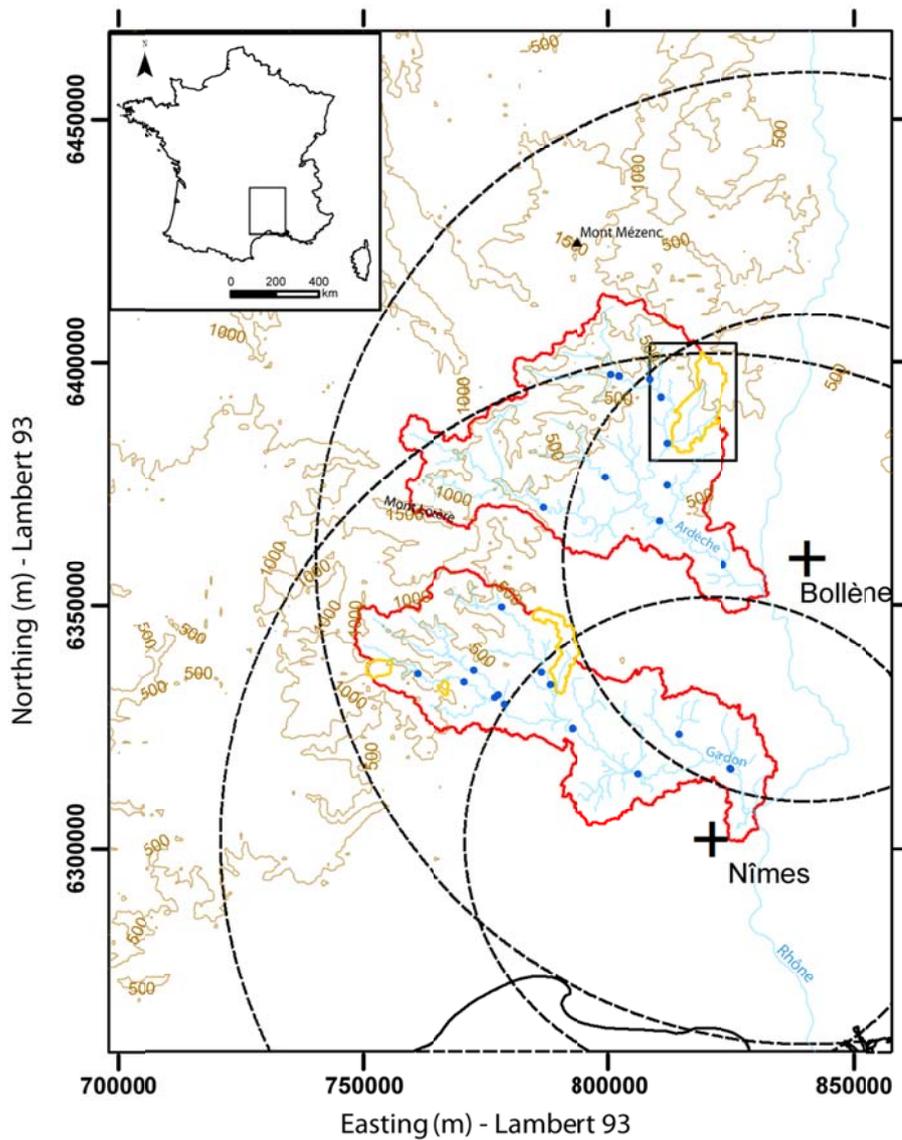


Figure 1 : Localisation du site d'étude de la Claduègne situé dans le BV de l'Auzon, qui fait partie des sites pilotes de l'OHMCV (Projet FloodScale, Braud et al., 2014). Les BV du Gardon (2062 km²) dans le sud et de l'Ardèche (2388 km²) dans le nord sont délimités en rouge et les stations hydrométriques opérationnelles sont présentées sous forme de points bleus tout au long des rivières principales. Le sous bassin de l'Auzon (incluant la Claduègne) est visualisé par un rectangle noir, détaillé dans la Figure 2.

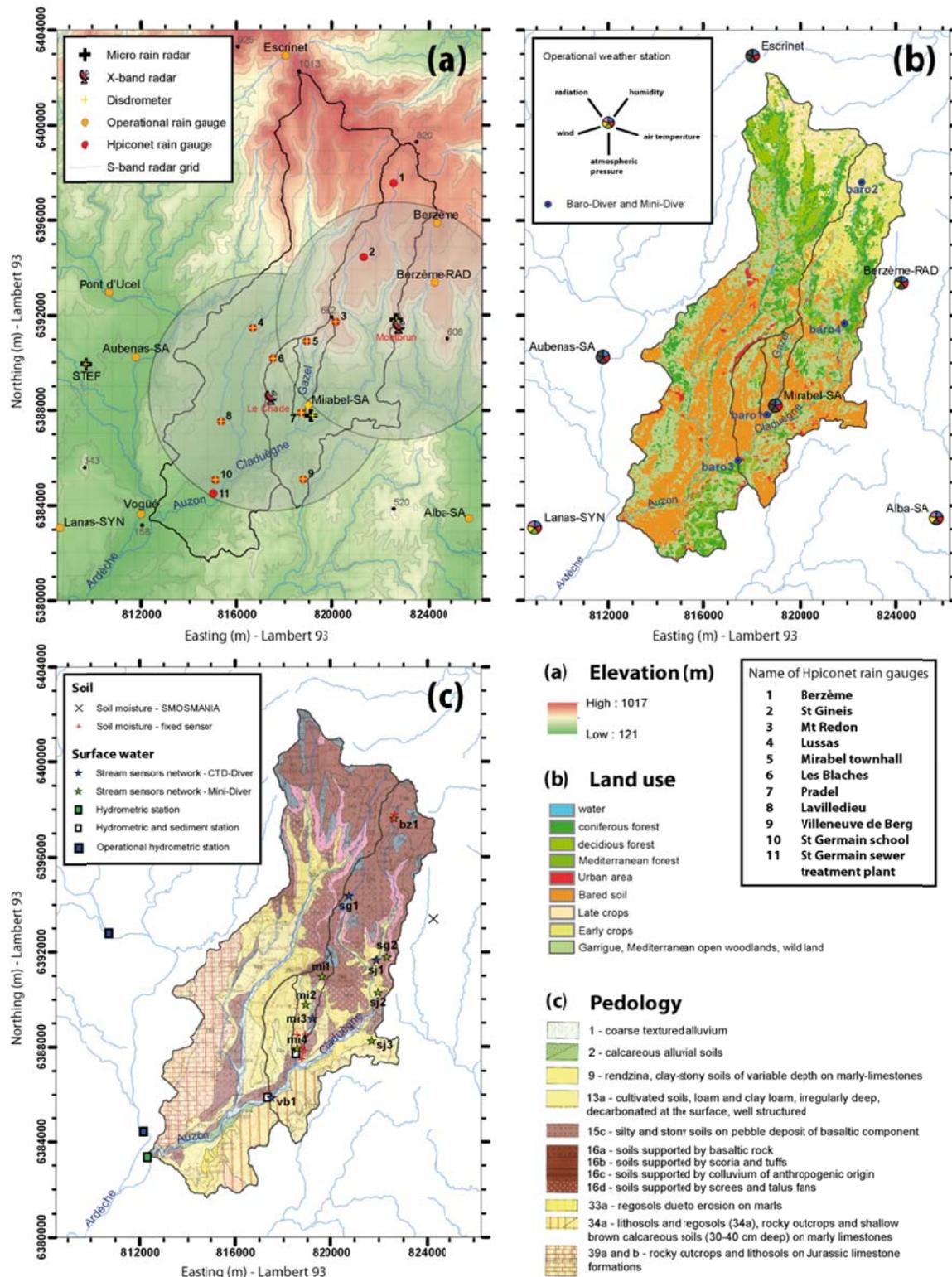
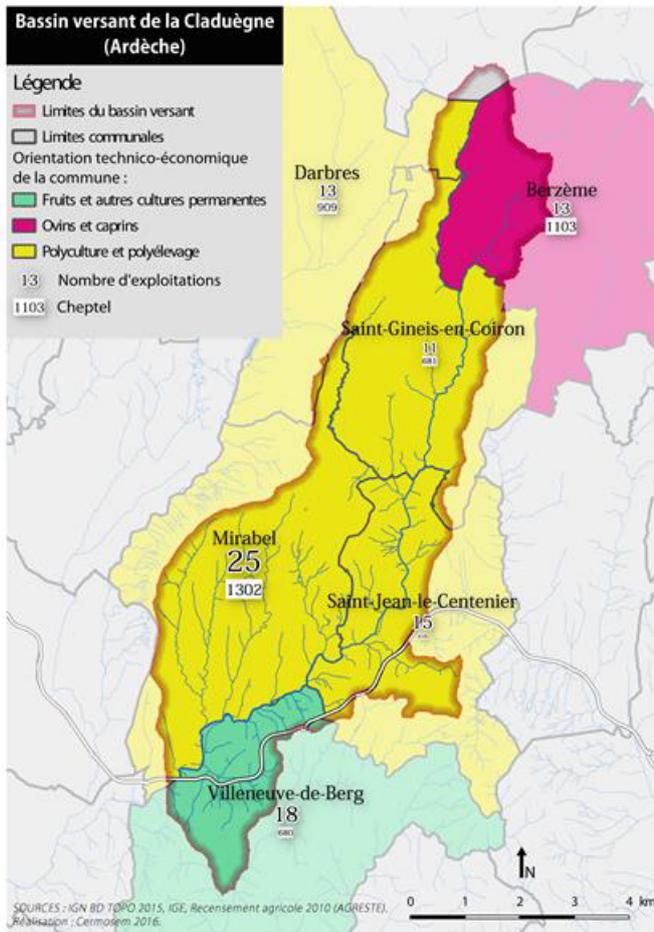


Figure 2. Localisation du bassin versant de l'Auzon et des instruments (a) la pluviométrie, (b) la météorologie, et (c) l'hydrologie. Trois cartes sont présentées pour représenter (a) l'élévation (source: IGN), (b) l'occupation des sols (images avec 30 m de résolution issues d'images Landsat, source: UMR Espace), (c) la pédologie (1:100000 carte des sols, source: INRA). A noter que les représentations des Radars bande-X proviennent du site web du projet IFLOODS (<http://ifis.iowafloodcenter.org/ifis/more/ifloods/>) présenté par Demir et al. (2015).



Figures 3 :

Visualisation des limites communales et contour du BV ainsi que de l'occupation des sols (agriculture et élevage). Source : Base de données AGRESTE.

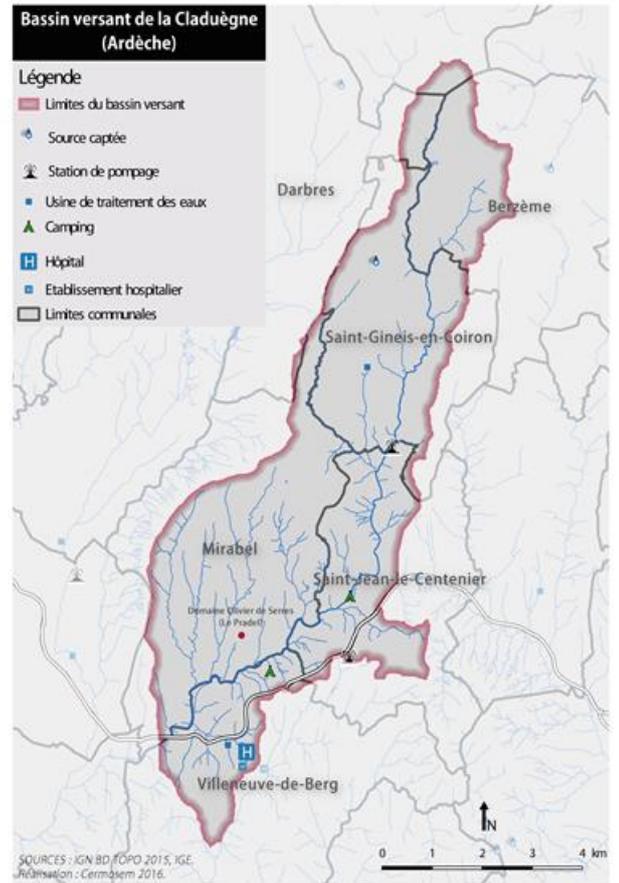


Figure 4 : Localisation des sources ponctuelles potentielles de contaminants de type pharmaceutique dans le BV de la Claduègne (hôpital, habitations, camping, station d'épuration). Source : Données IGN)

Rappels

Tout projet ZABR doit répondre à 5 critères : être pluridisciplinaire, entrer dans les problématiques scientifiques de la ZABR, impliquer au moins 2 équipes du GIS ZABR, s'appliquer sur un site ou un observatoire de la ZABR, provenir d'équipes ayant une production scientifique internationale garantissant la valorisation future du travail de recherche. Tous les renseignements sont disponibles sur le site internet de la ZABR. <http://www.zabr.org>

Remarque : le critère de site ou d'observatoire peut être levé s'il est démontré : soit que l'action est en lien avec des travaux en cours sur un site ou un observatoire de la ZABR (ex : test d'un outil sur un autre secteur), soit si l'action permet une analyse comparative avec les travaux réalisés sur les sites et observatoires et nécessite de passer à l'échelle du bassin versant du Rhône.

Modalités d'intervention de l'Agence de l'Eau :

Règle générale : une subvention de 50% d'un budget prévisionnel HT

Montant global alloué par l'Agence de l'Eau sur l'accord cadre AE ZABR : 250 k€ à 300 k€/an

Références citées

- Archundia Denisse. 2013-2016. Transferts couplés de bactéries et de polluants organiques dans un bassin versant urbain et agricole: application au cas du sous bassin du Karati, Bolivie. Thèse ED TUE Grenoble. Financement Conacit Mexique. Co-direction avec C. Duwig (Dir.). LTHE.
- Gondim Manuella. 2010-2014. Transfert réactif et biotransformations de l'antibiotique sulfaméthoxazole en contexte tropical et tempéré. Thèse en cotutelle UJF Grenoble – UFPE Recife soutenue le 19/12/2014. Dir. J. Martins. Co-dir. A. Antonino et M.C. Morel. LTHE. Morel M.C., L. Spadini, K. Brimo, J.M.F. Martins. Speciation study in the Sulfamethoxazole – Copper- pH- soil system by combining IR spectrometric and titrimetric approaches. Implications for retention prediction in soil. *Sci. Total Environ.* 481: 266-273. 2014.
- Moulin G., Chevance a., Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2014. Rapport annuel Anses-Anmv, oct 2015.
- Nord, G. Auzon data paper. SEDOO OMP. <https://doi.org/10.6096/MISTRALS-HyMeX.1438>
- Nord, G., Boudevillain, B., Berne, A., Branger, F., Braud, I., Dramais, G., Gérard, S., Le Coz, J., Legout, C., Molinié, G., Van Baelen, J., Vandervaere, J.P., Andrieu, J., Aubert, C., Calianno, M., Delrieu, G., Grazioli, J., Hachani, S., Horner, I., Huza, J., Le Boursicaud, R., Raupach, T., Teuling, A.J., Uber, M., Vincendon, B., Wijbrans, A. (submitted to Earth System Science Data), A high space-time resolution dataset linking meteorological forcing and hydro-sedimentary response in a mesoscale Mediterranean catchment (Auzon) of the Ardèche region, France.
- Orias F. and Y. Perrodin. Pharmaceuticals in hospital wastewater: Their ecotoxicity and contribution to the environmental hazard of the effluent. *Chemosphere.* 115 (2014) 31–39
- Perrodin Y., C. Bazin, F. Orias, A. Wigh, T. Bastide, A. Berlioz-Barbier, E. Vulliet, L. Wiest. A posteriori assessment of ecotoxicological risks linked to building a hospital. *Chemosphere* 144: 440–445. 2016.
- Rabiet M., M. Coquery, N. Carlier, J. Gahou, V. Gouy, 2015. Transfer of metal(loid)s in a small vineyard catchment: contribution of dissolved and particulate fractions in river for contrasted hydrological conditions. *Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-015-5079-1 ;RILACT Sipibel. <http://www.graie.org/Sipibel/recherches.html#axe>

ZABR

**ZONE ATELIER BASSIN DU RHONE
RHONE BASIN LONG TERM ENVIRONMENTAL RESEARCH**