



## **Atelier bilan et perspectives – Site Atelier Rivières Cévenoles**

Jeudi 7 novembre 2024, Alès

**Livre des résumés de thèses  
Atelier Rivières Cévenoles  
2016 à 2024**





Organisé par :





## Préface

Les contributeurs à ce livre des résumés de thèses ont cherché à être exhaustif. Cependant, certains travaux de thèses auront pu être oubliés ou sont mal renseignés et nous nous en excusons par avance auprès des doctorant.e.s et des encadrant.e.s. Merci par avance à eux de nous contacter pour que nous complétons ce document.

Pour tout contact : [pierre-alain.ayral@cnrs.fr](mailto:pierre-alain.ayral@cnrs.fr)





## Table des matières

<b>CHAPUIS Hervé</b>	Caractérisation, Evaluation, modélisation des échanges entre aquifères karstiques et rivières : application à la Cèze (Gard, France)	p.1
<b>UBER Magdalena</b>	Suspended sediment production and transfer in mesoscale catchments: a new approach combining flux monitoring, fingerprinting and distributed numerical modeling	p.3
<b>LUSSON Marie</b>	Restaurer des rivières à l'ère de l'Anthropocène : Controverses sociotechniques des pratiques réparatrices (Durance, Vistre, Gardons, Drac)	p.5
<b>GILLET Maxime</b>	Rôle des eaux souterraines sur les étiages des rivières cévenoles : Compréhension et modélisation des contributions pour la gestion des étiages	p.7
<b>SAINT-FLEUR Bob</b>	Vers une meilleure prise en compte des comportements multi-échelles des hydrosystèmes complexes par les modèles à réseaux de neurones : application aux crues éclair	p.9
<b>HACHGENEI Nico</b>	Water and veterinary pharmaceutical transfer in an agricultural mesoscale catchment prone to flash floods	p.11
<b>EBENGUE ATEGA Philippe Lionel</b>	Vers une distinction des contributions anthropiques et naturelles dans les contaminations en arsenic et antimoine des eaux souterraines dans le cadre d'un diagnostic territorial : application au bassin cévenol, France.	p.13
<b>FRICARD Antoine</b>	Prendre le pouls des Gardons : une approche de la gestion de l'eau par l'éthique du care	P.15
<b>ALPEREN INAN Cagri</b>	Prévision des crues par réseaux de neurones artificiels : évaluation des apports de l'assimilation de données pour les applications aux rivières cévenoles	P.17
<b>SADKOU Salma</b>	Level Finder – Prévision des crues par Intelligence artificielle (réseaux de neurones) pour la mise en œuvre de plans d'intervention graduée et la gestion de crise à l'échelle (inter)communale	P.19
<b>BONINCONTRO Tessa</b>	Interaction science, technique, société au cœur de la fabrique des trajectoires post-minières : apparition, disparition des controverses socio-environnementales en Cévennes	p.21
<b>DI CONSTANZO Hadrien</b>	De l'impulsion à la sécheresse dans le sud-est de la France : entre aridité et tension sur la ressource en eau	p.23
<b>ERRERO Fabienne</b>	Habiter avec l'eau, rendre manifeste le rôle de l'eau dans l'étude des trajectoires sociohydrologiques en Cévennes	p.27
<b>FABRE Lina</b>	Développement de bio-indicateurs pour la qualité des eaux souterraines en milieu karstique	29
<b>FISCHER Ophélie</b>	Etude du rôle des écoulements souterrains dans le transport solide en suspension	p.31
<b>GAUTIER Sarah</b>	Prévision des crues par intelligence artificielle : augmentation de l'horizon de prévision. Application à la bordure cévenole	p.33
<b>JOURANI Safae</b>	Dynamiques des milieux semi-naturels et ressource en eau : quels impacts et quelles pratiques pour une gestion adaptée dans le contexte du changement climatique en milieu méditerranéen ?	p.35





CHAPUIS Hervé

## Caractérisation, Evaluation, modélisation des échanges entre aquifères karstiques et rivières : application à la Cèze (Gard, France)

Soutenue le 12/10/2017

### Résumé

Ce travail s'inscrit dans un projet de recherche interdisciplinaire (Zone Atelier Bassin du Rhône – Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse) portant sur la rivière Cèze, affluent du Rhône. Le terrain d'expérimentation se situe dans les formations karstiques du bassin de la Cèze (Gard, France). Cette zone touristique est exposée à une croissance démographique et de l'activité agricole, engendrant une augmentation de la demande en eau. La thèse se concentre sur la restitution des eaux karstiques à la rivière en période estivale pour en comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème en période de basses eaux, quand la ressource est vulnérable. Ce travail a permis d'élaborer une méthodologie, pour analyser et quantifier les échanges entre la rivière et l'aquifère karstique, fondée sur : la géologie, l'hydrologie, la géochimie, la biologie, la radioactivité en radon, l'analyse d'images infrarouges thermiques et la modélisation. Les résultats obtenus avec ces approches sont confrontés pour interpréter les interactions karst/rivière d'un point de vue qualitatif et/ou quantitatif (localisation, périodicité, débits). La confrontation de ces résultats met en avant l'intérêt d'une méthodologie interdisciplinaire pour interpréter et quantifier les échanges karst/rivière. L'application de la méthode montre qu'en juin 2015, la Cèze est alimentée à 50 % par des eaux karstiques. L'analyse multi-métrique du système karstique a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur son fonctionnement nécessaires pour paramétriser le modèle par réseaux de neurones qui constitue la dernière étape de ce travail.

**Encadrement :** Bernard GUY et Didier GRAILLOT

**Laboratoire :** Procédés pour l'Environnement et Géo ressources (Mines Saint-Etienne)

### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				





Organisé par :

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





UBER Magdalena

## **Suspended sediment production and transfer in mesoscale catchments: a new approach combining flux monitoring, fingerprinting and distributed numerical modeling**

Soutenue le 09/06/2020

### **Résumé**

L'étude des mécanismes d'érosion hydrique des sols et de transfert de matières en suspension (MES) des bassins versants vers les rivières revêt des enjeux environnementaux et socio-économiques prégnants face à une pression anthropique grandissante et au changement climatique. L'objectif de cette thèse est de comprendre comment la variabilité de la pluie contrôle l'activation de différentes zones sources de MES et la dynamique des flux hydro-sédimentaires dans deux bassins versants méditerranéens de méso-échelle, la Claduègne (42 km<sup>2</sup>) et le Galabre (20 km<sup>2</sup>) membres de l'infrastructure de recherche sur la zone critique OZCAR. Dans la première partie, les contributions des zones d'érosion aux MES à l'exutoire de la Claduègne ont été quantifiées à haute résolution temporelle avec une approche low-cost de traçage. Deux ensembles de traceurs (spectres colorimétriques et de fluorescence X) et trois modèles de mélange ont été comparés pour évaluer la sensibilité des contributions de sources à ces choix méthodologiques. Les principales sources de MES identifiées sont les zones de badlands marno-calcaires.

Une approche similaire conduite sur le bassin versant du Galabre a mis en avant la dominance des badlands sur molasses dans les flux de MES. La comparaison des traceurs et des modèles de mélange, a montré que les choix méthodologiques génèrent des différences importantes, qui amènent à recommander une approche d'ensemble multi-traceurs-multi-modèle pour obtenir des résultats plus robustes. L'application de cette approche à un grand nombre d'échantillons de MES a souligné l'importante variabilité inter et intra évènements des contributions des différentes sources de MES, soulevant des questions sur les processus hydro-sédimentaires à l'origine de la variabilité des flux de MES. Le concept de connectivité hydrosédimentaire a été testé en posant l'hypothèse que cette variabilité résultait de distributions des temps de transfert des MES très variables contrôlées par i) les caractéristiques inhérentes aux bassins versants comme la localisation des différentes sources de MES et la façon dont elles sont liées à l'exutoire (i.e. connectivité structurelle) et ii) les caractéristiques spatio-temporelles des évènements pluvieux qui activent et impactent les vitesses de transfert (i.e. connectivité fonctionnelle).





Ainsi, dans la deuxième partie, un modèle numérique distribué basé sur la résolution des équations de Saint Venant couplé à un module d'érosion multi-sources de MES, a été utilisé pour évaluer les rôles respectifs des connectivités structurelle et fonctionnelle. L'analyse de sensibilité aux choix de discréétisation et de paramétrisation (i.e. seuil d'aire drainée pour distinguer la rivière des versants, valeurs de coefficients de frottement sur les versants et la rivière) a montré que la localisation des sources de MES dans le bassin versant était plus importante que les choix de modélisation à condition que les paramètres soient dans une gamme réaliste et limitée. Un schéma général de réponse temporelle du bassin versant par type de sources a été observé, cohérent avec les résultats de l'approche de traçage et la distribution des distances des sources à la rivière et à l'exutoire. Ce même schéma persiste pour différentes durées ou intensités des précipitations mais devient beaucoup plus variable lorsque des hyéogrammes bimodaux ou des précipitations variables dans l'espace sont appliquées. En outre, la localisation de la pluie par rapport aux sources détermine les contributions moyennes des sources et donc les différences entre les événements de pluie.

Les deux approches de traçage des MES et de modélisation numérique se sont avérées complémentaires et leur application combinée présente un fort potentiel pour comprendre comment les interactions entre connectivité structurelle et fonctionnelle contrôlent la dynamique des flux de MES aux exutoires de bassins versants de méso-échelle.

**Encadrement :** Cédric LEGOUT et Guillaume NORD

**Laboratoire :** IGE

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
			X		X	

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





LUSSON Marie

## Restaurer des rivières à l'ère de l'Anthropocène : Controverses sociotechniques des pratiques réparatrices (Durance, Vistre, Gardons, Drac)

Soutenue le 25/05/2021

### Résumé

Coupées par des digues et des seuils, polluées par les rejets industriels, urbains et agricoles, désassemblées pour leur eau ou leurs graviers, 42 % des rivières françaises sont en mauvais état écologique et morphologique. La directive européenne de l'eau de 2000, dite « DCE » vise la reconquête écologique des milieux aquatiques. Dans ce but, les Agences de l'eau encouragent les opérations de restauration des rivières. Or, l'ingénierie de la restauration est une pratique non stabilisée entraînant de nombreuses controverses tant techniques, sociales que politiques. En recourant à l'ethnographie comparative de quatre projets de restauration hydromorphologique sur le bassin du Rhône et à l'écriture biographique des rivières (Durance, Vistre, Gardon, Drac), la thèse déconstruit les critères qui fondent la dénomination de succès ou d'échec de ces opérations. Pris à des stades d'avancement et d'intervention divers, chaque projet vient détailler une approche singulière de la restauration : la restauration-ravaudage, la restauration-revitalisation, la restauration de non-intervention et la restauration-démonstration. Ce travail montre que la mise en œuvre des projets est relative aux capacités de ses « entrepreneurs de restauration » à conduire un travail politique de traduction et d'intéressement à même I) de favoriser l'adhésion dans un contexte expérimental et incertain, II) d'adopter une posture attentive que l'on peut rapprocher d'une forme de care. Non explicité par les restaurateurs, ce soin porté aux singularités des milieux apparaît néanmoins nécessaire pour redonner aux rivières une part de l'agentivité qui leur avait été retirée. Située en amont des controverses publiques, la thèse interroge les projets techniques en train de se faire et pose les jalons d'une réflexion à venir sur les conditions de co-construction humaines et non-humaines des futures réparations.

**Encadrement :** Florian CHARVOLIN et Christelle GRAMAGLIA

**Laboratoire :** Centre Max Weber





## Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X				X		X

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X	X	





GILLET Maxime

## Rôle des eaux souterraines sur les étiages des rivières cévenoles : Compréhension et modélisation des contributions pour la gestion des étiages

Soutenue le 30/11/2021

### Résumé

La ressource en eau constitue l'un des enjeux majeurs des prochaines décennies. Le questionnement sur la pérennité des écoulements en basses eaux sur la zone méditerranéenne et plus particulièrement sur les rivières cévenoles a ainsi été identifié comme un axe de recherche fort à l'échelle internationale et régionale. Ce travail de thèse vise à étudier le rôle des eaux souterraines dans le maintien des basses eaux des rivières cévenoles par une approche géochimique couplée à une analyse géologique et géographique. Elle est organisée autour de trois questions :

- Peut-on utiliser les variations saisonnières de la signature géochimique des eaux souterraines comme indicateur de la sévérité des étiages, voire comme un proxy pour le calcul du débit des cours d'eau cévenols ?
- L'identification des contributions des différents réservoirs géologiques pour le maintien est-elle possible au travers d'une approche géochimique ?
- Peut-on expliquer les différences de débits spécifiques et plus globalement les dynamiques observées au cours de la période de basses eaux dans les bassins versants cévenols par le prisme de la quantification des apports en eau des différents réservoirs géologiques ?

La méthodologie développée s'appuie sur un suivi hebdomadaire ou bi-hebdomadaire des paramètres physico-chimiques, des ions majeurs et des isotopes stables de la molécule d'eau durant la période de basses eaux à la fois sur des eaux souterraines et de surface. Les eaux souterraines sont ainsi catégorisées par faciès géologiques dans le but d'identifier l'ensemble des pôles géochimiques présents sur le bassin. Ces pôles géochimiques sont ensuite validés par deux approches complémentaires et indépendantes : une approche de lixiviation d'échantillon de roches représentative des réservoirs et une classification statistique. Une fois les pôles ainsi identifiés et consolidés, un modèle géochimique (G-EMMA) est utilisé pour quantifier la contribution des différents réservoirs présents sur les bassins durant la période de basses eaux. Le suivi des paramètres géochimiques a permis ainsi de caractériser la variabilité saisonnière de la signature des eaux de surface et a permis de mettre en évidence le lien entre le débit des cours d'eau et la conductivité électrique.





Cette relation permet de développer une méthode d'approximation du débit par la mesure de cette conductivité. Le calcul des contributions des eaux souterraines en fonction de leur réservoir géologique d'origine et son analyse couplée avec le débit sur un unique bassin permet de mettre en évidence (1) le rôle prépondérant du réservoir des micaschistes noirs, quoique de faible extension spatiale, dans le soutien d'étiage sur le bassin de Sainte-Croix et (2) des différences de pente importantes dans les courbes de récession des contributions des différents réservoirs aux débits des eaux de surface entre le début d'été et l'étiage, entraînant une inversion des réservoirs prépondérants dans la contribution au débit de base à l'approche de l'étiage. L'extension de cette approche aux 8 sous bassins du Gardon d'Anduze et au bassin versant du Galeizon, affluent du Gardon d'Alès, permet d'expliquer les différences significatives de débits spécifiques de basses eaux observés entre ces différents bassins versants, dont les différences importantes de productivité au cours des basses eaux des réservoirs géologiques. Le rôle principal de deux réservoirs (micaschistes noirs et série sédimentaire) dans le soutien d'étiage est observable sur la majorité des bassins et permet de dégager des tendances sur la productivité et la persistance des contributions des réservoirs observés. Les informations apportées par cette approche permettent de mieux comprendre la dynamique des réservoirs et leurs productivités au cours des basses eaux. Ainsi l'analyse des suivis géochimiques des eaux de surface et des eaux souterraines démontre tout son intérêt dans la compréhension et l'anticipation de la criticité des étiages.

**Encadrement :** Corinne LE GAL LA SALLE et Pierre-Alain AYRAL

**Laboratoire :** CHROME (Université de Nîmes), CREER (IMT Mines Alès)

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





SAINT-FLEUR Bob

## **Vers une meilleure prise en compte des comportements multi-échelles des hydrosystèmes complexes par les modèles à réseaux de neurones : application aux crues éclair**

Soutenue le 16/12/2021

### **Résumé**

Les crues éclair font partie des risques naturels les plus dévastateurs dans le monde. Selon Jamali et al. (2020), elles sont responsables de près de 84 % des décès causés par les désastres naturels. Si l'inondation par une crue classique peut être anticipée avec un certain délai, une crue éclair est bien plus rapide et localisée, et donc bien plus difficile à prévoir. Tel est le cas des régions méditerranéennes en France. Face à cette problématique, les institutions chargées de la prévision des crues et des inondations ont besoin d'informations de qualité et de modèles performants afin d'optimiser leurs réponses. Du fait que les pluies génératrices de ces crues éclair sont très hétérogènes aussi bien dans le temps que dans l'espace, en sus du caractère fondamentalement non-linéaire de la relation pluie-débit, leur prévision reste un défi très sérieux. Depuis maintenant trois décennies, les réseaux de neurones ont prouvé leur efficacité pour résoudre des problèmes complexes et non linéaires, en particulier les relations pluie-débits dans diverses situations hydrologiques. Au sein de ces types de modèles, le Deep Learning en tant qu'une méthode d'apprentissage qui s'applique principalement aux réseaux de neurones profonds, s'est montré particulièrement performant dans de nombreuses disciplines. Cependant, du fait de leur caractère de boîtes noires, qui nous paraît plutôt un avantage compte tenu du manque de connaissance sur certains processus hydrologiques, l'intérêt de leur application est parfois mis en doute. Pour cette raison ce travail a appliqué des réseaux de neurones profonds à la prévision des crues éclair avec trois principaux objectifs : le premier objectif vise l'interprétation des paramètres des couches profondes des trois types de perceptrons généralement utilisés en hydrologie : statique, dirigé, récurrent.

Pour ce faire ce travail a suivi deux étapes : (i) extraire les valeurs des paramètres des modèles optimisés en utilisant la méthode « Knowledge eXtraction (KnoX)» proposée par Kong A Siou et al. (2013) ; (ii) interpréter ces paramètres grâce à une analyse comparative de ces informations avec les données caractérisant certains processus hydrologiques du bassin versant ; cette partie a été publiée dans les actes de la conférence internationale ITISE 2018, pour le volet prévision, et dans un chapitre de livre de la série LNCS (Lecture Notes in Computer Sciences) pour l'interprétation des paramètres. Le second objectif est de prendre en compte la spatialisation des précipitations et les effets d'échelle associés grâce à une modélisation profonde par bassins emboités.





Ceci a permis d'allonger l'échéance de prévision qui avait été réalisée par Artigue (2012) de 2 à 3 heures, grâce à l'introduction d'information physiques dans le modèle ; ce travail a été soumis à la revue Water. Le troisième objectif, en suivant une approche duale du premier objectif, propose d'injecter de l'information dans les paramètres des couches profondes des modèles afin d'améliorer leur performance en prévision. Si ce dernier objectif n'a pas été complètement atteint on note cependant qu'il apporte des bénéfices pour les réseaux récurrents avec une amélioration des résultats de prévision significative. Ce travail a mis, une fois de plus, en évidence la qualité de la méthode de sélection de modèles, qui permet non seulement de réaliser des prévisions performantes sur les évènements les plus intenses de la base de données, mais aussi d'aboutir à une architecture profonde parcimonieuse permettant, grâce à la règle d'apprentissage de levenberg-Marquardt d'apprendre les couches profondes sans observer d'atténuation du gradient.

**Encadrement** : Anne JOHANNET, Séverin PISTRE et Guillaume ARTIGUE

**Laboratoire** : CREER (IMT Mines Alès) et HSM

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





HACHGENEI Nico

## **Water and veterinary pharmaceutical transfer in an agricultural mesoscale catchment prone to flash floods**

Soutenue le 30/03/2022

### **Résumé**

Ce travail se concentre sur le transfert environnemental des résidus de médicaments vétérinaires qui pénètrent dans l'environnement via les excréments des animaux traités. Il est étudié dans les conditions d'un bassin versant à méso-échelle sous climat méditerranéen avec une agriculture extensive. Dans un premier temps, lors d'entretiens avec des éleveurs 14 composés pharmaceutiquement actifs (PhAC) ont été identifiés comme étant systématiquement utilisés dans le bassin versant, dont 10 antiparasitaires. Les antibiotiques n'étaient utilisés de manière significative que pour les chèvres. Nous avons choisi l'Ivermectine (IVM) comme molécule représentative de ces médicaments antiparasitaires et nous avons fait des expériences de transfert sur ce composé.

Pour ces expériences, nous avons mis au point un dispositif permettant de prélever des monolithes de sol intacts et de les soumettre à des pluies simulées. Des bouses de vaches non traitées ont été dopées à une concentration réaliste telle que rapportée dans la littérature et placées sur le sol. Des événements pluvieux intenses consécutifs ont été simulés et le ruissellement de surface (OF) ainsi que le flux de drainage ont été mesurés et échantillonnés à haute fréquence. Des valeurs de concentration allant jusqu'à 3855 ng L<sup>-1</sup> ont été observées dans l'OF. La concentration dans le flux de drainage était significativement réduite dans les sols provenant de la partie sédimentaire du site d'étude 150 ng L<sup>-1</sup>. Sur les sols du plateau basaltique du Coiron, l'hydrophobicité du sol a conduit à un fort écoulement préférentiel et la concentration d'IVM n'a pas été substantiellement réduite au passage à travers le sol.

D'un autre côté, une humidité initiale du sol plus élevée a conduit à une rétention accrue de l'IVM à la fois par le drainage et par l'OF. En général, plus d'OF et une plus grande exportation d'IVM ont été observées sur les sols du plateau du Coiron. A cette échelle, l'hydrophobicité du sol semble jouer un rôle important dans la génération de l'OF. Enfin, afin de relier ces résultats à l'échelle du bassin versant et à la problématique globale de transfert des résidus pharmaceutiques vers les masses d'eau de surface, un modèle hydrologique conceptuel semi-distribué a été développé à l'échelle du bassin versant de la Claduègne afin d'estimer les distributions de temps de transit (TTD) sur un pas de temps horaire à l'aide de fonctions SAS et de suivi d'âge.





Le modèle a été calibré par rapport au débit observé, à la concentration en silice et au rapport isotopique en deutérium de la molécule d'eau à l'exutoire. Le modèle prédit des fractions allant jusqu'à 60 % du débit à l'exutoire d'un âge inférieur à un jour pendant les événements de crue majeurs. Sur l'ensemble de la période d'observation, cette fraction représente 8.4 % de l'écoulement total. En moyenne, 25 % du volume d'eau sortant du bassin versant a un âge inférieur à 30 jours. L'analyse de quelques échantillons d'eau de ruisseau de la Claduègne pour trois produits pharmaceutiques vétérinaires a révélé que le Fenbendazole (FBZ) et le Mebendazole (MBZ) étaient présents à des concentrations détectables uniquement en période de crue, ce qui indique une forte importance de l'écoulement préférentiel pour leur transfert dans les ruisseaux. Des concentrations de l'antiparasite porcin FBZ allant jusqu'à 28.5 ng L<sup>-1</sup> ont été observées lors d'un petit événement de crue en été, ce qui correspond à 355 fois la concentration prédictive sans effet (PNEC) pour les poissons.

**Encadrement** : Céline DUWIG et Guillaume NORD

**Laboratoire** : IGE

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
	X				X	

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		X





Organisé par :

EBENGUE ATEGA Philippe Lionel

## **Vers une distinction des contributions anthropiques et naturelles dans les contaminations en arsenic et antimoine des eaux souterraines dans le cadre d'un diagnostic territorial : application au bassin cévenol, France.**

Soutenue le 07/07/2022

### **Résumé**

Les eaux souterraines assurent une proportion importante de l'approvisionnement en eau des territoires. La surveillance des réserves et de la qualité de ces ressources constitue donc un enjeu majeur, en lien avec les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies. En rapport avec ces objectifs, la présente thèse traite de la caractérisation de la qualité des masses d'eau souterraines sur un territoire ayant connu un passé minier. Elle vise le développement d'une méthodologie permettant d'estimer les contributions respectives du fond géochimique naturel et des apports anthropiques, à l'enrichissement en métaux et métalloïdes dans les eaux souterraines, en considérant simultanément l'hétérogénéité de la géologie, et la combinaison de facteurs géologiques, géomorphologiques, tectoniques et statistiques. Des mesures de qualité ont été effectuées pour établir l'état des lieux des concentrations en arsenic et en antimoine dans les masses d'eau souterraines délimitées par le bassin versant du Gardon dans les Cévennes. Ensuite, un opérateur d'agrégation multicritères a été développé et mis en œuvre afin de produire des cartes quantitatives et qualitatives permettant de discriminer le fond géochimique naturel des apports anthropiques. Cette cartographie a permis de déterminer des foyers remarquables situés notamment sur la faille cévenole et sur lesquels une attention particulière de surveillance doit être portée dans le cadre de la gestion territoriale de la qualité des ressources en eau. Un atelier interactif a permis d'évaluer les différences de perception des acteurs du territoire face à des informations sur la qualité des eaux. Il a mis en évidence la nécessité de développer des supports de restitution des informations scientifiques adaptés afin d'aboutir à une conscience partagée des questions liées à la qualité des eaux souterraines par les différents acteurs d'un territoire.

**Encadrement :** Marc VINCHES et Corinne CASIOT

**Laboratoire :** CREER (IMT Mines Alès) et HSM





## Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X					X	

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
			X





FRICARD Antoine

## Prendre le pouls des Gardons : une approche de la gestion de l'eau par l'éthique du care

Soutenue le 30/11/2022

### Résumé

Au sud de la France, les Gardons, au cœur du point chaud méditerranéen, sont soumis à l'intensification des impacts extrêmes des changements climatiques (sécheresses, inondations etc.). Les acteurs de ce territoire basent leurs prises de décision sur une certaine représentation de l'état de « santé » des cours d'eau. Autrement dit, la gestion du bassin versant repose sur un ajustement entre une perception de la santé du cycle hydrosocial (faire attention) et les actions mises en œuvre pour l'améliorer (prendre soin). Pour participer à garantir une eau accessible et disponible pour les générations futures, cette thèse apporte des clés de compréhension de ces dynamiques attention-soin, afin de s'assurer du bon ajustement des pratiques de gestion avec l'état de santé des cours d'eau. En mobilisant une éthique du care du cycle hydrosocial, cette thèse invite à questionner le potentiel épistémologique de l'analogie de la santé appliquée à la gestion du bassin versant. Inscrite dans la continuité des travaux menés en science de la durabilité, elle propose une approche originale imposant un renouvellement de la posture du chercheur. Interdisciplinaire, elle interpelle notamment les champs théoriques de l'hydrologie, de la géographie, de la sociologie. Transdisciplinaire, elle participe à l'émergence et à l'interprétation des points de vue d'acteurs locaux. Une enquête située, menée entre 2020 et 2022, articule une approche par entretiens semi-directifs et une approche par questionnaire afin de recueillir la diversité de ces points de vue sur l'état de santé des Gardons. Elle s'attache à déterminer les indicateurs mobilisés par chacun pour exprimer le lien entre le « faire attention » et le « prendre soin ». Les résultats de ce travail de recherche révèlent et explicitent plusieurs « sphères du care », caractérisées par une forme d'ajustement hydrosocial : se référant aux indicateurs utilisés par les acteurs locaux, elles ouvrent un espace de dialogue entre les différents points de vue. Cette thèse nourrit ainsi les réflexions autour d'une gestion adaptive et inclusive de l'eau, intégrant aussi bien experts, gestionnaires et usagers.

**Encadrement :** Guillaume JUNQUA, Emmanuelle CADOT et Juliette CERCEAU

**Laboratoire :** CREER (IMT Mines Alès) et HSM





## Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				X

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X	X	





ALPEREN INAN Cagri

## Prévision des crues par réseaux de neurones artificiels : évaluation des apports de l'assimilation de données pour les applications aux rivières cévenoles

Soutenue le 18/01/2023

### Résumé

Dans les régions méditerranéennes, les crues éclair sont des problèmes critiques pour la vie humaine et les propriétés au cours des dernières décennies avec l'augmentation de l'intensité des précipitations et de la population. Afin de prévenir les pertes humaines, il est nécessaire de créer des modèles de prévision des crues éclair et des systèmes d'alerte précoce pour les zones urbaines et rurales. Cependant, ce n'est pas toujours une mission facile, surtout pour les hydrosystèmes complexes ayant une tendance hétérogène et non linéaire des précipitations. Dans ce contexte, le Service Français de Prévision des Inondations (appelé SCHAPI pour Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations) a initié le projet BVNE (Bassin Versant Numérique Expérimental) afin d'améliorer la prévision des crues rapides. Dans ce but, mon objectif de recherche a été conçu pour fournir :i) des solutions aux problèmes de modélisation hydrologique des crues éclair dans les hydrosystèmes complexes et hétérogènes soumis à de fortes précipitations. ii) un modèle de réseau neuronal artificiel dédié à la prédition des crues éclair à l'avance, en renforçant le système en combinant des modèles de perceptron multicouches dans un cadre d'assimilation de données et/ou en couplant différents modèles de réseaux neuronaux (par exemple, des modèles à statique dirigé et récurrents, etc.) Le lieu proposé pour le travail de thèse est le bassin du Gardon de Sainte-Croix, l'un des bassins de la frontière cévenole en France, en raison de la complexité des processus hydrologiques, de la variabilité de la distribution spatiale des précipitations et du temps de réponse très court. De plus, la région et les rivières sont imbriquées dans des zones urbaines et agricoles, ce qui augmente les risques de pertes humaines et matérielles.

**Encadrement** : Anne JOHANNET, Bedri KURTULUS et Guillaume ARTIGUE

**Laboratoire** : CREER (IMT Mines Alès) et HSM





## Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





SADKOU Salma

## **Level Finder – Prévision des crues par Intelligence artificielle (réseaux de neurones) pour la mise en œuvre de plans d'intervention graduée et la gestion de crise à l'échelle (inter)communale**

Soutenue le 25/09/2024

### **Résumé**

Le risque d'inondation est le premier risque naturel en France. Parmi les inondations qui touchent le pays, celles affectant l'axe méditerranéen, sujet aux crues éclair, sont les plus meurtrières. Pour y faire face, plusieurs dispositifs ont été mis en place, tant pour la prévision, à travers les Services de Prévision des Crues (SPC), que pour la gestion de crise, matérialisée par les plans communaux de sauvegarde. Ces plans définissent les responsabilités des communes en matière de protection des populations locales, sous l'autorité du maire. Sur le plan scientifique, de nombreux travaux ont été proposés pour améliorer la prévision hydrologique et, depuis quelques décennies, les réseaux de neurones se sont imposés dans ce domaine. L'application de ces méthodes à la prévision des crues éclair, qui sont intenses, rapides et peu comprises, dans l'axe méditerranéen français a donné des résultats très satisfaisants. Malgré ces avancées, tant en méthodes qu'en dispositifs légaux, les prévisions sont peu utilisées dans la gestion de crise car elles ne sont pas adaptées à ce contexte. Cette thèse vise à proposer une démarche et des outils pour élaborer des bulletins de prévision de crues éclair adaptés aux besoins des gestionnaires de crise et à la prise de décision en contexte de crise. Pour atteindre cet objectif, une caractérisation du lien entre la gestion de crise et la prévision hydrologique est réalisée à travers une revue scientifique. Ensuite, une méthodologie d'atelier est élaborée pour définir les besoins des gestionnaires. Enfin, les réseaux de neurones sont employés pour prévoir les variables hydrologiques et pour prévoir des variables de gestion de crise par classification. L'évaluation de la qualité des prévisions met l'accent sur leur pertinence en situation de crise. Ces travaux révèlent que le lien entre les gestionnaires et les prévisionnistes n'est pas suffisant et que ces deux parties ont des objectifs et priorités différents. L'atelier a permis de définir les bulletins de prévision recherchés et utiles aux gestionnaires sur plusieurs niveaux. L'évaluation de la qualité des prévisions au regard de la gestion de crise a montré que la qualité dépend des objectifs recherchés et donc primordiale. Enfin, la faisabilité de la prévision de variables de gestion de crise par classification par réseaux de neurones artificiels a été démontrée. Les résultats de ces travaux sont prometteurs car ils montrent qu'il est possible d'appliquer des modèles simples mais très utiles et directement exploitables en gestion de crise. Ceci est possible grâce aux propriétés des réseaux de neurones. Ces travaux proposent aussi une approche pour définir les besoins des gestionnaires.





Ces modèles et approches pourront être améliorés et appliqués à d'autres régions. Les efforts de recherche devront se poursuivre en raison de la complexité du lien entre gestion de crise et hydrologie.

**Encadrement** : Anne JOHANNET, Séverin PISTRE, Guillaume ARTIGUE, Noémie FREALLE et Pierre-Alain AYRAL

**Laboratoire** : CREER (IMT Mines Alès) et HSM

### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				X

### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X	X	





## BONINCONTRO Tessa

### **Interaction science, technique, société au cœur de la fabrique des trajectoires post-minières : apparition, disparition des controverses socio-environnementales en Cévennes**

Soutenance prévue en 2025

#### **Résumé**

En réponse aux enjeux environnementaux et énergétiques, la nécessité de transitions dites « écologiques » a été soulignée. Celles-ci s'accompagnent pourtant d'une pression accrue sur les ressources minérales, légitimant les politiques de renouveau minier et réactivant ainsi la mémoire d'un passé minier. En Cévennes, en particulier, l'exploitation minière houillère, mais aussi polymétallique, a connu une longue histoire depuis l'époque gallo-romaine, jusqu'aux années 1990. Les conséquences locales de ces activités extractives sont pourtant encore vives, notamment aux niveaux économique et social (territoires en déprise), sanitaire et environnemental (notamment pollutions) ainsi que géotechnique (instabilités).

Un tel contexte questionne l'habitabilité des territoires post-miniers en Cévennes. Ce travail traite de cette question par le prisme de l'(in)visibilisation des pollutions post-minières. Plus précisément, nous montrons à partir de trois territoires post-miniers cévenols que :

1/Les pollutions post-minières et leurs potentielles conséquences sont mises en risque de différentes manières suivant les acteurs : certains risques sont mis en avant, d'autres au contraire invisibilisés. Les processus de mise en place de ces rapports aux risques sont analysés notamment par le prisme de la construction des savoirs.

2/La prise en charge du territoire, la familiarité des habitants avec la pollution, leur refus de vivre dans l'angoisse et les efforts de reconversion du territoire sont autant de paramètres participant à l'invisibilité et invisibilisation progressive des pollutions post-minières. En résulte une augmentation de l'habitabilité perçue au fil du temps mais aussi, de manière paradoxale, l'émergence de nouveaux risques. La perte de mémoire concernant l'existence de la pollution et l'abandon progressif de précautions vis-à-vis de celles-ci est susceptible de dégrader l'habitabilité du territoire : habitabilité perçue et habitabilité matérielle doivent être distinguées et peuvent suivre des dynamiques opposées. De ce constat, dont beaucoup d'acteurs sont tout à fait conscients, naît la question du futur du territoire : quel futur pour les territoires en question ?





**Encadrement** : Pierre-Michel RICCIO, Sylvia BECERRA et Juliette CERCEAU

**Laboratoire** : LSR(IMT Mines Alès)

### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
	X				X	X

### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
		X	X





DI CONSTANZO Hadrien

## **Modélisation bayésienne de la sécheresse pour le monitoring local de la gestion de l'eau en milieu méditerranéen : l'exemple des bassins du Gardon d'Anduze et du Galeizon**

Soutenance prévue en 2025

### **Résumé**

En milieu méditerranéen français, les situations d'absences de pluies sont récurrentes et très marquées durant la période estivale. Elles coïncident souvent avec la période la plus chaude, mais aussi la plus évaporatoire <sup>1,2</sup> et son constitutionnelles à la définition du climat méditerranéen lui-même ; rythmé en quatre temps : deux saisons sèches (surtout été et hiver) et deux saisons humides (printemps et surtout automne). Si l'absence de pluie est maintenue trop longtemps, elle peut induire une période de raréfaction de la ressource en eau pouvant initier une sécheresse hivernale et/ou estivale. Cette configuration climatique particulière par rapport au reste de la France <sup>3</sup> rend les territoires méditerranéens sensibles aux manques d'eau <sup>4-6</sup>.

Une sécheresse s'initie le plus souvent au cours d'une phase climatique aride <sup>7-10</sup>, mais elle peut simplement être le fait, toutes choses étant égales par ailleurs, d'un accroissement local des besoins anthropiques en eau (agriculture, tourisme, réutilisation des eaux usées, etc.) <sup>11,12</sup>. Cette tension permet selon nous de mieux nous positionner par rapport aux gestionnaires de la ressource en eau dans un territoire. Elle désigne le rapport entre l'eau disponible environnementale et la demande sociale. Dès lors une société qui a des besoins importants peut ne pas connaître de sécheresse alors même qu'une société qui a des besoins faibles peut connaître un état de sécheresse catastrophique <sup>13</sup>.

Dans un contexte de changement climatique (accroissement de l'évaporation et diminution des précipitations) <sup>14</sup> et d'augmentation de la pression anthropique exercée dans chaque bassin (augmentation de la population et de la consommation d'eau par tête) <sup>15</sup>, il est nécessaire de mettre en place de nouveaux moyens conceptuels et opérationnels locaux de surveillance et de gestion de l'eau <sup>16,17</sup>. Avec l'augmentation de la population et/ou du tourisme, (fort consommateur d'eau et de paysages hydriques) les secteurs méditerranéens se voient affectés par des difficultés croissantes en raison de l'augmentation de la demande et de réglementations qui portent une attention plus forte au bon état écologique des rivières (volumes prélevables en France par exemple). Tout cela conduit, localement, à des tensions dues à des pics de demande en eau auxquels les ressources disponibles ne permettent pas toujours de répondre.





Les gestionnaires se doivent d'anticiper dans leurs bassins la dégradation de la situation de sécheresse avant l'arrivée de la crise afin de prendre des mesures de restrictions et de distributions d'eau adéquates. Cela nous amène à nous questionner sur la modélisation de la sécheresse pour juger l'intensité de l'évènement et anticiper son évolution dans la saison aride. Chaque bassin à une réactivité hydro-climatique et des consommations anthropiques différentes. Quels sont donc les éléments à considérer et ceux négligeables pour la modélisation de la sécheresse ? Quelles approches retenir pour une utilisation opérationnelle (peu coûteuse, rapides et claires) par les gestionnaires ? Cette thèse propose l'élaboration d'un modèle stochastique et probabiliste pour l'aide à la gestion de la tension sur la ressource pour un territoire rural méditerranéen plutôt de moyenne montagne en France : les bassins amonts du Gardon et du Galeizon. La méthodologie et ces applications sont testées sur des petits bassins cévenols amont du Gardon, suivis par l'UMR 7300 du CNRS depuis 2015<sup>18,19</sup>.

Les incertitudes, évidemment importants dans le cas de l'étude des systèmes complexes comme celui du système hydrologique et/ou social, peuvent être appréhender à partir du paradigme bayésien qui pose le problème de la modélisation à partir les incertitudes liées aux données et à la connaissance du système. Dans ce cadre bayésien, les incertitudes sont résumées par des distributions de probabilité et leur propagation dans le raisonnement, formalisées par un réseau de causalité, est permis grâce au calcul des probabilités conditionnelles reposant sur le théorème de Bayes<sup>20</sup>. La mise en application de ce théorème dans les systèmes experts provient des travaux pionniers de Pearl<sup>21</sup> qui ont été dénommés à juste titre réseaux bayésiens (RB). Les RB constituent un volet de l'Intelligence Artificielle en plein développement. Leurs utilisations récentes sont multiples (clustering, inférence, aide à la décision, recherche des relations causales, simulations probabilistes, etc.)<sup>22</sup>, mais ils sont encore assez peu mobilisés pour l'étude des risques naturels<sup>23</sup> et encore moins pour ceux liés au climat<sup>24</sup> et à la sécheresse<sup>25</sup>.

L'utilisation d'un RB nous permet de modéliser la sécheresse, à grande échelle géographique (petit bassin versant) et sur des temps courts (toutes les deux semaines) en période végétative (du 15/03 au 15/10) en contexte méditerranéen rural de moyenne montagne. Fondamentalement, le processus de création de ce modèle suit plusieurs étapes<sup>26</sup> : (1) la détermination des limites, des éléments et des objectifs du RB ; (2) le choix des variables et des indicateurs ; (3) la définition de la structure du réseau (le graphe de causalité) ; (4) la caractérisation des distributions associées aux variables (les paramètres) et (5) la validation du réseau (sa vraisemblance et robustesse statistique). A partir de variables géographiques et temporelles, les calculs de probabilités conjointes permettent d'établir théoriquement un indice multivarié de la sécheresse. Certaines variables (non mesurées, ou non mesurables) seront alors des hypothèses à dires d'experts (*a priori* sur les relations causales, les distributions de probabilité des variables non observées) afin d'être intégrées dans le modèle, faute d'informations actuellement disponibles. A l'issu du calcul de probabilité, la distribution de probabilité de la tension sur la ressource en eau nous renseigne sur la situation conjoncturelle (consommation et déficit hydrique) et sur nos incertitudes (bruit, biais systématique, hypothèses, etc.).





## Références

1. Martonne, E. Aréisme et indice d'aridité. *Comptes Rendus Académie Sci.* 181, 1395–1398 (1926).
2. Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38, 55–94 (1948).
3. Galloy, A., Martin, E. & Lebreton, S. Analyse des séquences de jours secs consécutifs. Application à 31 postes du réseau météorologique français. *Météorologie Paris* (1982).
4. Brewer, S., Alleaume, S., Guiot, J. & Nicault, A. Historical droughts in Mediterranean regions during the last 500 years: a data/model approach. *Clim Past* 13 (2007).
5. Margat, J. Sécheresse et eaux souterraines. *Houille Blanche* 75, 517–522 (1989).
6. Combourieu Nebout, N., Bout-Roumazeilles, V., Dormay, I. & Peyron, O. Sécheresses récurrentes en Méditerranée au cours des derniers 50 000 ans. *Sécheresse* 20, 210–216 (2009).
7. Wilhite, D. A. Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. in Published in Drought: A Global Assessment 3–18 (London, 2000).
8. Handbook of Drought and Water Scarcity. (CRC Press, New York, 2016).
9. Cook, B. I. Drought: An Interdisciplinary Perspective. (Columbia University Press, New York, 2019).
10. Dracup, J. A., Lee, K. S. & Paulson, E. G. On the definition of droughts. *Water Resour. Res.* 16, 297–302 (1980).
11. Charre, J. A propos de sécheresse. *Rev. Géographie Lyon* 52, 215–226 (1977).
12. Martin, P., Di Costanzo, H. & Canovas, I. Aridité et sécheresse : heuristique d'une modélisation parétienne et bayésienne de la tension sur la ressource en eau dans le sud-est de la France. *J. Int. Sci. Tech. Eau Environ.* 2, 28–48 (2020).
13. Dubus, N. & Dubus, J. La Sécheresse Au Sahel: Vers Une Gestion Concertée. (Hermès science publications : Lavoisier, Paris, 2011).
14. IPCC. Index. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change In press (2021).
15. Flörke, M. et al. Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Glob. Environ. Change* 23, 144–156 (2013).
16. Canovas, I. Modélisation de la montée vers un état critique de la situation de basses eaux sous forçages naturel et anthropique en région méditerranéenne. (Avignon Université, 2016).
17. Alcamo, J., Flörke, M. & Märker, M. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrol. Sci. J.* 52, 247–275 (2007).
18. Martin, P. et al. HydroPop-1 : De l'hydrologie populaire et participative ? (2017 - 2018). 152 (2019).
19. Martin, P. Rapport final – Avignon université (ESPACE). (2022).
20. Bayes, T. LII. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. By the late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. communicated by Mr. Price, in a letter to John Canton, A. M. F. R. S. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 53, 370–418 (1763).
21. Pearl, J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. (Kaufmann, San Francisco, Calif, 2008).





22. Aguilera, P. A., Fernández, A., Fernández, R., Rumí, R. & Salmerón, A. Bayesian networks in environmental modelling. *Environ. Model. Softw.* 26, 1376–1388 (2011).
23. Kaikkonen, L., Parviaainen, T., Rahikainen, M., Uusitalo, L. & Lehikoinen, A. Bayesian Networks in Environmental Risk Assessment: A Review. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 17, 62–78 (2021).
24. Sperotto, A., Molina, J.-L., Torresan, S., Critto, A. & Marcomini, A. Reviewing Bayesian Networks potentials for climate change impacts assessment and management: A multi-risk perspective. *J. Environ. Manage.* 202, 320–331 (2017).
25. Mishra, A. K. & Singh, V. P. Drought modeling – A review. *J. Hydrol.* 403, 157–175 (2011).
26. Pollino, C. A. & Hart, B. T. Developing Bayesian network models within a Risk Assessment framework. 9.

**Encadrement** : Delphine BLANKE et Philippe MARTIN

**Laboratoire** : UMR ESPACE

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				X

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
X	X	X	





ERRERO Fabienne

## **Habiter avec l'eau, rendre manifeste le rôle de l'eau dans l'étude des trajectoires sociohydrologiques en Cévennes**

Soutenance prévue en 2025

### **Résumé**

Sécheresse, pénurie d'eau douce, pollution des aquifères, la crise de l'eau est mondiale et entraîne dans son sillage des crises systémiques (écologiques, alimentaires, sanitaires, militaires, etc). Ce qui se joue avec le récent dépassement de la limite planétaire du cycle de l'eau douce, c'est la concrétisation du réapprentissage de la finitude du monde, et, en miroir, le réapprentissage de la finitude humaine. Parmi les déplacements épistémologiques que supposent ce bouleversement des cycles sociohydrologiques, nous supposons que l'habiter permet de repenser et de questionner les interdépendances, les solidarités et les vulnérabilités entre les humains et les non humains. Le postulat d'une imbrication sociohydrologique constitutive de notre manière d'habiter et de son évolution, fait consensus. Pour autant, la multiplication des méthodes et des outils servant à rendre compte, à quantifier, à mesurer, à modéliser les rapports entre eaux et activités humaines, laisse à penser que la question méthodologique sur la façon de rendre compte du rôle de l'eau dans ces évolutions ne va pas de soi.

Comment rendre manifeste le rôle de l'eau dans l'évolution de nos manières d'habiter ? Cette question prend acte de l'agencéité de l'eau tout en replaçant l'habiter au cœur de la reconfiguration des rapports au monde face aux crises sociohydrologiques actuelles et à venir. Dans l'héritage de l'architecture du *care*, dans une quête de refuge, ce travail de recherche s'articule autour de 4 questionnements méthodologiques structurants :

- Pourquoi rendre manifeste le rôle de l'eau dans l'évolution des manières d'habiter ?
- Sur quoi nous basons-nous et qui sommes-nous pour le rendre ainsi manifeste ?
- D'où rendre le rendre manifeste ?
- Et enfin qu'est-ce qui le rend manifeste ?

Ce travail de recherche s'ancre en Cévennes, dans le haut bassin versant des Gardons, qui constitue à la fois un terrain d'études, un laboratoire et un refuge. Au fil de l'exploration de ces 4 questionnements méthodologiques, il fournit des clés aux chercheurs d'eaux (scientifiques et acteurs locaux témoins des bouleversements sociohydrologiques) en proposant de choisir, en conscience, le référentiel depuis lequel rendre manifeste l'évolution des couplages eau-humains.





Nous définissons le référentiel par une mise en évidence du cadre de références des connaissances de l'eau dans lequel tout chercheur d'eaux s'inscrit, tel une positionnalité qui conditionne la manière de considérer les couplages eau-humain, la détermination d'une portion d'espace et de temps propice à une étude. Nous élaborons une méthode expérimentale, réflexive et inductive pour déterminer des référentiels spatiaux et temporels pertinents depuis lesquels étudier les trajectoires socio hydrologiques. Nous proposons des outils de référencement de l'évolution des couplages eau-humain : comparateur sociohydrologique, nuancier de l'habiter avec l'eau, gabarit sociohydrologique et frise chrono-systémique associée à la mémoire d'habitants. Dans sa forme et dans sa structure, le manuscrit est lié par un médium original, la « pensée-dessin », théorisée comme un outil innovant au cœur de l'exploration des liens entre Art et Science, tout à la fois, manifestation de la recherche en train de se faire, objet frontière entre modélisations disciplinaires et support de dialogue transdisciplinaire.

**Encadrement** : Guillaume JUNQUA, Patrick LACHASSAGNE et Juliette CERCEAU

**Laboratoire** : CREER (IMT Mines Alès) et HSM

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				X

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
			X





FABRE Lina

## Développement de bio-indicateurs pour la qualité des eaux souterraines en milieu karstique

Soutenance prévue en 2025

### Résumé

Les eaux souterraines sont les principales sources d'eau potable dans les pays européens. Dans certains massifs calcaires tels que les Bauges, l'alimentation en eau dépend des ressources karstiques, représentant l'unique réservoir d'eau potable. Cependant, dû à leur structure hétérogène et de leurs propriétés hydrodynamiques, ces hydrossystèmes sont très vulnérables et peu résilients face aux différentes pollutions à la fois via des entrées directes et des contaminations diffuses. Les eaux souterraines représentent alors une ressource dont la qualité est menacée par les activités industrielles, agricoles et urbaines. De plus, si les directives européennes sur l'eau ont favorisé l'utilisation d'indicateurs biologiques pour évaluer la qualité écologique des eaux de surface, cela n'a pas été le cas pour les écosystèmes souterrains. Pour combler ce manque, mon projet de thèse vise à proposer et tester des indicateurs biologiques basés sur des approches ADN, afin d'évaluer la qualité d'écosystèmes aquatiques souterrains étant par définition peu accessibles. En effet, dans ces milieux oligotrophes, les apports de contaminations organiques (agricoles et HAP) vont venir impacter et modifier les communautés bactériennes présentes. De ce fait, la sensibilité de ces organismes aux variations de leur environnement en font de bons indicateurs biologiques.

Au cours de mon travail, des systèmes karstiques caractérisés par des usages des terres distincts et donc des sources de pollution différentes seront étudiées via des systèmes artificiels (billes d'argiles) et naturels (sédiments et eau) afin d'échantillonner les communautés microbiennes présentes. Ces échantillonnages seront analysés par métabarcoding et couplés à des analyses en HAPs et en nutriments pour détecter les liens entre contamination et structure des communautés microbiennes. Ces analyses seront aussi bien appliquées aux puits et aux sources des systèmes karstiques afin de pouvoir transposer nos résultats à des systèmes non pénétrables. L'enjeux de ce projet s'inscrit dans une démarche applicable, afin de permettre aux communes concernées de mieux gérer les ressources en eau lors d'événements propices aux contaminations. Mon travail à donc pour but de développer des outils pertinents pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques souterrains.

**Encadrement :** Florian MERMILLOD-BLONDIN et Yves PERRETTE





## Laboratoire : EDYTEM

### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
	X				X	

### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
			X





FISCHER Ophélie

## Etude du rôle des écoulements souterrains dans le transport solide en suspension

Soutenance prévue en 2026

### Résumé

La compréhension des dynamiques de l'érosion et du transport de particules fines depuis les zones sources jusqu'aux exutoires revêt des enjeux importants en termes de gestion des risques et des ressources en eau et en sol. Ces enjeux sont d'autant plus importants en contexte méditerranéen et/ou montagneux marqués par des forts taux d'érosion et flux de matières en suspension (MES). Le caractère très intermittent des flux de MES dans ces environnements, associé aux changements du forçage météorologique, interroge sur les trajectoires d'évolution de la dynamique du transport de MES. Plusieurs études ont montré le contrôle de l'intensité des pluies et de leurs énergies sur les concentrations en MES dans le ruissellement. En revanche, très peu se sont intéressées à l'impact des arrivées d'eaux souterraines dans le réseau hydrographique (très peu concentrées en particules fines en comparaison du ruissellement de surface) sur le maintien des particules en suspension et sur la remobilisation de particules fines déposées lors de précédentes crues. L'objectif de la thèse est donc de comprendre dans quelles mesures les écoulements souterrains expliquent une partie de la variabilité temporelle des flux de MES dans des bassins versants de petite à moyenne échelle, en contexte méditerranéen et montagneux. Évaluer les contributions respectives des écoulements souterrains et du ruissellement de surface aux débits totaux mesurés lors des crues aux exutoires de ces bassins versants devrait permettre de mieux comprendre les facteurs de contrôle i) de l'érosion primaire sur les versants (i.e. détachement de particules de sols) et donc des concentrations en MES dans le ruissellement et ii) de l'érosion secondaire dans le réseau hydrographique (i.e. remobilisation de particules déposées) par la prise en compte de l'arrivée d'eau souterraine dans la rivière. L'eau souterraine peut ainsi limiter le dépôt des MES en soutenant la capacité de transport de l'écoulement, et contribuer à la remise en suspension de particules déposées précédemment dans le réseau hydrographique. Les effets saisonniers, d'échelle de bassin versant et d'occupation du sol seront investigués selon trois axes de travail. Le premier concerne l'analyse de jeux de donnés hydrosédimentaires et hydrochimiques acquis sur différents sites de l'observatoire Draix Bléone. Il s'agira en particulier de séparer les hydrogrammes de crue entre les deux composantes des écoulements (souterrain et ruissellement) pour analyser leurs dynamiques respectives, et les mettre en parallèle de la dynamique des concentrations en MES. Des différences sont attendues en fonction des saisons, de l'échelle des bassins considérés et de l'occupation du sol.





Organisé par :

Le second axe de travail concerne l'acquisition de nouvelles données de manière à compléter et valider les analyses et interprétations du premier axe. Le troisième axe est dédié à la modélisation numérique pour tester des hypothèses sur la temporalité des écoulements souterrains et leur rôle dans la dynamique saisonnière des flux de MES, ainsi que sur les effets supposés de la végétation, du changement d'échelle et de la localisation des arrivées d'eau souterraines sur les interactions entre eaux souterraines et transport solide en suspension.

**Encadrement** : Cédric LEGOUT et Guillaume NORD

**Laboratoire** : IGE

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
	X			X		

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





GAUTIER Sarah

## Prévision des crues par intelligence artificielle : augmentation de l'horizon de prévision. Application à la bordure cévenole

Soutenance prévue en 2026

### Résumé

L'objectif est de répondre à la problématique « Comment augmenter l'horizon de prévision des crues éclair par l'intelligence artificielle ? ». Il est réalisé dans le cadre du laboratoire commun (LabCom ANR) entre HydroSciences Montpellier et le bureau d'études Synapse, spécialité dans la bancarisation de données hydrométéorologiques. Le but du LabCom est de développer un ensemble de services de prévision hydrométéorologique, basé sur l'utilisation de différentes capacités de l'intelligence artificielle, notamment l'extension de l'horizon de prévision, aujourd'hui limité au temps de réponse de l'hydrosystème. Afin de produire un outil opérationnel, qui pourrait être utilisé par les services de prévision, on utilisera les critères de sélection d'événements calés sur les seuils d'alerte du Service de Prévision des Crues (SPC) et des pas de temps de calcul adaptés.

Le présent document présente le travail effectué lors des 18 premiers mois de thèse et développe le contexte, la méthodologie, les premiers résultats ainsi que le planning envisagé.

Afin de s'affranchir du développement d'un nouveau modèle sur un nouveau bassin, il est prévu de travailler sur un bassin versant connu, qui possède une longue chronique de donnée et un long historique de travaux de recherche. C'est le bassin versant du Gardon de Mialet à Mialet qui a été choisi (Gard, Lozère). Par ailleurs, travailler sur un bassin connu permettra de comparer les résultats avec ceux obtenus précédemment (Artigue 2012; Saint Fleur et al. 2020) et ainsi de juger des apports de cette thèse sur une base déjà documentée.

Pour augmenter l'horizon de prévision actuel, quatre expériences sont envisagées pour réaliser des prévisions :

- Sans prévision de pluie, jusqu'à des horizons de prévision augmentés : ceci correspond à l'approche existante, avec une augmentation de l'horizon.
- Avec prévisions de pluie « parfaites » : ces résultats seront utiles pour définir le niveau de précision atteignable si les prévisions de pluie sont de qualité semblable à celle des observations et pour concevoir un modèle adapté à recevoir des prévisions de ses entrées exogènes (variables météorologiques).
- Avec prévisions météorologiques brutes : l'utilisation de sorties prévues de modèles météorologiques couramment opérationnels en lieu et place des prévisions « parfaites » utilisées au point précédent permettra d'évaluer la qualité de la prévision avec ces entrées connues pour ne pas être très précises et dépendre de l'évènement considéré.





Organisé par :

- Avec prévisions météorologiques traitées : des traitements (encore à définir) des prévisions météorologiques brutes seront pratiqués afin de les optimiser pour produire des prévisions hydrologiques qui se rapprochent de la performance supposément meilleure des prévisions parfaites.

Après avoir développée la méthode sur le bassin du Gardon de Mialet à Mialet, celle-ci pourra être transposée à d'autres bassins versants. Ces bassins seront choisis parmi les bassins des partenaires du LabCom.

**Encadrement :** Anne JOHANNET, Yves TRAMBLAY et Guillaume ARTIGUE

**Laboratoire :** CREER (IMT Mines Alès) et HSM

#### Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X	X	X		X		

#### Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
	X		





JOURANI Safae

## **Dynamiques des milieux semi-naturels et ressource en eau : quels impacts et quelles pratiques pour une gestion adaptée dans le contexte du changement climatique en milieu méditerranéen ?**

Soutenance prévue en 2026

### **Résumé**

Ma thèse intitulée "*Dynamiques des milieux semi-naturels et ressource en eau*", commencée le 1er décembre 2024, explore les impacts des pratiques de gestion des milieux semi-naturels méditerranéens sur la ressource en eau dans le contexte du changement climatique. Sous la supervision de Didier Josselin, Matthieu Vignal et Pierre-Alain Ayral, cette étude se concentre sur la région des Cévennes, caractérisée par ses forêts variées, un climat méditerranéen, et des événements climatiques extrêmes. L'objectif principal est de comprendre les changements passés et en cours de ces espaces semi-naturels cévenols, ainsi que d'évaluer les relations entre les acteurs locaux et leur gestion de ces espaces en développant un outil d'aide à la décision, pour identifier les évolutions futures et l'impact sur la ressource en eau selon le changement climatique.

La méthodologie repose sur trois volets :

- Une approche rétrospective qui analyse l'évolution des milieux semi-naturels et leurs déterminants, tels que les conditions climatiques, les caractéristiques hydriques et les pratiques de gestion passées.
- Un volet institutionnel qui examine les interactions entre les acteurs locaux et leurs environnements à l'aide d'une modélisation multi-agent (SMA), afin de développer un outil d'aide à la décision pour simuler et anticiper les pratiques de gestion.
- Un volet prospectif qui modélise les effets conjoints du changement climatique et des pratiques de gestion sur les ressources en eau dans la région des Cévennes.

L'objectif final est de proposer des solutions adaptées à l'évolution future des milieux semi-naturels et de la gestion de l'eau, dans un contexte de vulnérabilité accrue face aux événements climatiques extrêmes.

**Encadrement :** Didier JOSSELIN, Matthieu VIGNAL et Pierre-Alain AYRAL

**Laboratoire :** UMR ESPACE





## Rivières et thématiques de la ZABR

Gardon	Cèze	Ardèche	Changement climatique et ressources	Flux, formes, habitats, biocénoses	Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes	Observation sociale des territoires fluviaux
X		X				X

## Thématiques du Site Atelier

Changement climatique	Fonctionnement des rivières	Interactions sociales et gouvernance des bassins versants	Processus écosystémiques et leurs perturbations
		X	X

