

## Accord Cadre ZABR - Agence de l'Eau

### Fiche projet

**2019-n°67 - RADHY Buëch**  
**IRSTEA G-eau, IRSTEA Lyon RiverLy, CNRS - UMR ESPACE-**  
**Représentation intégrée des Adaptations individuelles et des**  
**Dynamiques HYdrologiques sur le bassin du Buëch**

**TITRE DU PROJET :** Représentation intégrée des Adaptations individuelles et des Dynamiques HYdrologiques sur le bassin du Buëch (RADHY Buëch).

**PERSONNES RESSOURCES :**

Bruno Bonté (G-EAU Irstea), Isabelle Braud (RiverLy), Christine Voiron-Canicio (UMR ESPACE)

**EQUIPES DE RECHERCHES ZABR CONCERNEES**

*(équipe membre ou associée de la ZABR)*

- l'unité de recherche RiverLy (Irstea Lyon),
- l'UMR G-EAU (Irstea Montpellier),
- l'UMR ESPACE (Université Côte d'Azur).

**AUTRES PARTENAIRES**

*(préciser leur degré d'implication et leur accord)*

- Recherche :
  - Université de JENA en Allemagne qui a conçu la plateforme de modélisation JAM (le couplage entre ce modèle et les modélisations à base d'agents nécessiteront des évolutions de cette plateforme qui seront menées avec les chercheurs de l'Université de Jena impliqués : Sven Kralisch et Manfred Fink). *Implication et accord* : Nous prévoyons un budget permettant de couvrir 4 semaines d'échange pour 4 personnes entre la France et l'Allemagne pour réaliser les développements nécessaires. Lors d'une première présentation du projet sous une forme légèrement différente, ils nous avaient assuré leur participation en ces termes.
- Institutionnel :
  - EPTB Durance (SMAVD). Nous avons rencontré Philippe Picon (Directeur du Pôle Gouvernance et Ressource en Eau), Sandrine Dhenain (Chargée de la mise en place du SAGE Durance) et Pascal Dumoulin (Chargé de mission Gestion de la ressource en eau). *Implication et accord* : La problématique du projet est à une échelle plus locale que l'échelle à laquelle ils interviennent mais ils se sont déclarés intéressés pour participer plutôt comme observateurs et en appui si besoin. Ils vont suivre les développements du modèle construit dans le projet et les ateliers participatifs de discussion avec les acteurs. Ils seront également des interlocuteurs pour discuter en fin de projet des perspectives du modèle à l'échelle de la Durance.
  - SMIGIBA (Syndicat mixte du Buech). *Implication et accord* : Ils seront des interlocuteurs importants pour discuter des attentes du modèle, des données disponibles et notre relais principal sur le terrain. Nous avons rencontré Carolyne Vassas (directrice du SMIGIBA) et nous lui avons présenté brièvement le projet. Elle s'est déclarée intéressée par un regard extérieur sur la gestion quantitative de l'eau sur le Buëch et pour répondre à nos questions et suivre les développements du modèle construit dans le projet et les ateliers participatifs de discussion avec les acteurs.

- Chambre d'agriculture 05 : Elle sera un interlocuteur important pour les discussions sur l'usage agricole de l'eau et les informations relatives aux enjeux agricoles. Nous avons rencontré Hervé Moynier (Animateur territorial Buëch Baronnies et de l'OUGC Buëch) et lui avons présenté brièvement le projet. *Accord et implication* : Il s'est déclaré intéressé et prêt à nous aider notamment pour répondre à nos questions et nous mettre en contact avec des agriculteurs irrigants.
- DDT 05 : Nous avons rencontré Alexandra Moret (Chargée de mission gestion quantitative pour le Buëch et le Drac) et nous lui avons présenté brièvement le projet. *Accord et implication* : Elle s'est montrée intéressée pour répondre à nos questions et participer au projet et suivre les développements du modèle construit dans le projet et les ateliers participatifs de discussion avec les acteurs.
- AFB 05 : Nous avons rencontré Yannick Pognart (inspecteur de l'environnement sur le bassin du Buëch) nous lui avons présenté brièvement le projet. *Accord et implication* : Il s'est montré intéressé pour répondre à nos questions et participer au projet et suivre les développements du modèle construit dans le projet et les ateliers participatifs de discussion avec les acteurs.
- EdF-LNHE. *Accord et implication* : Ils seront un interlocuteur important pour les discussions sur l'usage « énergie » de l'eau et les informations relatives à la gestion des ouvrages hydro-électriques. Ils avaient accepté de participer aux discussions autour du modèle qui sera construit dans le projet. Lors d'une première présentation du projet sous une forme légèrement différente, ils nous avaient assurés de leur participation en ces termes.
- SCP. *Accord et implication* : Elle sera un interlocuteur important pour les discussions sur les ouvrages hydrauliques et les adaptations au changement climatique. Ils avaient accepté de participer aux discussions autour du modèle construit dans le projet. Lors d'une première présentation du projet sous une forme légèrement différente, ils nous avaient assuré leur participation en ces termes.

#### **THEME DE RATTACHEMENT ZABR**

- Changement Climatique et Ressources (CCR)
- Observation Sociale des Territoires Fluviaux (OSTF)

#### **THEME DE RATTACHEMENT AGENCE DE L'EAU -QUESTIONS AGENCE DE L'EAU**

Thématique : Incidences et adaptations changement climatique.

Q1 : Quelles incidences du changement climatique sur l'évolution du bassin ?

Point 6 : Evaluer la vulnérabilité des territoires au changement climatique sur un plan socio-économique et politique

#### **SITE OU OBSERVATOIRE DE RATTACHEMENT ZABR**

Site Drôme et rivières en tresse

#### **RESUME DU PROJET GLOBAL**

Les chercheurs de l'unité de recherche RiverLy et de l'UMR G-EAU travaillent à la mise au point d'une nouvelle méthode de liaison informatique entre un modèle hydrologique et un modèle de prise de décision d'acteurs basé sur la théorie de l'action situé. Ces travaux se concrétisent depuis octobre 2017 par l'encadrement d'une thèse sur le sujet.

L'objet du projet est de mettre en œuvre cette approche sur un cas de terrain réel : le bassin versant du Buëch. Il s'agira tout d'abord d'étudier des stratégies d'adaptations locales au risque de sécheresse pour différents usages (hydro-électricité, agriculture, milieux et eau potable) sur la base d'entretiens et de groupes de travail. Ces stratégies seront ensuite modélisées et le modèle construit sera couplé avec le modèle hydrologique *J2000 Rhône*<sup>1</sup> recentré sur le bassin du Buëch. Des outils spécifiques de visualisation des résultats de simulations, basés sur la géo-prospective, seront mis au point pour améliorer l'intelligibilité des résultats de simulations par différents types d'acteurs. Plusieurs ateliers de restitution des résultats du modèle seront réalisés sur le terrain pour évaluer: *i.* la validité des résultats du modèle, *ii.* l'intérêt que ces résultats ont pour les acteurs de terrain, *iii.* les outils de visualisation spécifiques.

<sup>1</sup> Modèle hydrologique semi-distribué développé dans le cadre du projet Modélisation hydrologique Distribuée du Rhône financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la CNR et les fonds FEDER.

**LIVRABLES :** Rapport global et note de synthèse de 4 pages

**WP1 : Connaissance des modes de gestion, de prise de décision des acteurs locaux et des leviers d'adaptation qu'ils maîtrisent (responsables O. Barreteau (G-Eau) et E. Sauquet (RiverLy))**

- L1.1 : Une liste d'indicateurs dans et hors hydrologie utilisés par les acteurs dans leur prise de décision sur la ressource.
- L1.2 : Une description des règles de décision des acteurs et des échelles de temps. Caractéristiques de leurs actions associées à une typologie des comportements d'acteurs.

**WP2 : Modélisation couplée du socio-hydrosystème sur le territoire cible (Buëch) (Responsables B. Bonté (G-Eau) et F. Branger (RiverLy))**

- L2.1 : Modèle couplé hydrologie – modélisation à base d'agents et résultats de simulation évalués par rapport aux données.

**WP3 : Explicitation des résultats de simulations et exploration de stratégies d'adaptation à plusieurs échelles (Responsables I. Braud (RiverLy) et Christine Voiron-Canicio (ESPACE))**

- L3.1 : Une analyse critique des limites des représentations modélisées, de la représentativité des acteurs identifiés et des conséquences sur la pertinence des résultats, de la comparaison des performances de scénarios d'adaptation et des avis des acteurs sur ces scénarios

**ENCART 2018-RADHY Buëch-G-EAU** (Bonté Bruno)

- L'UMR G-EAU sera responsable de la coordination du projet assurée par Bruno Bonté. De plus, elle assurera, au travers de la thèse de B. Richard et avec l'aide de stagiaires de Master recrutés par le projet, la réalisation du modèle multi-agents (modèle des usages de l'eau par les acteurs de terrains) et aura la responsabilité du couplage entre le modèle hydrologique et le modèle multi-agents au niveau conceptuel. L'UMR G-Eau prendra en charge les voyages pour interagir avec l'unité de recherche allemande qui a conçu la plateforme JAMS. B. Bonté et B. Richard devront également se rendre sur le terrain et recruter un stagiaire M2 sur le projet pour recueillir les informations nécessaires à la modélisation conceptuelle du modèle d'usage de l'eau. Ils travailleront en relation étroite avec les deux autres équipes. Une fois le modèle conceptuel implémenté par l'UMR RiverLy et la visualisation mise au point par l'UMR Espace, ils organiseront des ateliers participatifs de restitution avec les acteurs locaux du Buëch en coordination avec les partenaires et les membres du projet.

**ENCART 2018-RADHY Buëch-RiverLy** (Braud Isabelle)

- L'équipe Hydrologie des Bassins versants de l'UR RiverLy développe le modèle J2000-Rhône ; c'est I. Braud qui assurera les développements nécessaires au projet sur la partie hydrologie. C'est également elle (en tant que spécialiste du modèle J2000-Rhône) qui sera responsable de la programmation du modèle conceptuel conçu par l'UMR G-EAU. Elle se basera pour cela sur le CDD d'ingénieur d'étude en informatique recruté sur le projet. Les membres de cette équipe devront également se déplacer sur le terrain du Buëch et à Montpellier pour se coordonner avec les autres partenaires et membres du projet.

**ENCART 2018-RADHY Buëch-ESPACE-Nice** (Voiron-Canicio Christine)

- L'équipe d'ESPACE-Nice utilisera la démarche de géo-gouvernance pour mettre en lumière la vision qu'ont les acteurs du devenir de leur territoire. Pour cela, l'information géographique sera placée au cœur du processus participatif, tout au long de l'atelier prospectif. Une enquête socio-spatiale sur la représentation des changements à venir sera effectuée à l'amont de l'atelier, en utilisant comme outil de médiation des paysages de concertation en 3D. L'analyse des réponses permettra de faire émerger un *champ problématique* – domaines dans lesquels il y a un déficit de connaissance ou de compréhension – à partir duquel la connaissance experte issue de la modélisation sera travaillée. Cette connaissance experte, prenant la forme brute de résultats de simulations, sera notamment décomposée et détaillée à différentes échelles spatio-temporelles, afin de rendre intelligible la complexité des dynamiques. Il s'agira de transmettre cette connaissance avec le support le mieux adapté au public donné, pour qu'elle soit reçue, comprise, et qu'elle suscite réactions et discussions. Deux stagiaires seront recrutés pour réaliser les ateliers nécessaires sur le terrain et des déplacements sur le terrain et à Montpellier seront nécessaires pour se coordonner avec les partenaires et membres du projet.

**Remarque : Complémentarité avec le projet Hydropop 2**

Notre projet diffère du projet Hydropop 2 en ce que notre projet consiste à développer une nouvelle méthode générique (transférable à d'autres bassins) de modélisation visant à améliorer la compréhension du comportement du système intégré "usages" / "hydrologie" en représentant explicitement les changements d'usages induits par les changements hydrologiques. Nous avons inclus Nathalie Dubus (UMR ESPACE) du projet Hydropop 2 dans le

projet Radhy Buëch pour faire le lien entre les deux projets et profiter des avancées de Hydropop 2 sur l'alimentation participative des données spatialisées et la mise à disposition des données et du test de mise en situation qui sera réalisé par Hydropop 2 dans la salle de simulation de cellule de crise de l'école des Mines d'Ales.

### **FINALITES ET ATTENDUS OPERATIONNELS (1 p. maxi) :**

En proposant la construction d'une représentation couplée des socio-hydrosystèmes, le projet vise à enrichir les outils existants de représentation des hydrosystèmes par une prise en compte des rétroactions entre décisions des acteurs et fonctionnement de ces hydrosystèmes. La pertinence des outils sera mise à l'épreuve sur le bassin versant du Buëch, aux multiples enjeux, parfois contradictoires en termes de gestion de la ressource en eau et soumis à des pressions fortes appelées à s'intensifier dans un contexte de changement global. Ce travail mené en collaboration active avec les acteurs du territoire visera, à terme, à proposer un outil de suivi de l'état de la ressource en eau pour un meilleur pilotage de cette dernière, via la production d'indicateurs intégrés, définis en accord avec les acteurs. L'outil pourrait aussi permettre de se projeter à 5 ou 10 ans et d'explicitier, d'évaluer et de comparer différentes stratégies d'adaptation. Le projet s'appuiera sur l'expérience et les données acquises notamment dans le projet Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050 R<sup>2</sup>D<sup>2</sup> 2050 (Sauquet et al., 2014) financé précédemment par l'APR GICC 2010 et le projet MDR financé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse.

L'originalité de notre approche est de partir d'un modèle hydrologique déjà ajusté sur un bassin donné sans prise en compte des rétroactions locales liées au système social, et d'étudier l'impact des rétroactions (choix d'irrigations, changements de cultures ou abandons de cultures pendant suite à une période de crise, arrêts sécheresses, ...), et pour ce faire de se baser sur la théorie de l'action située en se focalisant ainsi sur les interactions entre les variables hydrologiques et les comportements des agents. Les objets retenus, médiateurs des interactions entre dynamiques sociales et dynamiques hydrologiques ne sont pas définis *a priori*, mais identifiés à partir de mise en situation, d'enquêtes ou d'observation participante.

Au court du processus de construction du modèle, nous établiront une liste d'indicateurs dans et hors hydrologie utilisés par les acteurs dans leur prise de décision sur la ressource et décrirons les règles de décision des acteurs et les échelles de temps associées.

Le résultat opérationnel attendu pour les parties prenantes de la gestion quantitative de l'eau sur le Buëch (cités dans les partenaires institutionnels) est de disposer d'une vision co-construite de leur territoire qui permette de visualiser de manière intelligible et donc de mettre en débat, à la fois les aspects quantitatifs locaux liés à la gestion de l'eau (débits des différents affluents), les enjeux et les marges de manœuvres pour les différents usages (hydro-électricité, agriculture, milieux et eau potable).

Cette vision co-construite prendra la forme d'un modèle (programme informatique) permettant de simuler conjointement les dynamiques hydrologiques et les décisions des acteurs sur le terrain pour visualiser les effets de l'hydrologie sur les usages et vis-versa.

Nous analyserons enfin la manière dont les différents acteurs (usagers et institutionnels) s'approprient le modèle et les attentes qu'ils ont de ce type d'outil. Enfin, nous définiront des scénarios avec ces acteurs de terrain et les testeront avec eux sur le simulateur. Les scénarios ainsi construits resteront hypothétiques et une discussion sera menée avec les participants sur la pertinence des résultats obtenus et l'adéquation avec leurs propres visions du futur.

### **OBJECTIFS ET METHODOLOGIE (2 p. maxi) :**

Le projet est organisé en 3 WPs complémentaires dont les objectifs sont détaillés ci-dessous.

#### **WP1 : Connaissance des modes de gestion, de prise de décision des acteurs locaux et des leviers d'adaptation qu'ils maîtrisent (responsables O. Barreteau (G-Eau) et E. Sauquet (RiverLy))**

Objectifs : Cette tâche a pour objectif d'explicitier, au niveau des acteurs locaux d'un territoire cible, les mécanismes conduisant à la prise de décision vis-à-vis de la gestion de la ressource en eau, et en particulier à définir les variables qu'il perçoit dans son environnement, notamment les variables hydrologiques, qui interviennent dans cette prise de décision. On essaiera d'identifier les leviers d'action, face à la pénurie d'eau, perçus par ces acteurs, comme étant de leur ressort. Ces informations serviront d'entrée pour la modélisation à base d'agents développée dans le WP2.

#### Méthodes :

Les résultats des projets précédents, notamment de R<sup>2</sup>D<sup>2</sup> 2050 (Sauquet et al., 2014), permettront une première identification des acteurs à considérer, liste qui pourra être complétée en fonction des manques identifiés. Le comportement des acteurs sera analysé en s'appuyant d'abord sur des entretiens semi-directifs menés auprès

des acteurs locaux ainsi que, si le contexte s'y prête, des mises en situation (sur le modèle de Wat-a-Game<sup>2</sup>, développé à l'UMR G-Eau). Les guides d'entretien seront élaborés en collaboration avec les gestionnaires qui ont déjà mis en place des ateliers et identifié les angles de présentation susceptibles de mobiliser au mieux les acteurs sur la problématique ciblée par le projet. Ces informations viendront enrichir des comportements types issus de la littérature. Des premiers entretiens semi-directifs seront menés par l'équipe. Dans un second temps un stage sera réalisé sur des aspects plus précis.

#### Livrables :

- L1.1 : Une liste d'indicateurs dans et hors hydrologie utilisés par les acteurs dans leur prise de décision sur la ressource.
- L1.2 : Une description des règles de décision des acteurs et des échelles de temps. Caractéristiques de leurs actions associées à une typologie des comportements d'acteurs.

### **WP2 : Modélisation couplée du socio-hydrosystème sur le territoire cible (Buëch) (Responsables B. Bonté (G-Eau) et F. Branger (RiverLy))**

Objectifs : L'objectif de cette tâche est la construction, la mise en œuvre et l'évaluation de l'outil de modélisation couplée du socio-hydrosystème. Ceci inclut les étapes suivantes :

- Amélioration/adaptation de la modélisation pour être compatible avec les variables pertinentes pour la gestion définies par les acteurs locaux et collectifs et pour calculer les indicateurs attendus ;
- Formalisation du comportement des acteurs via une modélisation à base d'agents après définition des acteurs à représenter et de leurs règles de prise de décision ;
- Couplage des deux outils de modélisation dans la plateforme JAMS (couplage dynamique et à deux directions) ;
- Analyse de l'effet d'une représentation explicite des acteurs locaux (exploitants agricoles, services de l'état, etc.) sur l'état des hydrosystèmes et les rétroactions correspondantes ;
- Evaluation de la vraisemblance du modèle couplé et de ses performances par comparaison aux données disponibles.

#### Méthodes :

La plateforme de modélisation JAMS, développée à l'Université de Jena en Allemagne, servira de base aux développements. Elle offre des fonctionnalités pour l'intégration de nouveaux modules, que les hydrologues de RiverLy ont déjà utilisées pour construire le modèle J2000\_Usages intégrant une représentation des principaux usages (ouvrages et dérivations, irrigation et eau potable). La bibliothèque de modules de JAMS sera enrichie de modules représentant le comportement des acteurs, avec le soutien de l'Université de Jena qui développe la plateforme et que nous associons au projet via des séjours de chercheurs entre l'Allemagne et la France.

Une première étape sera l'adaptation du modèle hydrologique pour qu'il simule les variables pertinentes pour la modélisation à base d'agents. A titre d'illustration, le modèle J2000 déployé sur le Rhône fonctionne au pas de temps journalier et les mailles de calcul sont des HRU (Hydrological Response Units) dont la taille moyenne est 5 km<sup>2</sup>. Les brins de rivières modélisés ont une longueur moyenne de 5.5 km. Les résultats du WP1 sur les variables pertinentes et leurs échelles représentatives pour les acteurs seront dans un premier temps intégrés à la modélisation, afin de les avoir aux échelles désirées. Ceci pourra nécessiter un premier travail d'agrégation/désagrégation des variables calculées par le modèle.

La seconde étape du travail sera la formalisation et la programmation informatique de stratégies des différents acteurs pris en compte (identifiés par le travail réalisé dans le WP1) et leurs règles de décision vis-à-vis de la ressource en eau. Pour ce faire, nous proposons de nous appuyer sur des concepts d'action située (où ce sont les variables de l'environnement immédiat de l'acteur - dont des variables hydrologiques qui auront été identifiées dans le WP1 - qui conditionnent sa décision) pour représenter les comportements individuels et la stigmergie, qui consiste à représenter la coordination des agents sous la forme d'interactions indirectes qui ont lieu via les objets de l'environnement (des ressources par exemple) qui motivent la coordination, pour la modélisation des comportements collectifs.

L'étape finale sera le couplage dans JAMS du modèle hydrologique et du modèle à base d'agents. Ce travail sera mené en collaboration avec l'Université de Jena afin de définir la meilleure solution technique, puisque ce type de couplage n'a pas encore été implémenté dans JAMS. Ces deux dernières étapes seront menées en parallèle, ce qui permettra, dans une approche d'évaluation incrémentielle, d'analyser pas à pas, les conséquences sur les sorties de simulation obtenues au niveau de l'hydrosystème, d'un enrichissement progressif de la partie modélisation à base d'agents du modèle couplé. Ces tests seront *a priori* réalisés sur la période présente (1987-2012) qui correspond à la période sur laquelle les données sur les usages sont disponibles sur le sous-bassin du Buëch. L'impact de la prise en compte des rétroactions entre dynamiques sociales et hydrométéorologiques sera analysé sur un ensemble d'indicateurs liés aux basses eaux, ainsi qu'aux différents usages modélisés. La comparaison aux données disponibles permettra de juger du réalisme du modèle couplé proposé.

#### Livrables :

- L2.1 : Modèle couplé hydrologie – modélisation à base d'agents et résultats de simulation évalués par rapport aux données.

### **WP3 : Explicitation des résultats de simulations et exploration de stratégies d'adaptation à plusieurs échelles (Responsables I. Braud (RiverLy) et Christine Voiron-Canicio (ESPACE))**

Objectifs : Les deux WPs précédents permettront la mise en place de la modélisation couplée des dynamiques sociales et hydro-climatiques. Une fois l'approche évaluée et son réalisme attesté, nous disposerons d'un simulateur permettant d'étudier les effets complexes des rétroactions conjointes du système social sur le système hydrologique et vis-versa. Le simulateur obtenu permettra de générer des scénarios possibles mais son caractère prédictif est limité en raison de sa complexité. L'intérêt principal de l'outil produit est la déconstruction, avec les acteurs de terrain, du système complexe qu'est le socio-hydrosystème. Le simulateur peut aider à cela en permettant de générer de nombreux scénarios possibles que l'on peut étudier ensemble comme autant de cas d'études. Or, comme le modèle comporte de nombreuses variables définies à différentes échelles et qui évoluent au cours du temps, le comportement du simulateur obtenu n'est pas facile à appréhender, ni par les acteurs de terrain, ni même parfois par les chercheurs et les experts qui l'ont construit. Le premier objectif de ce WP consiste à trouver le type de représentation qui convient le mieux à chaque type d'acteurs concerné par le modèle et à l'utiliser pour améliorer l'intelligibilité du modèle construit dans les WP1 et WP2 en utilisant comme outil de médiation des paysages de concertation en 3D (Loubier et al., 2017 ; Voiron-Canicio, 2013). Le second objectif sera de réaliser des ateliers prospectifs incluant plusieurs échelles (individuelles à l'échelle de l'utilisateur et collectives à l'échelle du bassin du Buëch).

#### Méthodes :

- Des ateliers prospectifs regroupant des panels d'acteurs proches seront utilisés à cet effet. Ils permettront aussi d'identifier les leviers d'adaptation aux différentes échelles et les indicateurs pour juger de la «performance» de la gestion.
- Séminaire de restitution et échanges avec les acteurs sur les résultats et nouvelles simulations selon les retours
- Définition avec les acteurs de leur besoin en termes d'outils de suivi de la gestion.
- Le travail en atelier sur les scénarios futurs débutera par le recueil, auprès des participants, des représentations qu'ils ont du devenir de leur territoire. Comment perçoivent-ils les changements à venir, quels sont les problèmes identifiés, les incertitudes, les craintes, mais également les potentialités du territoire ? Les mêmes questions seront posées aux participants à la fin des ateliers prospectifs, afin de déceler les changements de perception, leur nature, et *a contrario*, les résistances.

#### Livrables :

- L3.1 : Une analyse critique des limites des représentations modélisées, de la représentativité des acteurs identifiés et des conséquences sur la pertinence des résultats, de la comparaison des performances de scénarios d'adaptation et des avis des acteurs sur ces scénarios.

### **DUREE DU PROJET:**

2 ans

### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Afoutni, Z., 2015. Un modèle multi-agents pour la représentation de l'action située basée sur l'affordance et la stigmergie. Thèse de doctorat de l'université de la Réunion.
- Anderies, J. M. 2015. Understanding the Dynamics of Sustainable Social-Ecological Systems: Human Behavior, Institutions, and Regulatory Feedback Networks. *Bulletin of Mathematical Biology*, 77(2):259-280.
- Barreteau, O., Sauquet, E., Riaux, J., Gailliard, N., Barbier, R., 2014. Agent Based Simulation of Drought Management in Practice. In: Kaminski, B., Koloch, G. (Eds.), *Advances in Social Simulation. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 237-248.
- Berger, T., Birner, R., Díaz, J., McCarthy, N., Wittmer, H., 2007. Capturing the complexity of water uses and water users within a multi-agent framework. In: Craswell, E., Bonnell, M., Bossio, D., Demuth, S., Van De Giesen, N. (Eds.), *Integrated Assessment of Water Resources and Global Change*. Springer Netherlands, 129-148.
- Branger, F., Gouttevin, I., Tilmant, F., Cipriani, T., C., Barachet, Montginoul, M., Le Gros, C., Sauquet, E., Braud, I., Leblois, E., 2016. Modélisation hydrologique du Rhône, rapport final.
- Castilla-Rho, J.C., Mariethoz, G., Rojas, R., Andersen, M.S., Kelly, B.F.J., 2015. An agent-based platform for simulating complex human-aquifer interactions in managed groundwater systems. *Environmental Modelling & Software*, 73: 305-323.
- Conein, B., Jacopin, E., 1994. Action située et cognition. *Sociologie du Travail*, 94(4): 475-500.
- Dorigo, M., Bonabeau, E., Theraulaz, G., 2000. Ant algorithms and stigmergy. *Future Generation Computer Systems*, 16(8): 851-871, 2000.
- Drogoul, A., 1993. De la simulation multi-agent à la résolution collective de problèmes. Une étude de l'émergence de structures d'organisation dans les systèmes multi-agents. Thèse de doctorat, Université Paris VI.
- Leng, G., Tang, Q., Huang, M., Leung, L.-y.R., 2015. A comparative analysis of the impacts of climate change and irrigation on land surface and subsurface hydrology in the North China Plain. *Reg Environ Change*, 15(2): 251-263.

- Loubier, J-C., Voiron-Canicio, C., Genoud, D., Hunacek, D., Sant, F., 2017. Modélisation géoprospective et simulation paysagère 3D immersive. *Revue Internationale de Géomatique*, 4/2017, 547-566.
- Mazzega, P., Therond, O., Debril, T., March, H., Sibertin-Blanc, C., Lardy, R., Sant'ana, D., 2014. Critical multi-level governance issues of integrated modelling: An example of low-water management in the Adour-Garonne basin (France). *Journal of Hydrology*, 519, Part C: 2515-2526.
- Sauquet E., Arama Y., Blanc-Coutagne E., Bouscasse H., Branger F., Braud I., Brun J.-F., Cherel J., Cipriani T., Detry T., Ducharne A., Hendrickx F., Hingray B., Krowicki F., Le Goff I., Le Lay M., Magand C., Malerbe F., Mathevet T., Monteil C., Perrin C., Poulhe P., Rossi A., Samie R., Strosser P., Thirel G., Tilmant F., Vidal J.-P., 2014. *Projet R<sup>2</sup>D<sup>2</sup> 2050 Risque, Ressource en eau et gestion Durable de la Durance en 2050*, Rapport de fin de contrat, programme Gestion et Impact du Changement Climatique (GICC), 243 pp.
- Vogel, R.M., Lall, U., Cai, X., Rajagopalan, B., Weiskel, P.K., Hooper, R.P., Matalas, N.C., 2015. Hydrology: The interdisciplinary science of water. *Water Resources Research*, 51(6): 4409-4430.
- Voiron-Canicio, C., 2013. Déceler les espaces à enjeux pour l'aménagement, in *Géogouvernance, utilité sociale de l'analyse spatiale*, Masson-Vincent M., Dubus N. Ed., Collection Update, Editions Quae, p. 171-182.

#### - 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.

[www.zabr.org](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** : 250 000€ à 300 000€/an