

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

## Convention de partenariat au titre de la CHAIRE GeEAUde

**Entre :**

### **AVIGNON UNIVERSITE**

Etablissement Public à caractère scientifique, culturel et professionnel dont le siège se situe 74 rue Louis Pasteur 84029 AVIGNON Cedex 1 représenté par son président, M. Georges LINARES,

Immatriculé au SIRET n° 198 406 852 00204 - Code APE 85.42Z

agissant au nom et pour le compte du Laboratoire EMMAH, UMR 1114, représenté par son Directeur Adjoint, Konstantinos CHALIKAKIS,

Ci-après désignée par « **Avignon Université** » ou le « **COORDINATEUR** »,

**Et**

### **La Ville d'Avignon**

dont le siège est situé place de l'horloge, 84045 AVIGNON Cedex 9, représentée par Madame Cécile HELLE agissant en qualité de Maire,

Ci-après désignée « **la Ville d'Avignon** »,

Ci-après individuellement désigné par la « **PARTIE** » ou collectivement désignés par les « **PARTIES** ».

### **ETANT PREALABLEMENT EXPOSE**

Les instances de l'Université d'Avignon ont validé, le 8 mai 2023, le projet de création de chaire partenariale ayant pour but de développer la recherche, l'innovation et la formation sur la « Dynamique des ressources en eau souterraine et Interactions avec les écosystèmes associés (GeEAUde) ».

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

En application de cette décision, un accord de consortium a été formalisé par Avignon Université et les autres membres fondateurs (IFPEN et INRAE) afin de définir les modalités de fonctionnement de la chaire partenariale et les droits et obligations de chacun des membres.

Avignon Université a reçu mandat des autres membres fondateurs susmentionnés pour contractualiser avec tout nouveau membre de la chaire GeEAUde son soutien à la chaire.

La Ville d'Avignon, au titre de ses compétences, intervient sur le cycle complet de l'eau : distribution de l'eau potable, traitement des eaux usées et évacuation des eaux pluviales, gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations.

La Ville d'Avignon a exprimé le souhait auprès du responsable de la Chaire de rejoindre cette dernière en qualité de MEMBRE ASSOCIE.

Les membres fondateurs de la Chaire ont accepté l'intégration de la Ville d'Avignon à la Chaire en qualité de MEMBRE ASSOCIE.

Dans ce cadre, il convient désormais de fixer les modalités de partenariat entre la Ville d'Avignon et les autres membres à travers la présente convention de partenariat (ci-après « **Convention** »).

## **EN CONSEQUENCE, IL EST CONVENU ET ARRÊTÉ CE QUI SUIT :**

### **ARTICLE 1 - DEFINITIONS**

Les mots en majuscule auront le sens défini dans la présente Convention.

**ACCORD** : désigne l'accord de consortium conclu entre les MEMBRES FONDATEURS définissant les conditions et modalités de réalisation de la CHAIRE GeEAUde ayant pris effet le 8 mai 2023.

**CHAIRE GeEAUde** : désigne la chaire partenariale créée par Avignon Université et ayant pour but de développer la recherche, l'innovation et la formation sur la « Dynamique des ressources en eau souterraine et Interactions avec les écosystèmes associés (GeEAUde) », objet de l'ACCORD, et dont le programme est défini en annexe 1.

**COMITE DE PILOTAGE** : désigne l'instance de pilotage, telle que décrite en article 3.2.

**COMITE DE SUIVI** : désigne l'instance exécutive, décrite à l'article 3.1.

**CONSEIL D'ORIENTATION** : désigne l'instance consultative de la Chaire GeEAUde, telle que décrite à l'article 3.3.

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

**COORDINATEUR** : désigne Avignon Université, à l'initiative de la CHAIRE GeEAUde et responsable de la formalisation contractuelle, par accord séparé, de la CHAIRE GeEAUde avec chacun des MEMBRES. Il est représenté scientifiquement par le RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

**MEMBRES** : désigne les MEMBRES FONDATEURS, les MEMBRES PARTENAIRES et les MEMBRES ASSOCIES.

**MEMBRES FONDATEURS** : désignent les membres de la CHAIRE GeEAUde engagés dès son montage et dans les conditions définies à l'ACCORD. Avignon Université, IFPEN et INRAE sont les MEMBRES FONDATEURS.

**MEMBRES PARTENAIRES** : désignent les membres rejoignant la CHAIRE GeEAUde dans les conditions définies dans l'ACCORD et s'engageant sur un soutien financier et/ou humain. Leur objectif est de pouvoir bénéficier de l'expertise de la CHAIRE GeEAUde, des RESULTATS et d'une représentation au COMITE DE PILOTAGE. Enfin, ils partagent un objectif de visibilité par la promotion et la valorisation de la CHAIRE GeEAUde

**MEMBRES ASSOCIES** : désignent les membres qui souhaitent soutenir la CHAIRE GeEAUde et y participeront dans les conditions définies dans l'ACCORD. Ils soutiennent la CHAIRE GeEAUde et participent à la vie de la CHAIRE GeEAUde sans participer aux travaux scientifiques. Leur objectif est la promotion de la CHAIRE GeEAUde et la promotion et la communication de leurs activités à travers leur adhésion à la CHAIRE GeEAUde.

Il est convenu que les MEMBRES ASSOCIES ne peuvent être que des institutions publiques, sauf accord contraire du COMITE DE SUIVI.

## **ARTICLE 2 - OBJET DE L'ACCORD**

La Ville d'Avignon a décidé de soutenir, en qualité de MEMBRE ASSOCIE, la chaire partenariale de recherche créée par Avignon Université dite CHAIRE GeEAUde et ayant pour but de développer la recherche, l'innovation et la formation sur la « Dynamique des ressources en eau souterraine et Interactions avec les écosystèmes associés ».

Les projets de recherche se structurent dans le cadre du programme scientifique de la CHAIRE GeEAUde défini dans l'Annexe 1.

La présente Convention a pour objet d'établir les relations entre la Ville d'Avignon et les MEMBRES de la CHAIRE GeEAUde.

## **ARTICLE 3 - GOUVERNANCE DE LA CHAIRE GeEAUde**

Pour la réalisation de la CHAIRE et plus généralement pour assurer son bon fonctionnement, des instances de gouvernance suivantes ont été mises en place.

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

### 3.1 : Le COMITE DE SUIVI

Le COMITE DE SUIVI est composé de six (6) représentants dont deux (2) pour chaque MEMBRE FONDATEUR.

Le COMITE DE SUIVI est une instance de réflexion, de concertation, de mise en œuvre et de décision sur les orientations de la CHAIRE GeEAUde.

### 3.2 : Le COMITE DE PILOTAGE

Le COMITE DE PILOTAGE est composé de 6 (six) représentants des MEMBRES FONDATEURS, (2 représentants AVIGNON UNVERSITE 2 représentants IFPEN et 2 représentants INRAE), ainsi que d'un (1) représentant pour chaque MEMBRE PARTENAIRE.

Le COMITE DE PILOTAGE est présidé par le RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

Le COMITE DE PILOTAGE a pour mission générale de veiller à maintenir l'accord des MEMBRES sur les orientations générales et scientifiques de la CHAIRE GeEAUde et valider toute évolution de la stratégie générale ou du périmètre de la CHAIRE GeEAUde.

### 3.3 : Le CONSEIL D'ORIENTATION

Le CONSEIL D'ORIENTATION est composé de personnalités expertes nommées par le COMITE DE PILOTAGE.

Le CONSEIL D'ORIENTATION, organe consultatif, conseillera sur les grandes orientations stratégiques et techniques de la CHAIRE GeEAUde.

### 3.4 : Le COORDINATEUR DE LA CHAIRE

Avignon Université, MEMBRE FONDATEUR, assure également le rôle de COORDINATEUR de la CHAIRE GeEAUde.

#### **3.4.1 – Représentation du COORDINATEUR**

Le COORDINATEUR de la CHAIRE GeEAUde est représenté par le RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

Le COORDINATEUR désigne comme RESPONSABLE DE LA CHAIRE Monsieur Konstantinos CHALIKAKIS, pour toute la durée de la CHAIRE GeEAUde.

#### **3.4.2 - Les missions du COORDINATEUR DE LA CHAIRE GeEAUde**

Le COORDINATEUR, à travers le rôle du RESPONSABLE DE LA CHAIRE, a pour mission de veiller à la bonne exécution de la CHAIRE GeEAUde.

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

#### **ARTICLE 4 - DROIT ET OBLIGATIONS DU MEMBRE ASSOCIE**

Le présent ACCORD est conclu pour reconnaître l'intégration de la Ville d'Avignon comme MEMBRE ASSOCIE de la CHAIRE GeEAUde.

La présente Convention vaut engagement d'adhésion aux dispositions de l'ACCORD qu'elle reprend.

En sa qualité de MEMBRE ASSOCIE, la Ville d'Avignon adhère au programme de la CHAIRE GeEAUde dans les conditions définies ci-après :

Les MEMBRES ASSOCIES ne participent pas de manière active aux travaux de recherche de la CHAIRE GeEAUde et ne siègent pas au COMITE DE PILOTAGE.

En conséquence, l'ensemble des MEMBRES ASSOCIES n'a pas de droit d'accès privilégié sur les RESULTATS.

Les MEMBRES ASSOCIES peuvent participer et peuvent être sollicités pour leur aide, dans le respect de leurs moyens, dans le cadre des événements organisés par la CHAIRE GeEAUde et dans le cadre des actions de valorisation de la CHAIRE GeEAUde. Les MEMBRES ASSOCIES peuvent soumettre toute proposition dans le cadre de leur participation à la CHAIRE GeEAUde auprès du RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

En fonction de leur contribution, le COORDINATEUR s'engage à classer les MEMBRES ASSOCIES selon leurs apports pour toute publication, sur le site internet et dans le cadre de tout évènement.

#### **ARTICLE 5 – CONTRIBUTION DU MEMBRE**

Les PARTIES conviennent que la Ville d'Avignon ne contribue pas directement au financement de la CHAIRE GeEAUde.

Néanmoins, les PARTIES reconnaissent que la Ville d'Avignon apporte son soutien institutionnel à la CHAIRE GeEAUde notamment en accordant un droit d'utiliser le logo de la Ville d'Avignon dans les conditions définies ci-après au sein de l'article 7.

#### **ARTICLE 6 - RETRAIT**

Les MEMBRES ASSOCIES sont en droit de demander le retrait de leur participation à la CHAIRE GeEAUde pour tout motif quel qu'il soit et à partir de la première (1ère) année d'adhésion.

Cette résiliation ne peut devenir effective qu'un (1) mois à compter de l'envoi d'une lettre recommandée avec accusé réception par le MEMBRE ASSOCIE au COORDINATEUR à l'adresse suivante :

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

*Avignon Université*

*Direction d'Appui à la Recherche et à l'Innovation*

*A l'attention du pôle valorisation de la recherche*

*74, Rue Louis Pasteur*

*84029 Avignon Cedex 1*

Avec en complément un courriel de notification au RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

La résiliation de leur convention de partenariat prendra effet à compter de la date de réception du courrier recommandé par le COORDINATEUR.

## **ARTICLE 7 - PUBLICATIONS ET COMMUNICATION**

Pendant toute la durée de la Convention, le COORDINATEUR pourra faire état publiquement du soutien accordé par la Ville d'Avignon.

Le COORDINATEUR spécifiera le statut de chaque MEMBRE dans le cadre de la CHAIRE GeEAUde et fera apparaître les dénominations sociales, marques et/ou logos sur tous les supports appropriés de communication ou de promotion de la CHAIRE GeEAUde, et en particulier, sur toutes ses publications, supports de relations publiques, ses lettres d'informations et son site internet.

A ce titre et uniquement dans le cadre de la réalisation de la CHAIRE GeEAUde ou en lien avec la CHAIRE GeEAUde, pendant toute la durée de la Convention, la Ville d'Avignon autorise le COORDINATEUR à :

- Faire usage de leur dénomination sociale et de leur marque et/ ou logo, sur tous les supports de communication interne et externe, sous réserve d'avoir soumis au préalable lesdits supports de communication ;
- Mentionner son nom sur son site internet ou son véhicule de communication au public en ligne dédié à la recherche.

Cette autorisation ne confère au COORDINATEUR aucun droit, titre de propriété, ni intérêt sur les dénominations sociales, marques et/ou logos.

Le COORDINATEUR s'engage à ce que tous les projets d'actions de communication, à usage interne ou externe de la CHAIRE GeEAUde, faisant référence soit à la dénomination sociale des MEMBRES de la CHAIRE GeEAUde soit à leur marque et/ou logo :

- Ne porte pas atteinte aux intérêts à l'image et à la réputation des MEMBRES de la CHAIRE GeEAUde ;
- Ne porte pas atteinte aux activités des MEMBRES de la CHAIRE GeEAUde ;

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

- Respecte les indications graphiques liées à la reproduction des marques et/ou logos remis par les MEMBRES telles que les chartes graphiques.

Le logo à utiliser pour toute communication dans le cadre de la CHAIRE GeEAUde est le suivant :



## **ARTICLE 8 – RESPONSABILITE ET ASSURANCES**

### **8.1 : DOMMAGES AUX PERSONNES**

#### **8.1.1 - Dommages aux tiers**

Chacune des PARTIES reste responsable dans les conditions du droit commun des dommages que son personnel pourrait causer aux tiers à l'occasion de la réalisation de la Convention.

Les PARTIES ne pourront en aucun cas être tenues solidairement responsables du préjudice qui pourrait être causé à un tiers par la PARTIE responsable.

#### **8.1.2 - Couverture sociale du personnel**

Chacune des PARTIES prend en charge la couverture de son personnel conformément à la législation applicable dans le domaine de la sécurité sociale, du régime des accidents du travail et des maladies professionnelles dont il relève et procède aux formalités qui lui incombent.

La réparation des dommages subis par ces personnels du fait ou à l'occasion de la réalisation de la Convention s'effectue donc à la fois dans le cadre de la législation relative à la sécurité sociale et au régime des accidents du travail et des maladies professionnelles, et dans le cadre de leur statut propre.

### **8.2 : DOMMAGE AUX BIENS**

Chacune des PARTIES est responsable, dans les conditions de droit commun, des dommages qu'elle cause du fait ou à l'occasion de la réalisation de la Convention aux biens mobiliers ou immobiliers d'une autre PARTIE sous réserve de l'article ci-après.

### **8.3 : DOMMAGE AUX PARTIES**

Chacune des PARTIES exécutera, sous sa seule et entière responsabilité les obligations qu'elle a contractées par la présente Convention.

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

Les PARTIES conviennent que les dommages immatériels et indirects, tels que notamment les pertes de profit, de production ou d'image, du fait ou à l'occasion de la résiliation de la Convention sont exclus de toute réparation.

#### 8.4 : ASSURANCES ET LIMITE DE RESPONSABILITE

Chaque PARTIE devra en tant que de besoin, souscrire et maintenir en cours de validité les polices d'assurance nécessaires pour garantir les éventuels dommages aux biens et aux personnes qui pourraient survenir dans le cadre de la réalisation de la Convention étant entendu que certaines PARTIES, étant leur propre assureur, ne sont pas soumises à cette obligation.

#### **ARTICLE 9 - DUREE DE L'ACCORD**

La Convention entrera en vigueur à compter de la signature de la dernière des PARTIES et prendra fin à l'expiration de la CHAIRE GeEAUde soit le 7 mai 2028.

Une prolongation de la CHAIRE GeEAUde et donc de la Convention pourra être proposée par le RESPONSABLE DE LA CHAIRE (1) un an avant leur terme.

La prolongation portera sur une nouvelle durée de (5) cinq ans et donnera lieu à l'établissement d'avenants.

L'échéance, la résiliation ou l'annulation de la présente Convention ne portera pas atteinte aux dispositions des articles précédents, tant que les droits et obligations qui y sont décrits continuent de produire des effets.

#### **ARTICLE 10 - INTUITU PERSONAE**

La présente Convention est conclu intuitu personae.

En conséquence, la Ville d'Avignon, MEMBRE ASSOCIE ne sera autorisée à transférer à un tiers tout ou partie des droits et obligations qui en découlent pour elle, sans un accord préalable et écrit.

De façon générale, en cas de transfert à un tiers, le COMITE DE PILOTAGE devra être informé via le RESPONSABLE DE LA CHAIRE. Son accord sera réputé acquis à l'issue du délai d'un (1) mois calendaire si le COMITE DE PILOTAGE n'a pas émis d'objection ou si l'un des MEMBRES DU COMITE DE PILOTAGE n'a pas fait valoir dans ce délai un intérêt légitime justifiant son opposition.

En cas de changement de contrôle au sens de l'article L233-1 et L233-3 du code de commerce, le MEMBRE affecté s'engage à informer sans délai le RESPONSABLE DE LA CHAIRE.



Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

## **ARTICLE 11 - FORCE MAJEURE**

Aucune PARTIE ne sera responsable de la non-réalisation totale ou partielle de ses obligations provoquées par un événement constitutif de force majeure au sens de l'article 1218 du Code Civil et de la jurisprudence française.

Si la Ville d'Avignon invoque un événement constitutif de force majeure, il devra en aviser le RESPONSABLE DE LA CHAIRE dans les (7) sept jours calendaires suivant la survenance de cet événement. Le RESPONSABLE DE LA CHAIRE en avisera les autres MEMBRES dans les sept (7) jours calendaires suivant la réception de cette information.

Les délais de réalisation pourront être prolongés pour une période déterminée d'un commun accord avec le RESPONSABLE DE LA CHAIRE.

## **ARTICLE 12 - LITIGE ET DROIT APPLICABLE**

La Convention est soumise au droit Français.

En cas de différend entre les PARTIES, à l'occasion de l'interprétation ou de l'exécution de la Convention, les PARTIES se concerteront en vue de parvenir à une solution à l'amiable dans un délai de trois (3) mois à compter de la notification par une PARTIE à une autre. A défaut d'accord amiable, les différends seront portés devant les tribunaux compétents par la PARTIE la plus diligente.

## **ARTICLE 13 - STIPULATIONS DIVERSES**

### 13-1 : ORDRE DE PRIORITE

Avignon Université a reçu mandat de la part des MEMBRES FONDATEURS de la CHAIRE GeEAUde au titre de l'accord de consortium de la CHAIRE GeEAUde en date du 8 mai 2023. Les PARTIES conviennent de s'y référer en tant que besoin.

Néanmoins, en cas de contradiction la Convention entre la Ville d'Avignon et Avignon Université prévaudra.

### 13.2 : NULLITE

Dans l'hypothèse où une ou plusieurs des stipulations de la Convention serait contraire à une loi ou un texte légalement applicable, cette loi ou ce texte prévaudrait, et les PARTIES feront les modifications nécessaires pour se conformer à cette loi ou à ce texte. Toutes les autres stipulations de la Convention resteraient en vigueur et les PARTIES feront leurs meilleurs efforts pour trouver une solution alternative dans l'esprit de la Convention.

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

### 13.3 : OMISSIONS

Le fait par l'une ou l'autre des PARTIES d'omettre de se prévaloir d'une ou plusieurs stipulations de la Convention, ne pourra en aucun cas impliquer renonciation de ladite PARTIE à s'en prévaloir ultérieurement.

### 13.4: MODIFICATION

La Convention annule et remplace toute convention antérieure écrite ou orale, entre les PARTIES sur le même objet et il constitue l'accord entier entre les PARTIES sur cet objet.

La Convention pourra être modifiée par voie d'avenant signé par les PARTIES.

## **14 - LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE 1 – PROGRAMME SCIENTIFIQUE DE LA CHAIRE GeEAUde

Signé en deux (2) exemplaires originaux

<p>Le COORDINATEUR <b>Avignon Université</b> Georges LINARES Président Date : Signature :</p>	<p>Le MEMBRE ASSOCIE <b>La Ville d'Avignon</b> Cécile HELLE Maire Date : Signature :</p>
---	--

## ANNEXE 1 – PROGRAMME SCIENTIFIQUE DE LA CHAIRE GeEAUde

### I. Fiche identité de la Chaire GeEAUde

Nom complet	<p><b>Dynamique des ressources en eau souterraine et Interactions avec les écosystèmes associés</b></p> <p>/</p> <p><b>Groundwater resources dynamics and interactions with associated ecosystems</b></p>
Acronyme ou nom court le cas échéant	<b>GeEAUde</b>
Membres fondateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Avignon Université - UMR EMMAH</li> <li>➤ INRAE (département AQUA)</li> <li>➤ IFP Energies nouvelles (IFPEN)</li> </ul>
Durée	<b>5 ans</b>
Résumé	<p>L'<b>objectif global</b> de la Chaire partenariale GeEAUde est de <b>développer, tester et promouvoir</b> des <b>outils</b> et des <b>approches holistiques</b> pour <b>caractériser et modéliser</b> les <b>ressources en eau souterraine</b>, ainsi <b>que proposer des stratégies de gestion durable</b> adaptées au <b>contexte Méditerranéen</b> dans le <b>cadre des changements globaux</b>. Les <b>travaux de recherche</b> de la Chaire partenariale GeEAUde porteront sur la <b>dynamique de l'eau au sein des hydrosystèmes souterrains et leurs interactions</b>, présentes et futures, avec <b>les eaux de surface</b> (terrestres et marines) ainsi qu'avec les <b>écosystèmes associés</b>.</p> <p>La Chaire partenariale GeEAUde vise, dans un premier temps et dès 2023, à <b>pérenniser et soutenir</b> la <b>collaboration stratégique entre Avignon Université INRAE et IFPEN</b> en instaurant un <b>cadre institutionnel</b> pour soutenir la <b>construction conjointe de projets de recherche, la mise en commun de moyens techniques, humains et financiers</b> visant à répondre aux <b>problématiques scientifiques autour des ressources en eau souterraine</b>. Dans un deuxième temps, la chaire va <b>s'ouvrir à d'autres partenaires privés et publics, nationaux et internationaux</b>, afin de fédérer et mettre en place une <b>recherche opérationnelle de haut niveau permettant de répondre efficacement aux besoins en eau</b>, enjeux cruciaux de la société. Divers moyens d'adhésion ou niveaux d'implication pour les partenaires associés sont envisagés.</p>

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

## II. Contexte, positionnement et objectifs de la proposition

### Contexte scientifique et positionnement par rapport à l'état de l'art

**Plus grande réserve d'eau douce du globe accessible, les eaux souterraines jouent un rôle central pour le maintien des écosystèmes et l'adaptation de l'homme aux changements globaux.** Il est actuellement reconnu que les ressources en eau souterraine en Méditerranée sont soumises à de nombreuses pressions telles que la surexploitation, la contamination et la modification des précipitations. En effet, le changement climatique engendre des modifications des régimes hydrologiques comme la répartition annuelle des pluies et de leur intensité, ou l'augmentation de l'évaporation. De manière indirecte, en contribuant à la montée du niveau marin, ces changements globaux génèrent des interactions de plus en plus fortes entre eaux douces souterraines et eaux marines. Enfin, ces changements se combinent à l'impact anthropique de plus en plus prégnant sur les hydrosystèmes : augmentation de la demande, imperméabilisation des surfaces, pollutions. Le rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP) de 2021 alerte sur les conséquences directes sur la sécurité alimentaire et la stabilité politique dans la région. Le rapport souligne également la nécessité de renforcer la gouvernance et la gestion des ressources en eau souterraine, en s'appuyant sur des pratiques durables et équitables pour répondre aux besoins des populations locales (UNEP Annual Report 2021).

Depuis plusieurs années la communauté scientifique met en avant la nécessité de développer des outils de caractérisation d'appoint et la mise en place de suivis long terme (en haute fréquence temporelle et spatiale) des ressources en eau souterraine (ex. Taylor et al., 2013). Couplés avec des approches transdisciplinaires, ils permettront de mieux appréhender la structure et le fonctionnement des hydrosystèmes souterrains ainsi que leurs mécanismes/modalités de recharge (ex. Cramer et al., 2018). La recharge des aquifères est un processus clé pour la durabilité des écosystèmes, mais reste encore un terme du bilan hydrique difficile à caractériser et à spatialiser. Des travaux récents (ex. Ollivier et al., 2020, 2021) ont montré la faisabilité de l'estimation d'une recharge distribuée tenant compte de la répartition spatiale et temporelle des couverts végétaux et de leur fonctionnement hydrique, ainsi que l'apport de ces données de recharge pour la mise en œuvre et le calage d'un modèle hydrogéologique. Toutefois, améliorer la robustesse des modèles vis-à-vis des scénarios climatiques futurs requiert également d'affiner la compréhension et la quantification des processus actuellement observés au sein des aquifères. Cela concerne notamment les aquifères dont les processus de recharge pourraient être amoindris alors qu'ils sont plus sollicités pour sécuriser l'alimentation en eau et faire face aux autres besoins. Le manque de compréhension de cette recharge reste un enjeu clairement identifié pour aborder les problématiques de durabilité des aquifères (ex. Atawneh et al., 2021). Par ailleurs, le fonctionnement interne des aquifères, qui sont par nature peu accessibles et hétérogènes, reste mal connu (ex. Gaillardet et al., 2018). L'enjeu est pourtant d'importance car ce fonctionnement conditionne la réponse du système à une évolution de ses conditions aux limites.

A l'inverse d'une démarche méthodologique fragmentée (en temps et dans l'espace), la Chaire **GeEAUde** s'attachera à appliquer des approches holistiques sur des hydrosystèmes caractéristiques du pourtour Méditerranéen réunissant des enjeux environnementaux et socioéconomiques majeurs. Trois types d'hydrosystèmes souterrains, caractéristiques du pourtour et des îles méditerranéennes

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

ont été choisis : les aquifères karstiques, les aquifères alluvionnaires et les aquifères sédimentaires profonds.

Grâce au progrès technologique et au développement d'approches méthodologiques couplées, les outils comme la télédétection, l'hydrogéophysique, l'hydrochimie et les isotopes de l'eau peuvent apporter une meilleure compréhension du fonctionnement interne des aquifères (ex. (Carrière et al., 2016; 2020). L'intégration de données de natures différentes (géologiques, hydrologiques, hydrochimiques, hydrogéophysiques, ...) et une démarche d'observations soutenues sur le long terme des différents hydrosystèmes sont les pistes qui seront privilégiées pour la mise au point et la validation dans le temps de modèles hydrogéologiques distribués. Ces modèles sont cruciaux pour anticiper les impacts des changements globaux en facilitant la validation d'hypothèses, en permettant l'identification des paramètres clés tout en validant des scénarios durables d'exploitation de la ressource.

**Les actions concrètes qui seront mises en place au sein de la Chaire GeEAUde sont :**

> **Caractérisation / Suivi** : Le développement d'outils innovants (d'acquisition et d'inversion) et d'approches méthodologiques pour l'optimisation des suivis à différentes échelles spatiales (de la parcelle au bassin) et temporelles (de l'événement au cycle hydrologique) des propriétés clés des hydrosystèmes souterrains pour la caractérisation de leurs évolutions en lien avec les eaux de surface (marines et terrestres) ainsi qu'avec les écosystèmes associés.

> **Modélisation** : L'utilisation des résultats issus de ces suivis et les analyses associées pour concevoir ou préciser des schémas conceptuels puis développer des modèles numériques intégrés de la recharge et du fonctionnement hydrodynamique des hydrosystèmes souterrains dans un contexte non stationnaire induit par les changements globaux.

> **Aide à la décision et stratégies de gestion durable** : L'intégration des deux précédentes actions pouvant être couplée à une analyse économique fine permettra d'évaluer l'impact de l'exploitation, actuelle et future, des ressources en eau souterraine, ainsi que de simuler et évaluer, avec un flux de données en temps réel, les différentes stratégies de gestion. Cela permettra aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées par rapport aux pressions anthropiques et naturelles en adaptant leurs stratégies afin d'assurer une gestion durable des ressources en eau.

#### **Objectifs, enjeux sociétaux et/ou économiques du projet**

L'objectif global de la Chaire partenariale **GeEAUde** est de développer, tester et promouvoir des outils et des **approches holistiques** pour caractériser, modéliser et proposer des stratégies de **gestion durable des ressources en eau souterraine** dans le cadre des changements globaux en contexte Méditerranéen. Les travaux de recherche de la Chaire partenariale porteront sur la dynamique de l'eau au sein des hydrosystèmes souterrains et leurs interactions, présentes et futures, avec les eaux de surface (marines et terrestres) ainsi qu'avec les écosystèmes associés.

Les objectifs spécifiques de la Chaire **GeEAUde** sont de trois ordres :

> **Avancées technologiques et intégration** : i. le développement et/ou la mise au point d'outils pour la **caractérisation et le suivi à des échelles spatiales et temporelles** représentatives de l'évolution des ressources en eau souterraine, ii. l'adaptation et la validation des outils numériques de modélisation pour **simuler le fonctionnement hydrodynamique, actuel et futur**, des aquifères en fonction des forçages anthropiques et climatiques et iii. l'intégration des outils de modélisation et de suivi dans **une**

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

**plateforme dynamique de prévision** permettant, en temps réel, aux gestionnaires une aide éclairée à la décision.

> **Compréhension des processus** géologiques, physiques, chimiques, etc., qui régissent le fonctionnement des aquifères et leur réponse aux changements environnementaux et anthropiques. Cette compréhension est la condition incontournable pour une gestion durable et équitable des ressources en eau souterraine. Elle s'appuiera sur l'étude d'hydrosystèmes caractéristiques du pourtour Méditerranéen et sur les développements technologiques réalisés.

> Mise en évidence et étude approfondie des **interactions entre les ressources en eau souterraine et les écosystèmes associés**. Les aquifères sont étroitement liés aux écosystèmes terrestres et aquatiques (milieu marin inclus), et leur surexploitation peut avoir des impacts négatifs sur la biodiversité et les services écosystémiques.

Le projet de la Chaire partenariale **GeEAUde** se positionne sur des **enjeux scientifiques, sociétaux et économiques majeurs**. En effet, "l'or bleu" a une **valeur économique importante** car il est utilisé pour une grande variété d'activités économiques, notamment l'agriculture, l'industrie, la production d'énergie et l'approvisionnement en eau potable. En contexte Méditerranéen, la croissance démographique et économique entraîne souvent une augmentation de la demande en eau, ce qui peut accentuer les pressions sur les ressources et entraîner des conflits entre les différents utilisateurs de l'eau. Les pressions économiques sur l'eau peuvent ainsi conduire à la surexploitation des ressources, ce qui peut entraîner une dégradation de la **qualité et de la quantité de l'eau disponible**. Or, le manque de **compréhension du fonctionnement des aquifères** et de leurs modalités de recharge sont deux enjeux scientifiques majeurs qui ne peuvent pas garantir actuellement une gestion durable et équitable des ressources en eau.

#### Les ambitions de la Chaire GeEAUde:

Dans l'Agenda 2030 des Nations Unies, les Objectifs de Développement Durable (ODD) N°6 et N°13 sont respectivement consacrés à la disponibilité et à la qualité de l'eau et aux impacts du changement climatique. Compte tenu des enjeux scientifiques, environnementaux, sociétaux et économiques, les ambitions de la Chaire **GeEAUde** sont d'institutionnaliser et pérenniser les **synergies existantes entre les trois membres fondateurs** pour ensuite **créer le cadre dynamique adéquat** permettant d'attirer différents acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau souterraine, notamment les chercheurs, les décideurs politiques, les gestionnaires, les organisations de la société civile, les industriels et les utilisateurs de l'eau, et ainsi de **fédérer et mettre en place une recherche opérationnelle** de haut niveau permettant de répondre efficacement aux besoins cruciaux de la société.

### III. Organisation et réalisation du projet

#### Programme scientifique détaillé

##### Les hydrosystèmes souterrains

Les travaux de recherche de la Chaire **GeEAUde** vont principalement se focaliser sur **3 types d'hydrosystèmes caractéristiques du contexte Méditerranéen** (pourtour et îles méditerranéennes) :

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

Ø **Aquifères karstiques** : Il s'agit des aquifères formés principalement au sein de roches carbonatées et qui sont très largement répandus autour de la Méditerranée. Ces hydrosystèmes souterrains présentent plusieurs particularités. Ils ont une importante capacité de stockage d'eau et les écoulements souterrains sont dominés par deux tendances : une dynamique d'écoulement lente et une rapide. Cette dualité des écoulements est une caractéristique des hydrosystèmes karstiques. Selon le niveau de karstification (dissolution de la roche par l'eau) et les propriétés géologiques des réservoirs, les aquifères karstiques peuvent contenir d'importantes ressources en eau, très mobiles pouvant circuler rapidement à travers les réseaux karstiques et les fissures des terrains carbonatés. Certains de ces aquifères ne présentent des exutoires qu'en nombre limité, voire unique (ex. *Fontaine de Vaucluse*). Ces exutoires peuvent être situés : i) sur le continent, où l'eau à l'exutoire peut soit être captée et utilisée soit alimenter un réseau hydrologique de surface et, ii) dans la mer (ex. *sources d'eau douce sous-marines* comme pour l'île de Chios où la totalité de l'eau est "perdue"). La gestion des aquifères karstiques est un défi en raison de leur complexité (structurelle et de fonctionnement) et de leur sensibilité tant à la pollution qu'aux changements globaux, ce qui nécessite des mesures de protection et de surveillance rigoureuses pour garantir leur durabilité et leur disponibilité à long terme.

Ø **Aquifères alluvionnaires** : Les aquifères alluvionnaires sont des formations géologiques constituées de sédiments (graviers, sables, limons et argiles) qui se sont accumulés au fil du temps dans les lits de rivières et les plaines inondables (ex. *plaine d'Avignon, plaine de la Crau*). Ces aquifères sont souvent situés à faible profondeur sous la surface du sol, et leur eau est généralement plus accessible que celle des aquifères profonds. Ils sont donc largement utilisés pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, l'industrie et la production d'énergie. L'eau qu'ils contiennent est généralement assez mobile, car elle circule facilement à travers les sédiments. Cela signifie que les aquifères alluvionnaires peuvent se recharger rapidement en période de pluie et que leur niveau d'eau peut varier considérablement en fonction des conditions climatiques locales. Cependant, ils peuvent être connectés aux eaux de surface. Leur niveau piézométrique est alors fortement dépendant du niveau d'eau dans les cours d'eau. De plus, les aquifères alluvionnaires sont également vulnérables à la pollution en raison de leur proximité de la surface, leur porosité et de leur perméabilité élevées. Les contaminants peuvent facilement pénétrer dans l'aquifère et se propager rapidement, ce qui peut poser des risques pour la qualité de l'eau et la santé humaine. La gestion des aquifères alluvionnaires est donc un enjeu important pour garantir leur durabilité et leur disponibilité à long terme.

Ø **Aquifères sédimentaires profonds** : Les aquifères sédimentaires profonds sont des formations géologiques souterraines constituées de couches de sédiments et de roches perméables situées à des profondeurs importantes, souvent plusieurs centaines de mètres sous la surface du sol (ex. *aquifère du Miocène de Carpentras*). Ces aquifères ont des caractéristiques hydrologiques particulières. L'eau qu'ils contiennent est souvent confinée sous une couche imperméable de roche, ce qui implique que l'eau est sous pression et que son débit peut être plus lent que celui des aquifères alluvionnaires et karstiques. L'eau contenue dans ces aquifères est généralement plus ancienne et peut avoir une composition chimique différente de celle des eaux de surface et des aquifères peu profonds. Les aquifères sédimentaires profonds sont souvent utilisés pour l'approvisionnement en eau potable, l'industrie et la production d'énergie, car ils peuvent contenir des quantités importantes d'eau. Cependant, leur exploitation peut poser des défis techniques et économiques en raison de leur profondeur, de leur complexité géologique et des coûts élevés associés à l'exploration et à l'exploitation. Par ailleurs, ces systèmes sont très fragiles du point de vue quantitatif en raison du long temps de résidence des eaux et du faible taux de recharge.

Les piliers thématiques / axes scientifiques du projet de la Chaire

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

Les travaux de recherche de la Chaire partenariale **GeEAUde** vont s'articuler autour de **4 piliers thématiques** très largement **interconnectés** (cf. Figure 1). Ces **4 axes scientifiques** sont les fruits de la recherche pluridisciplinaire menée depuis de longues années au sein de l'UMR EMMAH sur le continuum aquifère-sol-plante-atmosphère et vont orienter les stratégies de recherche et les approches holistiques qui seront mises en place pour chaque hydrosystème souterrain :

> **Usages et Recharge** : Les ressources en eau souterraine sont utilisées pour une grande variété d'usages, notamment l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, l'industrie, la production d'énergie, les loisirs, etc. L'utilisation de l'eau souterraine est souvent préférée à celle de l'eau de surface, car elle est généralement plus fiable et plus stable en termes de qualité et de quantité, surtout dans les régions où les précipitations sont faibles et/ou irrégulières. Cependant, l'utilisation excessive de l'eau souterraine peut entraîner des impacts irréversibles sur l'environnement et la durabilité de la ressource, tels que la baisse du niveau des nappes, la réduction de la quantité et de la qualité de l'eau disponible, l'augmentation de la salinité de l'eau, etc. La recharge des aquifères est également un élément clé de la gestion durable des ressources en eau souterraine. La recharge naturelle des aquifères se produit par infiltration de l'eau de pluie, de la neige fondue et des eaux de surface. Elle dépend ainsi des conditions climatiques, de l'occupation de surface et du réseau hydrographique, des propriétés du sol et de l'hétérogénéité de la structure de l'aquifère. Toutefois, il est également possible de mettre en place des techniques de recharge artificielle, telles que l'infiltration de l'eau de surface ou la recharge de l'eau traitée. Les travaux de la Chaire vont prendre en considération tous les usages des ressources en eau ainsi que la dynamique et l'évolution spatio-temporelle de leur recharge.

> **Interactions entre hydrosystèmes souterrains et écosystèmes associés** : Les ressources en eau sont étroitement liées aux écosystèmes associés, tant à l'amont qu'à l'aval des aquifères. En effet, les écosystèmes en amont conditionnent la répartition, la quantité et la qualité de la recharge, tandis que les écosystèmes en aval sont dépendants de la quantité et de la qualité de l'eau déchargée, ressource vitale pour de nombreuses espèces animales et végétales. Les impacts de la disponibilité et de la qualité de l'eau sur les écosystèmes peuvent être significatifs. Les polluants (ex. rejets de produits chimiques, les déchets industriels, pharmaceutiques...) vont notamment affecter directement la qualité de l'eau dans les rivières, les lacs et les estuaires, qui constituent des habitats vitaux pour les écosystèmes associés. La surexploitation des ressources en eau peut également entraîner une diminution du débit des cours d'eau et la dégradation des zones humides, ce qui va affecter les habitats des espèces autochtones. Les barrages et autres infrastructures de stockage d'eau peuvent de même avoir des impacts négatifs sur les habitats aquatiques. Pour minimiser les impacts sur les écosystèmes associés aux ressources en eau, il est important de les identifier et les caractériser, puis de prendre en compte les interactions entre ces écosystèmes et les activités humaines lors de la planification et de la gestion de l'utilisation de l'eau.

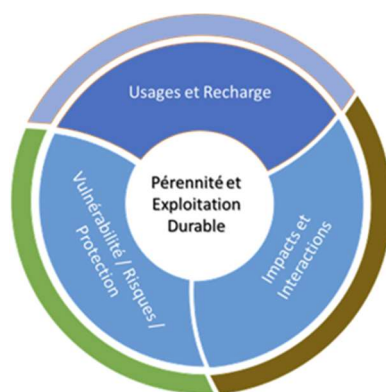
> **Vulnérabilité / Risques / Protection de la ressource en eau** : Les hydrosystèmes souterrains sont très vulnérables principalement à la contamination et à la surexploitation. La vulnérabilité intrinsèque est une appréciation qualitative des propriétés de l'aquifère depuis la surface jusqu'à la ressource selon qu'elles favorisent ou non un transfert rapide des polluants. La vulnérabilité intrinsèque est due aux seules propriétés de l'aquifère tandis que la vulnérabilité spécifique tient également compte des propriétés du polluant. A partir de la cartographie de la vulnérabilité d'un hydrosystème souterrain, le risque peut être évalué en considérant la probabilité de contamination de l'aquifère et les conséquences potentielles de cette contamination sur la santé publique et l'environnement. Afin que des mesures adéquates et éclairées puissent être prises par les instances gestionnaires territoriales, il est



Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

nécessaire de proposer des outils fiables de cartographie de vulnérabilité des ressources en eau souterraines ainsi qu'une évaluation juste des risques associés. Les travaux de la Chaire vont approfondir les nouveaux outils cartographiques de la vulnérabilité à la pollution.

**>Pérennité et exploitation durable** : La pérennité et l'exploitation durable des ressources en eau sont centrales pour assurer la disponibilité de cette ressource vitale pour les générations futures. La pérennité se réfère à la capacité de la ressource en eau à être renouvelée naturellement, tandis que l'exploitation durable se réfère à l'utilisation de la ressource en eau à un niveau qui permet de répondre aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. La mise en place effective d'une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est située au cœur de l'architecture de la Chaire **GeEAUde**. La GIRE est une approche de gestion qui vise à coordonner les différents secteurs qui utilisent l'eau (agriculture, industrie, municipalités, etc.) pour assurer une utilisation durable de la ressource. Cette approche permet également de prendre en compte les besoins des écosystèmes qui dépendent de la ressource en eau.



**Figure 1** : les 4 piliers thématiques de la Chaire partenariale **GeEAUde**

### L'approche méthodologique

L'approche méthodologique qui sera mise en œuvre comprend **3 volets** : **1. Caractérisation / Suivi**, **2. Modélisation** et **3. Aide à la décision et Stratégies de gestion durable**

*Pour chaque volet méthodologique, plusieurs outils sont envisagés. Les trois types d'hydrosystèmes étudiés permettront de couvrir un large éventail de spécificités pour tester et mettre au point des outils de caractérisation et de monitoring et pour affiner notre compréhension des processus en jeu et les approches de simulation numériques l'objectif final étant de disposer d'une vision intégrée en vue d'une exploitation durable de la ressource en eau souterraine.*

#### **1. Caractérisation / Suivi :**

La complexité structurale et fonctionnelle des ressources en eau souterraines nécessite l'utilisation combinée d'un large panel d'outils qui sont chacun associés à des sous-disciplines de l'hydrogéologie. Outre les outils dits traditionnels (ex. géologie, tectonique, hydrodynamique), les domaines de la télé-détection (satellitaire et par drone), de l'hydrogéophysique et de l'hydrochimie (+ isotopies de l'eau) sont en constante évolution avec des développements continus dans les technologies de capteurs/instruments de mesures, de traitement des données (d'acquisition et d'inversion) et d'apprentissage automatique. Les travaux de recherche de la Chaire **GeEAUde** vont se focaliser sur l'adaptation, l'efficacité et l'optimisation des outils innovants récemment développés ou en voie de développement,

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

pour permettre les suivis à différentes échelles spatiales (de la parcelle au bassin) et temporelles (de l'événement au cycle hydrologique), des propriétés clés des hydrosystèmes souterrains pour la caractérisation de leur évolution en lien avec les eaux de surface (terrestres et marines) ainsi qu'avec les écosystèmes associés.

## **2. Modélisation :**

L'utilisation des résultats issus de la caractérisation (suivis continus et analyses associées) permettra de concevoir ou préciser des schémas conceptuels basés sur une meilleure compréhension des processus. Ces modèles conceptuels serviront de base au développement de modèles numériques. Des grilles géologiques seront définies et renseignées en propriétés en s'appuyant sur des approches géostatistiques calibrées par les données de terrain. A ce stade, des simulations du fonctionnement hydrodynamique des hydrosystèmes souterrains pourront être effectuées afin de valider la modélisation de la recharge. Si cette étape est classique dans les travaux d'IFPEN, elle n'en reste pas moins complexe lorsqu'il s'agit de calibrer les modèles à l'ensemble des données de terrain. Cette phase peut être riche en enseignements (comme l'amélioration des modèles conceptuels en accord avec la vision géologique) et dans le cadre de la Chaire elle bénéficiera en outre de l'expérience complémentaire d'AU en modélisation (comme l'utilisation de modèles globaux). La mise en pratique combinée de ces approches pourra aider à une paramétrisation plus rapide des modèles tout en ouvrant la possibilité d'effectuer des simulations à une échelle fine. Finalement les outils de gestion des incertitudes permettront de mieux prédire l'impact des changements globaux sur les hydrosystèmes tout en quantifiant l'impact sur la ressource en eau associée afin de tendre vers sa gestion durable.

## **3. Aide à la décision et Stratégies de gestion durable :**

L'intégration des deux précédentes actions sera couplée à une analyse économique fine qui permettra d'évaluer l'impact global de l'exploitation, actuelle et future, des ressources en eau souterraine et de simuler et évaluer, avec un flux de données en temps réel, les différentes stratégies de gestion. Les gestionnaires pourront ainsi prendre des décisions éclairées par rapport aux pressions anthropiques et naturelles en adaptant leurs stratégies afin d'assurer une gestion durable des ressources en eau.

Les travaux de la Chaire vont promouvoir un changement de paradigme dans la gestion de l'eau, grâce à l'accès aux données, aux modèles conceptuels et aux résultats de simulations, qui permettront un transfert effectif de connaissances vers les parties prenantes et une co-construction de solutions de gestion adaptée et d'un service similaire à Ecowatt pour permettre à tous d'adopter une consommation responsable.

### **Synergies avec des projets en cours**

Des synergies existent entre les travaux menés au sein de la Chaire et des projets en cours de montage dans le cadre des AAP de l'ANR, du PEPR OneWater et WATER4ALL. Les 3 hydrosystèmes souterrains identifiés sont au cœur de ces projets avec chacun des objectifs de recherches spécifiques :

*L'aquifère karstique qui alimente la Fontaine de Vaucluse (FdV), aquifère méditerranéen non exploité mais stratégique en termes de retombées économiques touristiques (projet PEPR ONEWATER K3) avec des travaux qui porteront sur la caractérisation/modélisation des structures géologiques vis-à-vis des écoulements souterrains ;*

Référence Avignon Université : C-24-EMMAH-11

La *Plaine alluviale de la Crau* avec des travaux qui visent à améliorer la modélisation du fonctionnement hydrodynamique grâce à l'apport de l'hydrochimie et du traçage naturel (isotopes stables) et de l'intégration d'une recharge distribuée ;

Les *aquifères côtiers/insulaires* en interaction rapide avec le milieu marin (*île de Chios*) (projet ANR AQUATIC) avec des travaux dont l'objectif est de caractériser le contact étroit avec le milieu marin, le fort impact de l'intrusion saline en lien avec une surexploitation et l'impact climatique, le tout dans un contexte de stress hydrique important et un fort besoin de conseils pour une meilleure gestion et une exploitation durable de la ressource. Des interactions sont prévues avec le projet international WATER4ALL (Dataset).

#### **Activités de recherche au démarrage de la Chaire**

> IFPEN a financé en 2023 un stage de Master 2 portant sur l'amélioration de la compréhension des hydrosystèmes de Chios et un Post-Doc (12 à 18 mois) sur la vulnérabilité des résurgences côtières et sous-marines sur tout le pourtour Méditerranéen face aux changements globaux.

> En septembre 2023 une thèse de doctorat cofinancée par l'INRAE et l'AU est intégrée aux activités de la Chaire sur la plaine de la Crau.

> En janvier 2024 une thèse financée sur l'hydrogéologie de l'île de Chios va démarrer et en automne 2024 une autre thèse financée par AU (la thématique sera décidée au sein du Comité de Pilotage de la Chaire en début 2024).