

## MASTER Sciences et Technologies de l'Agriculture de l'Alimentation et de l'Environnement (STAAE)

### Parcours -type « Hydrogéologie Sol et Environnement »

-----

Responsable du Master : Vincent MARC

**Master 1<sup>ère</sup> année**

Responsable de la 1<sup>ère</sup> année : Marina GILLON

**Master 2<sup>ème</sup> année**

Responsable de la 2<sup>ème</sup> année : Vincent MARC

*Secrétariat des Masters STAAE*

*Virginie Cao*

*Email : sec-agro@univ-avignon.fr*

*Tél. 04.90.84.22.02 – Fax. 04.90.84.22.01*



<https://terre-et-eau.univ-avignon.fr>

Les ressources en eau souterraine peuvent être altérées par l'impact de l'activité humaine mais aussi par des déséquilibres naturels engendrés, par exemple, par des événements catastrophiques ou par la modification des conditions climatiques. La mise en valeur et la gestion raisonnée de ces ressources nécessitent de connaître la nature des forçages, naturels ou anthropiques et les processus impliqués dans les transferts et les réactions biogéochimiques au niveau du continuum de transfert atmosphère - sol - nappe.

L'acquisition de ces connaissances s'articule autour de quatre axes :

- 1 - Rôle de l'occupation du sol - analyse quantitative du territoire
- 2 - Impact de la zone non saturée sur la recharge et la qualité des eaux
- 3 - Fonctionnement des aquifères
- 4 - Modélisation.

AVIGNON UNIVERSITE

Campus Jean-Henri Fabre

301 rue Baruch de Spinoza

84 911 Avignon cedex 9

Tél. +33 (0)4 90 14 44 00

Fax. +33 (0)4 90 14 44 09

# Master Hydrogéologie Sol et Environnement - Résumé de la formation

## Résumé de la formation

Le Master HSE est organisé autour d'un tronc commun aux différents parcours du Master Sciences Technologie de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Environnement (STAAE) et d'enseignements de spécialité en sciences de l'eau et sciences du sol.

**Le semestre 1 est à 80 % commun aux quatre spécialités de la mention STAAE.** L'étudiant acquiert les principales notions fondamentales relatives aux interactions entre l'eau, le minéral et le vivant. L'enseignement porte sur (i) la qualité des eaux et des sols (microbiologie, toxicologie), (ii) les échanges et les transferts entre les différents compartiments environnementaux (physique de l'eau, étude théorique des transferts, agronomie plante et milieu), (iii) le traitement et l'analyse des données (méthodologie expérimentale, statistiques appliquée, analyses statistiques spatiales et temporelles) et (iii) les impacts anthropiques sur la ressource (Bassins versants : ressources et risques).

Un enseignement concernant la préparation au projet professionnel de l'étudiant(e) est également dispensé au cours de ce semestre.

**Le semestre 2 est différencié selon le parcours. Le parcours HSE explore les fondamentaux méthodologiques et scientifiques de l'hydrogéologie (concepts, méthodes, outils, analyses).** Un premier bloc d'enseignements concerne les systèmes hydrogéologiques. Il présente les méthodologies d'étude des eaux souterraines et de surface et les problématiques de gestion de la ressource (qualité/quantité). Il inclut une école de terrain d'une semaine qui vise à illustrer le lien entre la géologie et l'eau souterraine et à se familiariser avec les outils d'investigation des systèmes hydrogéologiques. Un second groupe d'enseignements se rapporte à la question de la vulnérabilité des hydrosystèmes souterrains et aux conséquences probables des changements globaux (évolution du territoire et des usages, et changement climatique). Le semestre 2 se conclut par un stage obligatoire de 8 à 12 semaines.

**Le semestre 3 est différencié selon le parcours. Dans le parcours HSE, l'enseignement est abordé sous forme de projets autour de la connaissance et la modélisation des hydrosystèmes souterrains, la gestion de la ressource et le diagnostic et la rémediation des pollutions des eaux et des sols.** L'enseignement est articulé en 3 unités d'enseignement : l'étude pratique des systèmes hydrogéologiques (connaissance, mesures et modélisation des hydrosystèmes complexes), les sites et sols pollués et les protocoles de dépollution (transfert des polluants dans le milieu poreux, connaissance des polluants, méthodes d'action en cas de pollution), la gestion et l'usage de l'eau (la connaissance et la représentation de l'hétérogénéité du territoire, la spatialisation des flux, la question de la géothermie).

**Le semestre 4 est dédié au stage de fin d'étude.** Au préalable, il est proposé une UE de préparation aux métiers de l'ingénierie et de la recherche dans les sciences de l'eau (montage et déroulement d'un projet, appels d'offres, marchés publics, simulations d'entretiens d'embauche). Le stage peut se dérouler en milieu professionnel ou dans un laboratoire de recherche. Il est d'une durée de 20 à 32 semaines

Dans tous les semestres, des mises en situation pratiques sont proposées aux étudiant(e)s au cours desquelles ils/elles doivent utiliser leurs acquis pour mener à bien en autonomie une étude de cas ou un projet d'ingénieur (incluant ou non des activités de terrain).

Le Master HSE est indifférencié Pro et Recherche. La poursuite en doctorat ou la sortie dans le milieu professionnel se fait principalement sur la base du type de stage choisi.

## Objectifs professionnels

L'objectif du parcours HSE est de former des hydrogéologues pour comprendre et résoudre des problèmes de gestion qualitative et quantitative des eaux de surface, du sol et souterraines dans un contexte de changement global (modification du territoire, changement climatique). L'enseignement et les stages visent à former des praticiens capables d'appréhender la ressource en eau dans son cadre paysager (impact des modifications de territoire sur la ressource) et dans sa relation avec le sol (rôle de cette interface et fragilité vis-à-vis de la pollution).

Le Master 2 HSE est indifférencié Recherche et Professionnel. En assurant la continuité avec l'ancien DESS « Hydrogéologie et Environnement » proposé par l'Université d'Avignon depuis 1993, il prépare les étudiants au milieu professionnel public et privé. Par son adossement à une UMR, le Master 2 HSE a également vocation à préparer les étudiants vers la recherche en hydrosience et environnement. Le Master s'intègre enfin dans les activités de la chaire partenariale GeEAUde co-fondée par Avignon Université, IFPEN et INRAe (<https://chaire-geeaude.org/fr/accueil/>)

## Conditions d'accès

**Recrutement au niveau M1** : Le recrutement se fait sur dossier. La candidature et le dépôt du dossier se font en ligne via l'application MonMaster (<https://www.monmaster.gouv.fr/>). Il est nécessaire d'être titulaire d'une licence ou d'un diplôme équivalent (CEE) prioritairement dans les domaines des sciences de la terre, géologie de l'environnement, de l'hydrogéologie.

**Le Recrutement au niveau M2** se fait de droit pour les étudiants titulaires du Master 1 HSE. Il est possible (sur dossier et dans la limite des places disponibles) pour les étudiants issus d'autres universités et détenant les pré-requis demandés (Master 1 ou diplôme équivalent à BAC + 4) dans les mêmes domaines (pré requis en hydrogéologie exigés). Le dossier de validation d'étude peut être téléchargé sur le site <https://terre-et-eau.univ-avignon.fr/master-hse/candidater-en-master-hse/>

Pour les étudiants étrangers, la candidature se fait via la plateforme Etudes en France (<https://www.campusfrance.org/fr>). La formation est réservée aux candidats avec un bon niveau de français (au moins TCF ou TEF niveau 5 ou Delf C1) et dans les disciplines citées précédemment. La sélection des candidats est réalisée selon la qualité de leur dossier académique.

### **Formation continue**

Le Master HSE a vocation à accueillir des étudiants dans le cadre de la formation continue. Les candidats peuvent élaborer un dossier sur la base de l'ensemble de la formation de Master (1er et 2eme année). Le dossier est réalisé en accord et avec la coopération du responsable pédagogique (voir <https://univ-avignon.fr/formations/formation-tout-au-long-de-la-vie/>)

## Débouchés

### **Milieux professionnels privés ou publics**

Les diplômés peuvent exercer leur activité dans le cadre d'entreprises issues des secteurs de l'aménagement du territoire, la gestion des eaux, le traitement des sites et sols pollués, l'assainissement, l'environnement, les sciences de la terre. Leurs activités ont trait à l'expertise, les études et l'assistance techniques, l'exploitation, la maintenance, les essais. Les diplômés peuvent prétendre à devenir chef d'agence de travaux, cadre de chantier, ingénieur hydrogéologue, hydrologue, chef de projet, chargé(e) d'étude, ingénieur territorial.

### **Milieux de la recherche**

Les diplômés peuvent aussi exercer leur activité dans des structures de recherche ou des établissements d'enseignement supérieur pour assurer des tâches de formation, de recherche, d'expertise et d'assistance technique. Les types d'emplois concernés sont : chercheur et enseignant-chercheur en hydrogéologie et hydrologie, ingénieur hydrogéologue, ingénieur d'étude, ingénieur de recherche

Les résultats des enquêtes à 30 mois donnent un taux d'insertion professionnel de 92 %. 94 % des répondants occupent un poste de cadre ou intermédiaire tandis que la proportion d'actifs occupant un emploi stable ou une profession libérale cadre est de 73 % (statistiques complémentaires à 6 mois à consulter sur <https://terre-et-eau.univ-avignon.fr/master-hse/statistiques/>)

**TABLEAU RECAPITULATIF DES ENSEIGNEMENTS**

La formation est organisée depuis le Master 1 en 4 semestres de 30 ECTS chacun pour un total de 845 h d'enseignement.

<b>Master 1 « Hydrogéologie Sol et Environnement » - Semestre 1</b>					
Unités d'enseignement	Vol. H	CM	TD	TP	ECTS
<b>Savoir se positionner en milieu professionnel</b>	<b>44</b>	<b>10</b>	<b>34</b>		<b>5</b>
Anglais	24		24		3
Préparation au projet professionnel	20	10	10		2
<b>Maitriser les bases fondamentales en STAAE</b>	<b>115</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Toxicologie	25	10	15		3
Microbiologie	30	10	10	10	3
Agronomie Plante et milieu	30	18	12		3
-----					
Matière et énergie : échanges et transferts	30	15	15		3
<b>Mettre en œuvre les acquis en sciences de l'eau</b>	<b>91</b>	<b>35</b>	<b>56</b>		<b>8</b>
Méthodologie expérimentale analyse de données	20	10	10		2
Traçabilité et risques	20	10	10		2
Géostatistique et chronostatistique	36	15	21		3
AMS : Analyse d'un aléa climatique	15		15		1
-----					
<b>Bassins versants : Ressource et risques</b>	<b>55</b>	<b>26</b>	<b>29</b>		<b>5</b>
-----					
<b>TOTAL</b>	<b>305</b>	<b>124</b>	<b>171</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>Master 1 « Hydrogéologie Sol et Environnement » - Semestre 2</b>					
Unités d'enseignement	Vol.H	CM	TD	TP	ECTS
<b>Vulnérabilité et enjeu</b>	<b>60</b>	<b>22</b>	<b>38</b>		<b>7</b>
<b>Hydrogéologie fondamentale et appliquée</b>	<b>153</b>	<b>75</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>14</b>
-----					
Stage (8 à 20 semaines)					9
-----					
<b>TOTAL</b>	<b>213</b>	<b>97</b>	<b>80</b>	<b>72</b>	<b>30</b>

<b>Master 2 « Hydrogéologie Sol et Environnement » - Semestre 3</b>					
Unités d'enseignement	Vol H	CM	TD	TP	ECTS
<b>Etudes pratiques des systèmes hydrogéologiques</b>	<b>123</b>	<b>45</b>	<b>57</b>	<b>21</b>	<b>11</b>
<b>Gestion et usages de la ressources en eau</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>60</b>	<b>11</b>
<b>Sites et sols pollués et rémédiation</b>	<b>54</b>		<b>42</b>	<b>12</b>	<b>8</b>
-----					
<b>TOTAL</b>	<b>297</b>	<b>123</b>	<b>81</b>	<b>93</b>	<b>30</b>
<b>Master 2 « Hydrogéologie Sol et Environnement » - Semestre 4</b>					
Unités d'enseignement					
<b>Professionalisation et cadre réglementaire en environnement</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		<b>30</b>
Professionalisation	30	10	20		3
Stage (20 à 32 semaines)					27
-----					
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>20</b>		<b>30</b>

## Master 1 – semestre 1

### SAVOIR SE POSITIONNER EN MILIEU PROFESSIONNEL

#### Anglais

Apprentissage de l'anglais scientifique par le biais de la lecture d'articles spécialisés, la visualisation de films et d'émissions à caractère scientifique et technique, l'audition de conférenciers anglophones et la réalisation et la présentation d'exposés en anglais. L'apprentissage et la maîtrise de la langue visera spécifiquement l'utilisation de l'anglais scientifique et technique international. L'objectif premier est de lever les inhibitions et blocages dans la présentation et la défense d'un travail. Pour cela les étudiants seront tout au long de ce cours être mis en situations pratiques.

#### Préparation au projet professionnel

Constitution de curriculum vitae, lettre de motivation, techniques de recherche d'emploi et d'entretien d'embauche. Constitution d'un projet professionnel.

Supports pédagogiques expliqués aux étudiants en amphi puis mis à disposition sur la plate-forme pédagogique de l'Université

Évaluation formative des productions en cours de module + évaluation sommative sur CV, LM et présentation d'une offre de service en fonction d'une offre d'emploi

### MAITRISER LES BASES FONDAMENTALES EN STAAE

#### Toxicologie

CM : La toxicologie : histoire, définition et disciplines ; Sensibiliser les étudiants à l'importance de cette science en leur montrant qu'il a fallu des scandales sanitaires et environnementales, qui ont émaillés le XXe siècle, et les recherches qu'ils ont suscitées pour que des réglementations de plus en plus contraignantes se mettent en place ; Aborder en détail les différents groupes de toxiques et de polluants d'après leur nature chimique, modes d'action, activité humaine et nature du danger ; Acquérir les connaissances nécessaires à définir la toxicologie environnementale et alimentaire : mécanismes de dispersion et de circulation des toxiques dans l'environnement et dans l'organisme vivant, évaluation du risque et de la toxicité aiguë et chronique et enfin la biosurveillance (bioindicateurs et biomarqueurs).

TD : Analyse scientifique d'articles sur des sujets en écotoxicologie et toxicologie alimentaire.

#### Microbiologie

Le CM aborde la diversité du monde microbien, les écosystèmes microbiens du sol et des végétaux et les transformations alimentaires, ainsi que le devenir de pathogènes dans l'environnement.

Les TD traitent des modèles de prédictions de croissance bactérienne ainsi que, pour les parcours SDPV et IPA, des dangers microbiologiques associés à un aliment et de leur maîtrise ou pour le parcours HSE, de la mise en évidence quelques paramètres clés des processus biologiques pour la maîtrise de la création de produits ou des procédés. Les TP réalisent des études microbiologiques d'un sol d'une part, et d'autre part de la caractérisation microbiologique d'un pathogène alimentaire. Une séance de TP porte sur l'enzymologie

#### Agronomie : interactions plante milieu

Chaque partie comprend 6h de CM.

\* Bioclimatologie : Le rayonnement, la température, le vent, l'eau et le bilan hydrique, le dioxyde de carbone, le bilan d'énergie. Impacts du changement climatique sur l'agriculture. Les échelles spatiales de prise en compte du climat

\* Introduction à la physique du sol : Les enjeux liés au sols, les éléments descriptifs du sol (texture, structure, composition), hydrostatique dans les sols (propriétés de l'eau, tension superficielle, capillarité, notion de potentiel hydrique, courbe de rétention), hydrodynamique (conductivité hydraulique, loi de Darcy, Equation de Richards), hydrologie (calcul de stocks, infiltration, drainage, ruissellement, évapotranspiration). Techniques instrumentales associées

\* Biogéochimie : les grands types de sols et leur formation, les constituants organiques des sols, les principales réactions chimiques dans les sols, physico-chimie à l'interface liquide-solide, cycle des éléments minéraux. Mise en place des systèmes racinaires et de leur architecture, dynamique des éléments minéraux en solution, acquisition des éléments minéraux.

TD : Les TD sont de 2 h pour la bioclimatologie et de 5h pour physique et biogéochimie du sol pour mettre en application les principes présentés : applications numériques simples ou modélisation

### **Matière et énergie : échanges et transferts**

Chaleur sensible: température, quantité de chaleur, capacité calorifique massique. Changements de phase (fusion et congélation, vaporisation, ébullition), chaleur latente. Exercices d'application.

Transfert d'énergie thermique : notion de flux de chaleur et modes de transmission (conduction, convection, rayonnement) - loi de FOURIER, résistance thermique, conductibilités thermiques de diverses substances. Exercices d'application.

Transferts de matière : définition, phénomènes mis en jeu, les différents régimes de transferts de matière. Diffusion de matière : loi de FICK. Transfert d'eau en milieu poreux saturé : loi de DARCY. Exercices d'application.

Exemples d'application des principes de diffusion, transfert membranaire et échanges thermiques dans l'industrie agroalimentaire et l'hydrogéologie.

### **METTRE EN ŒUVRE LES ACQUIS EN SCIENCES DE L'EAU**

#### **Méthodologie expérimentale – analyse de données**

Introduction à la Méthodologie de la Recherche Expérimentale : Problème de pesées, Définitions : facteurs, réponses, matrices d'expériences, plans d'expérimentation, effets principaux, interactions. Criblage d'un grand nombre de facteurs : Matrices d'expériences d'Hadarnard. Etude de l'influence de facteurs : Matrices d'expériences factorielles complètes et fractionnaires à 2 niveaux, Matrice des aliases (effets confondus), relation de définition, générateurs, indépendants, effets de bloc, diagrammes d'interaction pour un modèle du second degré, Matrices composites

#### **Traçabilité et risques**

Partie Traçabilité : Sécurité des données personnelles et professionnelles

La question de la sécurité autour des données collectées par les entreprises ou les établissements publics à des fins stratégiques est déterminante : on parle de Data Governance. Le règlement européen sur la protection des données personnelles (RGPD) est entré en application le 25 mai 2018. De nouvelles obligations s'imposent ainsi aux opérateurs collectant des données personnelles et il revient aux entreprises d'évaluer les risques en amont et de faciliter la traçabilité du parcours des données pour s'assurer d'être en conformité avec la législation. L'enseignement proposé précisera en quoi consiste concrètement la notion de "data governance" dans l'entreprise, quels sont les rôles et les obligations de chacun et sera illustré par une étude de cas dans le cadre d'un TD.

Partie Risques :

Cette partie permettra de définir la notion de risque avec en particulier les risques pouvant porter atteinte à l'homme (sanitaire), à l'environnement ; de présenter les notions de risques majeurs et de risques pour l'environnement ; de donner des exemples de catastrophes naturelles, technologiques ; d'évoquer ce qui se fait aujourd'hui pour prévenir et évaluer ces risques (risque accidentel et risque chronique, notion de danger) ; enfin, de citer des cas concrets, travaux et sujets d'actualité.

TD : Dans le cadre des TD, des études de cas seront traitées par parcours type pour illustrer la surveillance et la gestion du risque dans les industries agroalimentaires, agronomiques ou les études environnementales (eau, sol, air).

#### **Géostatistique/chronostatistique**

Ce cours a pour but est d'amener les étudiants à maîtriser l'ensemble des concepts et techniques de bases nécessaires à la bonne utilisation des SIG dans le cadre de la phase "contexte hydrogéologique" d'un rapport d'étude.

Il traite également de Chronostatistique, géostatistique, bases de la théorie statistique univariée et multivariée ; grands types de lois de distribution ; tests et outils statistiques ; notions d'échantillonnage.

Des calculs statistiques, l'apprentissage de quelques logiciels spécialisés, l'utilisation des SIG seront traités lors de TD. Ils viseront à amener les étudiants vers une utilisation maîtrisée et critique des méthodes et leur faire prendre conscience de leurs limites.

#### **AMS : Analyse d'un aléa climatique**

Le projet consiste à qualifier l'importance d'un aléa climatique méditerranéen en quantifiant le temps de retour de l'événement (courant, décennal, centennal, ...). A partir d'un cas réel observé sur la bassin du Var (06), les étudiant(e)s sont d'abord invités à extraire les informations nécessaires à la description physique des différents sous bassins (Système d'information géographique) puis à extraire une pluie de bassin à partir de la série de mesures par postes (géostatistique) et enfin à déterminer le temps de retour de l'événement (prédétermination par ajustement d'une loi statistique adaptée aux valeurs extrêmes). Le résultat final permet de conclure sur le risque climatique lors de cet événement et les conséquences en termes d'alerte aux populations.

### **Bassins versants : ressource et risques**

Cet enseignement a pour but de présenter les variables hydrologiques, en particulier la notion de variables extrêmes (crues et étiages) et les lois statistiques associées à ces variables extrêmes. Une introduction aux techniques d'ajustement de lois aux valeurs extrêmes permet ensuite d'aborder les questions de dimensionnement des ouvrages et d'illustrer le sujet avec la mise en œuvre de méthodes de dimensionnement simples, en vue de comparer avec des méthodes plus sophistiquées qui seront abordées au semestre 2 dans le cours "Eaux de surface : processus et risques".

Sont aussi présentés les méthodes et les outils de gestion quantitative de la ressource en hydrologie en abordant la modélisation de la ressource en eau (modèle empirique, ajustements statistiques des débits d'étiage, modélisation pluie-débit au pas de temps mensuel, simulation).

Cet enseignement a également pour but d'introduire les principaux concepts de formation des écoulements et de présenter les outils quantitatifs de la gestion du risque en hydrologie

Une activité de mise en situation est proposée sur l'analyse d'un aléa hydrologique sur le bassin du Var. Les étudiants sont confrontés à un cas réel de crue torrentielle/inondation sur un bassin versant méditerranéen. L'objectif final est de déterminer le temps de retour de cet événement. L'analyse post événementielle consiste à construire la procédure de modélisation pertinente pour reconstituer les débits dans les secteurs où la mesure est absente ou partielle. La démarche implique de réaliser une première analyse critique de la donnée « pluies » à l'échelle horaire puis de mettre en œuvre une modélisation pluie-débit sur différents sous bassins. Les valeurs reconstituées doivent faire enfin l'objet d'une analyse fréquentielle pour quantifier l'occurrence de l'événement et d'en tirer des conclusions en termes de niveau de risque et d'aménagement du territoire.

## **Master 1 – semestre 2**

### **Vulnérabilité et enjeux**

L'UE est divisée en 3 parties:

- \*Présentation des différents types de modèles et Bases du calcul analytique et numérique
- \* La ressource en eau dans un contexte de changement climatique : travail sur des articles en anglais en lien avec le changement global (feu de forêt et qualité de l'eau, évolution de la ressource en qualité et quantité?)
- \* Ressource en eau en milieu karstique : exploitation et vulnérabilité : traçage artificiel et essai de pompage en mode double milieu

L'AMS porte sur l'hydrosystème de Fontaine de Vaucluse. Après avoir identifié les points de vulnérabilité du bassin versant de la Fontaine de Vaucluse, les étudiants travaillent deux aspects :

- (1) Vulnérabilité de la qualité des eaux : Utilisation de la méthode Paprika pour étudier la vulnérabilité de l'aquifère face à différents scénarios : évolutions des zones de culture, projet industriel.
- (2) Vulnérabilité de la quantité de ressource : Utilisation du logiciel de modélisation pluie-débit karstmod pour évaluer l'évolution de la ressource en eau face à différents scénarios (évolution de l'occupation du sol, de la pression sur les demandes en eau), travail sur les incertitudes associés à ces scénarios.

### **Hydrogéologie fondamentale et appliquée**

Cette UE sera découpée en plusieurs parties qui interagissent entre elles:

- \*Mesures et quantification de la recharge des aquifères
- \*Transfert d'eau et de soluté dans les aquifères
- \*traçage, mélange et temps de résidence dans les aquifères
- \*Hydrogéophysique
- \*La géologie appliquée à l'hydrogéologie

AMS : les étudiants sont amenés à appliquer et croiser les différents outils acquis dans l'UE (lecture de la géologie, hydrochimie, hydrogéophysique) pour comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème des Angles (liens avec le massif calcaire, la plaine alluviale et le Rhône). L'activité se déroule sur le terrain pendant une semaine et s'organise par ateliers journaliers tournants. L'objectif final est de construire le modèle de fonctionnement de l'aquifère étudié et évaluer sa vulnérabilité. Ce résultat doit provenir du croisement des différentes techniques d'investigation, cette analyse transversale étant évaluée par groupe à partir d'une séance de restitutions orales.

## **Master 2 – semestre 3**

### **Etudes pratiques des systèmes hydrogéologiques**

Tous les enseignements dispensés visent à fournir aux étudiants les connaissances et les méthodes nécessaires pour mener à bien leurs projets de mise en situation. Ils concernent les disciplines de l'hydrogéologie, l'hydrogéochimie, l'hydrogéophysique, la modélisation et la télédétection.

Cette UE bénéficie de 2 mises en application.

Le premier projet consiste à établir le niveau de vulnérabilité d'un champ captant destiné à l'alimentation en eau potable. Le site retenu est sur l'île de la Barthelasse à proximité du campus et facilement accessible. Les étudiants sont amenés à concevoir la méthodologie d'investigation, à réaliser les étapes de terrain, à exploiter les données historiques (hydrogéologie, hydrochimie) puis à réaliser une première proposition de modélisation distribuée. Le schéma de fonctionnement issu de ce travail doit aboutir à des recommandations pour réduire la vulnérabilité du champ captant.

La seconde mise en situation est complémentaire à la première en proposant une approche intégrée d'un système hydrogéologique complexe. Le site choisi est plus vaste et multicouche. L'approche de modélisation ne vise pas cette fois à construire le modèle mais à élaborer un outil intégré de fonctionnement du système avec notamment un couplage avec les données de la télédétection

### **Gestion et usages de la ressource en eau**

Les enseignements concernent les principaux usages de la ressource en eau souterraine (modalités et impacts). Ils sont focalisés sur 2 usages majeurs de la ressource à l'heure actuelle : usage agricole et géothermie

Cette UE bénéficie de 2 mises en application. Le premier projet s'articule autour des principaux axes de recherche de l'UMR EMMAH visant à comprendre l'organisation des flux d'eau et de matière de la surface à l'aquifère dans les territoires anthropisés, en particulier agricoles. La mise en situation prend la forme d'une école d'automne en partie délocalisée sur le centre INRAE d'Avignon sur le thème des processus de recharge en contexte agricole méditerranéen. Une série d'ateliers est proposée sur une semaine permettant d'étudier et de quantifier les phénomènes de la surface à la profondeur mais aussi spatialement. Les étudiants sont amenés à utiliser et croiser plusieurs types d'informations et de méthodes : mesures de terrain, cartographie, analyse statistique, modélisation.

La seconde mise en situation prend la forme d'une autre école d'automne délocalisée cette fois à Evian les Bains dans le cadre d'un partenariat avec Danone Waters. A l'occasion de séminaires, visites, études de terrain et rencontres avec les acteurs du territoire, les étudiants sont amenés à analyser les conditions d'exploitation durable d'une ressource en eau. Une large part est donnée aux travaux de terrain à partir desquels ils élaborent le schéma conceptuel général de la zone de recharge du complexe d'Evian. Ce travail est mis en perspective au regard de l'occupation du territoire (protection) et de l'exploitation industrielle de la ressource.

### **Site et sols pollués et rémédiation**

Les enseignements de cette UE sont divisés en 2 parties : 1 première partie concernant la procédure de diagnostique des sites et sols pollués (rôle du bureau d'études) et 1 seconde partie sur les méthodes de dépollution (entreprises de travaux publics). L'enseignement est presque entièrement assuré par des professionnels du secteur.

L'activité de mise en situation consiste à proposer une étude complète allant du diagnostique à la dépollution. Il s'agit d'une procédure intégrée qui fait appel à la connaissance de base du comportement des polluants dans l'environnement, aux méthodologies spécifiques inhérentes aux études sur les sites pollués et aux techniques de dépollution mais les étudiants sont également amenés à analyser le contexte géologique et hydrogéologique, à tenir compte de la réglementation en vigueur et à évaluer les coûts.

## **Master 2 – semestre 4**

### **Professionalisation et cadre réglementaire en environnement**

1) Elaboration portefeuille de connaissances et compétences communes par spécialité, Exercice offre de service. Chaque étudiant présente son offre ¼ h devant les autres, Simulations individuelles entretien de recrutement (1/2 h / étudiant)

2) Montage de projet/étude

Lettre d'intention, réponses aux appels d'offres, normes des AO, démarche commerciale, avant projet, CCTP, ...

3) Déroulement de l'étude

Organisation du travail, logistique, gestion du personnel et répartition des tâches, planification, coût.

4) Législation et cadre réglementaire dans la gestion et la protection des ressources en eau