

Itinéraire SAGE

Systemes Aquatiques et Génie de l'Environnement

Université Paris-Est Créteil

Université de Paris

Collaboration pédagogique avec l'ENPC

Gilles Varrault (UPEC)

Bruno Tassin (ENPC)

François Prévot (UP)

Quelques enjeux liés à l'eau

- Accès à l'eau potable et à l'assainissement
 - 3 milliards sans accès à l'eau potable (voisinage immédiat)
 - 4 milliards sans accès continu à l'eau potable (24/24)
 - 4,5 milliards sans réseau d'assainissement
 - 5,5 milliards sans traitement des eaux usées

- Le changement climatique
 - Evolution des précipitations (hauteurs, répartition, intensités)
 - Evolution de la ressource en eau
 - Evolution de la demande en eau
 - Risques « naturels » (sécheresse, inondations)

Quelques enjeux liés à l'eau

Au niveau européen

- La montée de la conscience environnementale
- La mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau
 - Le bon état écologique
 - La restauration et la protection des milieux aquatiques
- La prévention du risque sanitaire (micropolluants, microorganismes pathogènes)

Tendances

- Efficacité énergétique (améliorations technologiques)
 - Faire « plus » avec « moins »

 - Évolution des usages
 - Réutilisation (Reuse) : de l'agriculture vers le domestique
 - Désalinisation : de l'industrie, au domestique, puis à l'agriculture

 - Modification des paradigmes, notamment pour l'agriculture
-

Quelques enjeux de la formation

- Des systèmes complexes,
 - des questions socio-techniques
 - Technique, économie, politique
 - Un contexte en évolution
 - Changement climatique
 - Changement global
 - Le couplage de la recherche et de l'opérationnel
 - Le besoin d'une recherche finalisée
 - Connaitre et comprendre pour agir
-

Organisation de la formation

3 populations d'étudiants

- Professionnel (FA ou FI)
 - Formation par apprentissage (FA) Apprentis
 - Formation initiale (FI) « classique »
- Recherche (en FI)

Tous les étudiants sont en alternance

- 3j/2j au premier semestre
- 2 sem/ 4 sem au second semestre

Organisation de la formation

Professionnel

■ FA contrat d'apprentissage

- Septembre à fin août (soutenance début septembre)

■ FI stage classique

- Début en décembre/janvier à fin septembre

Recherche

■ FI stage classique

- Début en novembre/décembre à juin ou septembre
-

Le rythme des apprentis

□ Au premier semestre

- Alternance à l'échelle de la semaine:
 - trois premiers jours de la semaine en formation et les deux derniers jours en entreprise
- La première semaine est passée en entreprise
- Au premier semestre, les apprentis passent 55 jours en entreprise (25 jours les deux premiers mois) et 47 jours en formation.

Le rythme des apprentis

□ Au second semestre

- L'alternance est organisée selon un cycle de 5 semaines : trois semaines en entreprise et deux en formation.
- Les mois de juillet et août sont entièrement passés en entreprise.
- Les apprentis passent 35 jours en formation et 115 jours en entreprise.

Le rythme des étudiants du parcours recherche

- ❑ Même rythme que pour les apprentis
- ❑ Stage en laboratoire de recherche « filé » de novembre à juin
- ❑ Soutenance en juin

Les enseignements

- Les fondamentaux (physico-chimie, microbiologie, mécanique des fluides)
- Des approfondissements scientifiques et techniques
 - Traitement des eaux usées, eau potable, hydrologie, hydrologie urbaine, hydrogéologie, qualité de l'eau, écologie aquatique, politique de l'eau, modélisation des hydroécosystèmes
- Gestion
 - Droit et gestion de l'eau, eau dans les pays en développement
- **Cf. descriptif des UE à la fin de ce document**

Les enseignements en FA

	UE	Nom UE	ECTS	heures
S1	UE1	Fondamentaux Physico-chimie/microbiologie	4	30
	UE2	Mécanique des fluides	2	20
	UE3	Hydrologie urbaine	5	39
	UE4	Hydrologie	5	40
	UE5	Eau potable	3	30
	UE6	Traitement des eaux usées	3	30
	UE7	Politiques de l'eau	2	20
	UE8	Outils informatiques et SIG	3	30
	UE9	Modélisation des hydroécosystèmes	3	30
	TOTAL S1			30
S2	UE10	Droit et Gestion de l'eau	2	20
	UE11	Eaux dans les pays en développement	3	30
	UE12	Ecologie aquatique	2	20
	UE13	Qualité de l'eau dans les bassins versants	2	20
	UE14	Hydrogéologie	3	30
	UE15	Anglais	3	30
	STAGE	STAGE	15	/
	TOTAL S2			30
TOTAL ANNEE			60	419

Les enseignements en FI

	UE	Nom UE	Tronc commun	UE obligatoires à choix 3 au S1 + 2 au S2	ECTS	heures
<u>S1</u>	UE1	Fondamentaux Physico-chimie/microbiologie	x		4	30
	UE2	Mécanique des fluides	x		2	20
	UE3	Hydrologie urbaine	x		5	39
	UE4	Hydrologie	x		5	40
	UE5	Eau potable		x	3	30
	UE6	Traitement des eaux usées		x	3	30
	UE7	Politiques de l'eau	x		2	20
	UE8	Outils informatiques et SIG		x	3	30
	UE9	Modélisation des hydroécosystèmes		x	3	30
	UE10	Séminaire bibliographique	x		3	30
	TOTAL S1				30	269
<u>S2</u>	UE10	Droit et Gestion de l'eau		x	3	24
	UE11	Eaux dans les pays en développement		x	3	30
	UE12	Ecologie aquatique		x	3	24
	UE13	Qualité de l'eau dans les bassins versants		x	3	24
	UE14	Hydrogéologie		x	3	30
	UE15	Anglais	x		3	30
	STAGE	STAGE	x		21	/
		TOTAL S2				30
TOTAL ANNEE					60	353

Les compétences acquises en SAGE (1)

- ❑ Concevoir, mettre en route, exploiter des ouvrages de traitements des eaux usées ou de potabilisation des eaux
 - ❑ Conception, dimensionnement, gestion et entretien des réseaux d'assainissement et d'eau potable
 - ❑ Concevoir des systèmes de gestion des eaux pluviales en milieu urbain
 - ❑ Diagnostiquer un schéma directeur de traitement des eaux usées ou de potabilisation des eaux afin de proposer des améliorations
 - ❑ Mise au point et développement analytique pour l'analyse des eaux
 - ❑ Recueillir, traiter et analyser des données statistiques issues des technologies de mesure des milieux aquatiques
-

Les compétences acquises en SAGE (2)

- ❑ Concevoir des outils d'aide à la décision en matière de politiques de gestion de l'eau
- ❑ Veiller aux évolutions des connaissances, techniques, législations et pratiques dans les disciplines et aires géographiques concernées
- ❑ Conception et mise en place de protocoles d'étude des processus biogéochimiques de systèmes aquatiques.
- ❑ Mener des observations des processus biogéochimiques de systèmes aquatiques et des expérimentations en laboratoire ou sur site.
- ❑ Interpréter des observations réalisées dans les systèmes aquatiques ou bien en laboratoire et discuter les processus biogéochimiques en jeu.

Les compétences acquises en SAGE (3)

- ❑ Modéliser des processus mécaniques, physiques, chimiques ou microbiologiques en milieu aquatique
- ❑ Diffuser les résultats de sa recherche en direction de la communauté scientifique, des responsables techniques, des gestionnaires et des politiques
- ❑ Travailler en lien avec un réseau de partenaires spécialistes de la gestion de l'eau et de non-spécialistes

Quelques thèmes de stage

- ❑ Hydrologie urbaine (conception et dimensionnement réseau, gestion et entretien réseau,...)
 - ❑ Traitement des eaux (collectivités, industries)
 - ❑ Evaluation de processus en milieu aquatique, modélisation
 - ❑ Gestion de l'eau
 - ❑ Mises au point et développement analytiques
 - ❑ Écologie des milieux aquatiques
-

Quelques sujets de stage

- Décantabilité des polluants en réseau d'assainissement
- suivi de la biomasse algale des eaux superficielles a paris
- **Analyse de la protection de la ressource de l'usine de Méry sur Oise**
- **Traitement des boues issues de l'épuration des stations d'épuration**
- Analyse de fuites sur les réseaux d'eau potable
- **Réhabilitation du réseau d'eau potable de la ville de JEJEL (Algérie)**
- optimisation technico-économique de stations de traitement des eaux usées
- **Développement d'une politique d'assainissement dans une commune du Vietnam**
- **Optimisation du nettoyage des modules membranaires**
- **analyse des microcystines dans les eaux douces**
- optimisation du fonctionnement de petites stations de production d'eau potable
- Utilisation des eaux de pluies sur un site industriel

Exemples de sujets d'apprentissage

- ❑ Quelle est la pertinence du projet « REUSE » au sein d'une entreprise comme Safran Aircraft Engines
- ❑ Conception d'un outil de dimensionnement de stations de refoulement des eaux usées
- ❑ La méthanisation comme démarche exemplaire d'économie circulaire
- ❑ Contribution à l'optimisation du maillage de mesures et étude des paramètres qualitatifs et quantitatifs sur les captages d'Eau de Paris
- ❑ Programme de gestion de l'eau chez ARKEMA
- ❑ Suivi de la nappe souterraine de Mantes-la-Jolie, au droit d'un site industriel, fabricant de composés électroniques
- ❑ Etude de l'impact des eaux polluées et le traitement partiel de ces eaux sur l'hydratation du ciment et la qualité de mortier

Quelles entreprises ?

- Eau de Paris
- Safran
- Suez
- Mairie de paris
- SAUR
- ARTELIA Ville et transport
- SOC Eaux Versailles
Saint-Cloud (SEVESC)
- Bureau VERITAS
- ARKEMA
- LAFARGE HOLCIM
- AESN
- BASF
- Grand Orly
- Test ingénierie
-

Et l'étranger ?

- ❑ Possible pour les étudiants du parcours recherche
- ❑ Possible aussi pour les étudiants du parcours professionnel mais sans le statut d'apprenti

Quels emplois pour les diplômés ?

- Secteur industriel, collectivités locales, organismes publics, bureaux d'études
 - Traitement de l'eau / assainissement eau (technologie ou exploitation)
 - Gestion du bassin versant (de la parcelle au bassin versant): *assainissement, restauration des milieux, travaux d'entretien, animation de la politique locale*
 - Etudes
- Technologie
 - En évolution extrêmement rapide (membranes, capteurs,...)
 - pervasive sensing : « mesurage omniprésent »
 - Miniaturisation
 - Temps réel
- Recherche
 - De plus en plus interdisciplinaire (sciences dites « dures » et « molles »)
 - De plus en plus partenariale (collectivités territoriales, agences de l'eau,...)

Débouchés du parcours recherche

**Secteur public (Chercheurs, enseignants-chercheurs,...)
ou secteur privé (recherche et développement)**

- Biogéochimie des milieux naturels, urbains
 - Grands cycles
 - Polluants prioritaires, substances émergentes
 - Hydrologie urbaine

- Procédés de traitement et d'épuration des eaux

- Gestion des systèmes aquatiques
 - Politiques publiques
 - Socio-économique

Débouchés du parcours professionnel

- 70% à 80% de CDI pour les apprentis le jour de la soutenance
- Services de l'eau et de l'assainissement
 - Production, traitement
 - Distribution, évacuation
 - Gestion des milieux naturels
- Bureaux d'études
 - Eau et environnement
 - Grands (Artelia, Safege, ...)
 - Petits : extrêmement nombreux

L'insertion professionnelle

150 réponses

- \cong 40% « ingénieurs d'études » (CDI) en bureau d'études dont 5 à 10% à l'étranger
 - \cong 25% en thèse (plus de 90% de ceux qui le souhaitaient ont pu faire une thèse)
 - \cong 25% dans la fonction publique
 - Fonction publique territoriale
 - Établissement public à caractère administratif (ANSES, ONEMA, agences de l'eau...)
 - Ministère, Nations unies
 - \cong 5% de chercheur ou enseignant/chercheur
 - \cong 5 à 10 % en recherche d'emploi (9 mois après la sortie) mais très peu après 12 mois
-

L'insertion professionnelle pour les apprentis

70% à 80% de CDI le jour de la soutenance
(Promotion 2017/2018 et 2018/2019 (=20))

Renseignements pratiques

- Effectif : 25 étudiants max.
(\approx 150 dossiers reçus)
 - \approx 25 % en parcours recherche
 - Public : M1, autres masters, ingénieurs
 - Trois sites
 - ENPC
 - UPEC
 - Université de Paris (U.Paris Diderot)
-

Renseignements pratiques

- Responsabilité : ENPC
 - Bruno Tassin : bruno.tassin@enpc.fr
 - Alice Tran : alice.tran@enpc.fr

 - Responsabilité: UPEC
 - Gilles Varrault : varrault@u-pec.fr
 - Iveta Said: iveta.said@u-pec.fr

 - Responsabilité Université de Paris (Paris Diderot)
 - Francois Prevot: prevot@ipgp.fr
 - Ester Cohen : esther.cohen@univ-paris-diderot.fr

 - Les laboratoires porteur et associés
 - Leesu
 - D'autres laboratoires associés
 - LGE, LSCE, IRSTEA, ...
-

Les différentes UE du M2 SAGE



Physico chimie

- **Mieux comprendre les principaux processus physico-chimiques se déroulant dans les milieux aquatiques et en traitement des eaux**
- Processus physico-chimiques qui gouvernent le comportement des polluants organiques dans les milieux récepteurs et lors du traitement des eaux.
- La chloration, formations de sous produits de désinfection
- Les réactions d'oxydoréduction
- Les colloïdes dans l'environnement et le traitement des eaux
- La spéciation des métaux en solution en lien avec leur biodisponibilité

Mécanique des fluides

- L'objectif du cours est de poser les bases pour :
 - Comprendre comment on décrit un écoulement
 - Identifier les mécanismes en jeu
 - Connaître les principales lois
 - Savoir résoudre des problèmes simples d'écoulement
 - Le cours est centré sur le fluide « EAU » et les applications « aménagement et gestion de l'eau ».
- Statique des fluides
- Modélisation d'un fluide en mouvement
- Conservation de la masse
- Cinématique des fluides
- Dynamique locale des fluides parfait
- Dynamique locale d'un fluide visqueux newtonien
- Écoulement réel (nb de Reynolds, régime d'écoulement)
- Écoulements permanents dans les canalisations en charges (adduction eau potable) (Équation de Bernoulli généralisée)
- Écoulements dans les canaux à surface libre (rivière, réseau d'assainissement)
 - équation de Barré de St Venant, avec une introduction à la résolution numérique de problème de mécanique des fluides

Microbiologie

- stratégie d'échantillonnage et techniques de détections en milieu aquatique.
 - Application à la détection des bactéries et virus pathogènes
- Cyanobactéries : écologie, écophysiologie, toxicité
- Pathogènes émergents dans l'eau (crypto /Giardia /Toxo et amibes...) : Origine, méthodes d'analyse et Contamination des ressources.
- Diversité microbiennes dans les ouvrages de traitement à la source des eaux pluviales.
 - Importance dans la biodégradation des micropolluants organiques.
- Biodégradation microbiennes de la matière organique.
 - Application à la valorisation des boues de station d'épuration

Modélisation des systèmes aquatiques

- ❑ Principes généraux pour construire un modèle d'hydrosystème
 - ❑ Les différents types de modèles
 - ❑ Résolution des équations différentielles
 - ❑ Lien modélisation/données
 - ❑ Modélisation et incertitudes
 - ❑ De nombreux exemples et des séances de TP
 - ❑ Analyse critique de travaux de modélisation
 - ❑ Focus sur la modélisation des rivières, des plans d'eau et la modélisation couplée.
-

Outils informatiques et SIG

- Fonctions approfondies Excel
- R
- QGIS
- Traitement de gros paquets de données
- Tests statistiques
- Régressions plus ou moins linéaires
- Représentations graphiques
- Méthodes de classement, de discrimination

Séminaire bibliographique

- Méthodes de l'analyse bibliographique

 - Utilisation des ressources électroniques

 - Liaison avec le stage de recherche
 - Rapport bibliographique
-

Anglais

- renforcement linguistique (grammaire et vocabulaire)
 - Vocabulaire général et spécialisé (traitement de l'eau).
 - Travail de groupe oral et écrit
 - sujet en lien avec le stage
 - Sur demande, préparation d'un toeic blanc.
-

Hydrologie : modélisation et aide à la décision

- Apporter une compréhension globale du cycle de l'eau.
- Connaître les principaux types de modèles hydrologiques (déterministes, conceptuels et statistiques).
- Maîtriser des méthodes et des outils utiles à la résolution des questions suivantes :
 - évaluation des risques de crue et de sécheresse,
 - simulation de la disponibilité de la ressource en eau,
 - gestion optimisée d'un réservoir mono ou multi-usages,
 - prévisions en temps réel,

Hydrogéologie

- ❑ Les systèmes aquifères, hydraulique (régimes permanent et transitoire), advection et dispersion de solutés, géostatistiques appliquées. Pratique de la protection de captages.
- ❑ Modélisation
- ❑ Compétences visées : compréhension des processus élémentaires, maîtrise des outils de modélisation mathématique.
- ❑ Visite de terrain

Hydrologie urbaine

Former les futurs concepteurs et gestionnaires des systèmes d'assainissement.

Analyse des différents objectifs d'un système d'assainissement; à présenter l'ensemble des interactions entre l'assainissement et les autres techniques urbaines;

Récents et nombreux progrès des méthodes de conception et de gestion des ouvrages.

Gestion globale des interactions eau-urbanisme.

- Conception d'un système d'assainissement.
- Critères de choix entre assainissement autonome et assainissement collectif.
- Choix des éléments de structure des systèmes collectifs.
- Méthodes de calcul et modélisation pour la conception et le dimensionnement des collecteurs.
- Exploitation et gestion d'un système d'assainissement.
- Gestion hydraulique des réseaux : mesures et archivage des données, modélisation et simulation, gestion automatisée.
- Moyens de lutte contre la pollution des eaux pluviales et contre les pollutions accidentelles.

- Epuration : cours de traitement des eaux

Ecologie aquatique

- Bases en écologie
 - Facteurs Biotiques et Abiotiques
 - Biodiversité

- Description et fonctionnement des écosystèmes aquatiques
 - Zones humides
 - Rivières
 - Lacs

- Gestion des écosystèmes aquatiques
 - Bioindication
 - Ecotoxicologie
 - Restauration et conservation
 - Gestion et directive européenne

- TP : Distribution spatiale du phytobenthos et phytoplancton

Qualité des eaux dans les bassins versants

- ❑ **Objectifs : présenter la dynamique et les principaux processus affectant le devenir des nutriments et des micropolluants à l'échelle de bassins versants.**
- ❑ Relations concentrations-débits, méthodes de calcul de flux (micropolluants, nutriments)
- ❑ Sources, spéciation et biodisponibilité des métaux dans les milieux aquatiques urbanisés
- ❑ Sources et devenir des pesticides dans les bassins versants et première base de modélisation
- ❑ Modélisation de la dégradation des alkylphénols et alkylphénols éthoxylés en Seine
- ❑ Débris plastiques dans les milieux aquatiques
- ❑ Etude de cas sur le lac du Bourget
- ❑ Impact de l'alimentation des parisiens sur leur empreinte d'azote

Eau potable

- Ressources en eau
 - Protection de la ressource, eau de surface, eau souterraine
 - Techniques de forage, pompage
 - Impact du pompage/forage sur la ressource hydrique
 - Nouvelles ressources en eau : récupération des eaux de pluie, eaux usées pour irriguer (France on international)... + question des réseaux intermittents
 - éléments quantitatifs (en France, dans le monde)+ un peu de règlementaire
 - Demande en eau (Analyse socio économique)
 - notion de risque (HACCP, ...)
- Traitement et potabilisation
 - Les techniques, les usines
 - filières de traitement et sous-produits.
- Adductions, stockage, distribution eau potable
 - Lois applicables aux réseaux en charge
 - écoulement sous pression, fonctionnement des pompes, équations de réseau
 - éléments de modélisation
- Réseaux d'adduction
 - Dimensionnement de réseau
 - Ouvrages de stockage
- Réseaux de distribution
 - Dimensionnement de réseau
 - Technologie et pose de canalisation

Traitement des eaux usées

- Traitement des eaux usées
 - Epuration et traitement des boues
 - Assainissement des grosses collectivités (Siaap)
 - Technologies de pointe (BRM, biofiltres)
 - Cas des petites collectivités
 - élimination de polluants au sein des STEP
 - Biologie et modélisation boues actives
 - transfert d'oxygène en stations d'épuration
 - Décantation : Stokes, Hazen, Décanteur lamellaire...

Politiques de l'eau

Comment comprendre et se préparer au débat public sur les questions d'eau ?

- ❑ Introduction en référence aux acteurs (qui fait quoi actuellement) dans une situation fictive en France
- ❑ Comprendre le débat au sujet des conflits d'usages
- ❑ Comprendre le débat au sujet de la tarification et du rôle des consommateurs dans les services urbains
- ❑ Comprendre le débat au sujet des pollutions des milieux aquatiques et des inondations
- ❑ Comprendre le débat au sujet de l'allocation des aides
- ❑ Comprendre le débat au sujet de privatisation.

Droit et gestion des eaux

- *Le cours de Droit et Gestion de l'Eau a pour objectif de fournir aux étudiants des clés de lecture nécessaires à la compréhension des enjeux qui président à la production du droit et des politiques publiques de protection et de valorisation des ressources en eau et des milieux aquatiques en lien notamment avec les politiques industrielles et agricoles et les politiques urbaines.*
 - Principes généraux du droit public;
 - L'administration et le droit de l'environnement;
 - Le droit de l'eau comme ressource naturelle;
 - La lutte contre les pollutions de l'eau;
 - Les modes de gestion de l'eau potable et de l'assainissement;
 - La régulation du risque d'inondation.
-

Eaux dans les pays en développement

- Eléments sur les PED - IDH
- Approvisionnement en eau potable, Récupération d'eau de pluie au Brésil, Hydraulique villageoise (AEP)
- Assainissement autonome, cycle boue de vidange ex Afrique de l'Ouest
- Les techniques extensives d'assainissement collectif, lagunage, UASB
- ECOSAN
- Les politiques des services d'eau et d'assainissement ex Argentine et Bolivie
 - Organisation des services d'eau et d'assainissement
 - Le financement de l'AEP et l'assainissement dans les PED
 - Le partenariat public privé (PPP)
- L'eau et la santé, hygiène scolaire
- Les acteurs du secteur de l'eau dans les PED
 - Modes d'intervention des acteurs privés et publiques
 - Loi Oudin Santini
 - Collectivité locale : SIAAP, CD94, Ville de Paris ...
 - ONG : PsEau, ISF, ACF et autres
 - Recherche et PED : BURGEAP, IRD, Ladyss, Leesu ...
- Montage d'un projet d'aide au développement