

# Master SGE

Universités Paris VII et Paris XII  
Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

## Enseignements de première année

Contact :  
Bernard Aumont  
Université Paris XII  
Tel : 01 45 17 15 92  
[aumont@lisa.univ-paris12.fr](mailto:aumont@lisa.univ-paris12.fr)

4 juin 2004

## **Objectifs**

La première année du Master Sciences et génie de l'Environnement (SGE) est organisée afin de répondre à deux finalités principales. Il s'agit tout d'abord d'offrir une formation large et multidisciplinaire permettant d'appréhender l'environnement sous ses différentes facettes (notamment scientifique, économique et politique). L'objectif est ici (i) d'apporter les notions de base permettant aux futurs spécialistes de situer leurs domaines de compétence dans le contexte, par essence très large, de l'environnement (ii) de fournir les éléments facilitant les échanges entre partenaires des différentes professions impliquées dans l'environnement. Par ailleurs, il s'agit également de permettre aux étudiants de s'orienter en possession d'éléments objectifs vers les différents métiers de l'environnement.

Le premier semestre vise à présenter le fonctionnement des systèmes naturels et perturbés, les différents milieux (air, eau, sols), l'altération des matériaux dans l'environnement, et la dimension politique et économique de l'environnement. La gestion de données et leur traitement statistique sont également traités durant le premier semestre. Le second semestre est principalement tourné vers la météorologie de l'environnement. Ce semestre aborde également les relations pollution-nuisances en milieu urbain, l'impact de la pollution sur différents milieux récepteurs (écosystèmes et santé publique notamment) et la gestion des déchets. Il est de plus proposé aux étudiants d'appréhender la dimension sociétale de l'environnement et son caractère multidisciplinaire au travers de «conférences et revues de presse». Ces enseignements constituent le tronc commun de la première année. Ils représentent un volume de 510 heures. A l'issue de cette première année, les élèves posséderont ainsi une bonne connaissance des milieux naturels et les bases scientifiques requises pour caractériser et évaluer l'impact des activités humaines sur l'environnement.

Des unités d'enseignement au choix sont également proposées au second semestre. La vocation de cette série d'enseignements optionnels est de permettre aux étudiants d'approfondir leurs compétences dans un domaine scientifique et/ou d'élargir leur spectre de connaissances. Ces unités d'enseignement optionnelles couvrent différents domaines, depuis la microbiologie jusqu'aux mathématiques appliquées. Sept unités d'enseignement au choix sont proposées dans le cadre de SGE et 90 heures d'enseignement y sont consacrées. La liberté est naturellement offerte aux étudiants de choisir des unités d'enseignement extérieures à SGE, notamment dans le cadre des masters proposés par les trois établissements porteurs (Universités Paris 7 et Paris 12, ENPC) dans le domaine des Sciences (par exemple, le master Molécules, Matériaux et Surfaces de l'Université Paris 7 ou encore le master Molécules et Matériaux de l'Université Paris 12 pour l'acquisition de compétences avancées tant théoriques que pratiques en chimie-physique et sciences des matériaux).

La formation proposée en première année est élaborée de telle sorte que l'origine des étudiants et leurs choix quant aux options suivies ne conditionnent pas directement leur orientation vers les spécialités proposées en seconde année. Cette orientation ne sera envisagée qu'à l'issue de la première année, après concertation entre l'étudiant et l'équipe pédagogique.

## ***Liste des Unités d'Enseignement (M1-SGE)***

### **Semestre 1**

#### ***UE de Tronc commun***

- 34U1SG41 Fonctionnement des systèmes naturels et perturbés  
Air : introduction à la physique et à la chimie de l'atmosphère, pollution
- 34U2SG41 atmosphérique
- 34U3SG41 Eau : milieu et traitement, bassin versant
- 34U4SG41 Sols pollués : milieux et traitements
- 34U5SG41 Politique et économie de l'environnement
- 34U6SG41 Altération des matériaux du patrimoine bâti et culturel dans l'environnement
- 34U7SG41 Modélisation statistique appliquée et traitement de données
- 34U8SG41 Anglais

### **Semestre 2**

#### ***UE de Tronc commun***

- 34U1SG42 Métrologie de l'environnement : du prélèvement à l'interprétation
- 34U2SG42 Pollutions, nuisances et impacts
- 34U3SG42 Conférences et revue de presse
- 34U4SG42 Anglais

#### ***UE optionnelles (3 au choix)***

- 34SG4O12 Physico-chimie appliquée à l'étude de processus environnementaux
- 34SG4O22 Microbiologie de l'environnement
- 34SG4O32 Mécanique des fluides
- 34SG4O42 Méthodes pratiques de calculs numériques et statistiques
- 34SG4O52 Introduction aux interactions rayonnement/matière et applications
- 34SG4O62 Chimie analytique et spectroscopie
- 34SG4O72 Environnements planétaires et exobiologie

**Premier semestre : Répartition cours/TD/TP**

Code UE	Unité d'enseignement	ECTS	Présentiel étudiant				Resp.
			C	TD	TP	Total	
<b>34U1SG41</b>	<b>Fonctionnement des systèmes naturels et perturbés</b> Cycles biogéochimiques Fonctionnement des écosystèmes	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>40</b>	<b>C. Boissard (LISA, P7)</b>
<b>34U2SG41</b>	<b>Air : introduction à la physique et à la chimie de l'atmosphère, pollution atmosphérique</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>B. Aumont (LISA.P12)</b>
<b>34U3SG41</b>	<b>Eau : milieu et traitement, bassin versant</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>D. Thévenot (CEREVE, P12)</b>
<b>34U4SG41</b>	<b>Sols pollués : milieux et traitements</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>G. Varrault (CEREVE, P12)</b>
<b>34U5SG41</b>	<b>Politique et économie de l'environnement</b> Politique de l'environnement : gestion, droit institution Economie et environnement Milieux professionnels de l'environnement	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>65</b>	<b>D. Thévenot (CEREVE, P12)</b>
<b>34U6SG41</b>	<b>Altération des matériaux du patrimoine bâti et culturel dans l'environnement</b>	<b>3</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>R. Lefevre (LISA, P12)</b>
<b>34U7SG41</b>	<b>Modélisation statistique appliquée et traitement de données</b> Méthode d'analyse exploratoire des données Modélisation statistique des données	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>50</b>	<b>A. Dutot (LISA, P12)</b>
<b>34U8SG41</b>	<b>Anglais</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>H. Alfaro</b>
<b>TOTAL semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>157</b>	<b>87</b>	<b>26</b>	<b>300</b>	

**Second semestre : Répartition cours/TD/TP**

Code UE	Unité d'enseignement	ECTS	Présentiel étudiant				Resp.
			C	TD	TP	Total	
<b>34U1SG42</b>	<b>Métrologie de l'environnement : du prélèvement à l'interprétation</b> Métrologie : cours/TD Métrologie : applications au laboratoire Métrologie : stage de terrain	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>60</b>	<b>95</b>	<b>F. Prévot (LGE, P7)</b>
<b>34U2SG42</b>	<b>Pollutions, nuisances et impacts</b> Environnement en milieu urbain Déchets : sources, natures, traitements et législation Pollution/santé Pollution/écosystème - écotoxicologie	<b>6</b>	<b>64</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>P. Perros (LISA, P12)</b>
<b>34U3SG42</b>	<b>Conférences et revue de presse</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>F. Prévot (LGE, P7)</b>
<b>34U4SG42</b>	<b>Anglais</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	
	Total tronc commun - semestre 2	21	84	66	60	210	
	<i>3 options au choix (3 ECTS/option)</i>	9				90	
<b>34SG4O12</b>	<b>Physico-chimie appliquée à l'étude de processus environnementaux</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>B. Aumont (LISA, P12)</b>
<b>34SG4O22</b>	<b>Microbiologie de l'environnement</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>N. Bousserhine (Bio-Sols, P12)</b>
<b>34SG4O32</b>	<b>Mécanique des fluides</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>S. Alfaro (LISA, P12)</b>
<b>34SG4O42</b>	<b>Méthodes pratiques de calculs numériques et statistiques</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>A. Dutot (LISA, P12)</b>
<b>34SG4O52</b>	<b>Introduction aux interactions rayonnement/matière et applications</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>J.M. Hartmann (LPPM, CNRS)</b>
<b>34SG4O62</b>	<b>Chimie analytique et spectroscopie</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>J.L. Colin (LISA, P7)</b>
<b>34SG4O72</b>	<b>Environnements planétaires et exobiologie</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>H. Cottin (LISA, P12)</b>
	<b>total</b>	<b>30</b>				<b>300</b>	

Equipes pédagogiques associées aux Unités d'Enseignement

34U1SG41	Fonctionnement des systèmes naturels et perturbés	<u>Boissard</u> , Aumont, Bonsang, Deflandre, Laffray, Prévot
34U2SG41	Air : introduction à la physique et à la chimie de l'atmosphère, pollution atmosphérique	<u>Aumont</u> , Perros, Colin
34U3SG41	Eau : milieu et traitement, bassin versant	<u>Thévenot</u> , Mouchel, Heduit, Tusseau
34U4SG41	Sols pollués : milieux et traitements	<u>Varrault</u> , Bousserhine, Cambier, Gaudichet, Moilleron
34U5SG41	Politique et économie de l'environnement	<u>Thévenot</u> , Deroubaix, Vallée, Hubert, Blatrix, Froger
34U7SG41	Modélisation statistique appliquée et traitement de données	<u>Dutot</u> , I.Coll, Tassin
34U6SG41	Altération des matériaux du patrimoine bâti et culturel dans l'environnement	<u>Lefèvre</u> , <u>Chabas</u> , <u>Guillot</u> , <u>Robinet</u> , <u>Lavédrine</u>
34U8SG41	Anglais	H. <u>Alfaro</u>
34U1SG42	Métrologie de l'environnement : du prélèvement à l'interprétation	<u>Prévot</u> , Deflandre, Jambert, Jezequel, Perros, Viollier
34U2SG42	Pollutions, nuisances et impacts	<u>Perros</u> , Gaudichet, Diab, Tassin
34U3SG42	Conférences et revue de presse	<u>Prévot</u> , Tassin
34U4SG42	Anglais	H. <u>Alfaro</u>
34SG4O12	Physico-chimie appliquée à l'étude de processus environnementaux	<u>Aumont</u> , Jezequel, Moilleron, Thévenot
34SG4O22	Microbiologie de l'environnement	<u>Bousserhine</u> , Iliou-Ferrari
34SG4O32	Mécanique des fluides	<u>Alfaro</u> , Mouchel
34SG4O42	Méthodes pratiques de calculs numériques et statistiques	<u>Dutot</u> , Issartel, Tassin
34SG4O52	Introduction aux interactions rayonnement/matière et applications	<u>Hartmann</u> , Alfaro, Benilan, Jolly, Kleiner
34SG4O62	Chimie analytique et spectroscopie	<u>Colin</u> , Gazeau, Jezequel, Moilleron
34SG4O72	Environnements planétaires et exobiologie	<u>Cottin</u> , P.Coll, Raulin

## Fonctionnement des systèmes naturels et perturbés

**Responsable pédagogique :** Christophe Boissard

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

### Pré requis :

Il s'agit d'un cours d'introduction destiné à « tous les publics scientifiques ». Il ne repose que sur les notions élémentaires de physique et de chimie de Licence.

### Résumé du programme :

Cette UE propose, à partir de la notion de conservation de masse via le modèle de boîte, l'étude des grands cycles biogéochimiques et de leurs perturbations, en relation avec le fonctionnement d'écosystèmes naturels et cultivés. Les enseignements se décomposent en :

#### 1. Notions théoriques

- Présentation du modèle de boîte : notions de compartiments, de flux, avantages et limites; notions de bilan (spéciation des espèces et des termes de productions et de destructions, déplacement de la position d'équilibre et exemples d'application).
- Présentation des principaux compartiments terrestres (atmosphère, lithosphère, biosphères continentale et aquatique, océans).
- Notions d'écosystèmes. Fonctionnement des écosystèmes (bioclimatologie, notion de rayonnement, équation de PENMAN...) avec quelques exemples (irrigation en agriculture).

#### 2. Applications aux principaux cycles biogéochimiques :

- Le cycle de l'eau
- Le cycle du carbone (exemple de cycle bien contraint)
- Le cycle du phosphore (introduit les problèmes d'incertitude et de fermeture du bilan de masse, application de l'hypothèse de l'état quasi stationnaire) de l'azote et du soufre (introduit le problème de spéciation des éléments)
- Les cycles des principaux métaux et en particulier celui du mercure (introduit l'importance de la notion de flux), du plomb et du cadmium.
- Applications du modèle de boîte réactif multi-espèces à l'atmosphère (NOx en atmosphère urbaine), aux eaux (bilan d'azote et de phosphore dans les lacs, zones côtières) et aux milieux intérieurs (composé organiques tels que les HAP et les pesticides, NOx)

Ces différents thèmes seront abordés au moyen de cours, de travaux dirigés et de travaux pratiques (expériences de bioclimatologie dans un laboratoire de l'INRA à Grignon)

### Compétences visées :

L'objectif principal de cette UE vise à illustrer la notion, centrale en matière d'environnement, de « conservation de la masse » en l'appliquant à la description des grands cycles biogéochimiques terrestres. Ces applications seront étendues aux bilans d'espèces dans un « environnement » donné, naturel ou perturbé, et en particulier à la compréhension du fonctionnement d'écosystèmes naturels et cultivés.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Un examen terminal par thème abordé en cours et TD (75%) ; contrôle continu pour les TP (25%).

## Air : physique et chimie de l'atmosphère, pollutions atmosphériques

**Responsable pédagogique :** Bernard Aumont

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

**Pré requis :**

Il s'agit d'un cours d'introduction destiné à « tous les publics scientifiques ». Il ne repose que sur les notions élémentaires de physique et de chimie du L.

**Résumé du programme :**

*1 – Composition, structure physique et évolution de l'atmosphère terrestre*

- structure physique (équation hydrostatique, gradient vertical T, P)
- composition chimique et distribution verticale
- évolution

*2 – Introduction au système atmosphérique*

- émissions naturelles et anthropiques, bilans aux échelles locales, régionales, globales
- système couplé émission, transport, chimie, dépôt

*3 – Interaction rayonnement/matière et transfert radiatif*

- rayonnement solaire et tellurique, bilan d'énergie
- application à la photochimie
- application à l'étude du climat

*4 – Eléments de météorologie*

- mélange et transport vertical, gradient vertical de T, notion de couche de mélange, temps caractéristiques
- mélange et transport horizontal, gradient horizontal de P, dépression et anticyclone, temps caractéristiques

*5 – Chimie atmosphérique*

- chimie de la stratosphère : sources et puits de O<sub>3</sub>, cycles catalytiques (NO<sub>x</sub>, ClO<sub>x</sub>), mécanismes et chronologie de la destruction de O<sub>3</sub> aux hautes latitudes (trou d'ozone)
- chimie troposphérique : source et puits de OH, mécanismes de production d'ozone, pollution urbaine
- physique et chimie des phases condensées troposphériques : propriétés des aérosols atmosphériques (taille, composition, morphologie, sources), équilibre de l'eau, physique et chimie des systèmes nuageux, application aux pluies acides

*6 – Pollution atmosphérique en milieu intérieur*

**Compétences visées :**

Acquisition des connaissances de base concernant la chimie, la physique et le fonctionnement du système atmosphérique. Fournir les bases essentielles pour la compréhension des grandes questions associées à la « pollution atmosphérique » (pollution urbaine, évolution du climat, pluies acides, ...).

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen terminal

## **Eau : milieu et traitement, bassin versant**

**Responsable pédagogique :** Daniel Thévenot

**Parcours l'intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

**Pré requis :** *Néant*

**Résumé du programme :**

*1. L'eau et ses polluants dans un bassin versant*

L'eau dans les bassins versants, les ordres de grandeur des grands flux dans différentes conditions climatiques (évapotranspiration, bilans hydriques, année hydrologique, étiages et crues...), problèmes de qualité d'eau dans les bassins versants, principales sources de pollution. Sources, puits, transformations des principaux polluants des bassins amont jusqu'au milieu côtier, mise en évidence de l'importance des processus de sédimentation et de l'activité biologique.

*2. Hydrogéologie*

Les substrats aquifères, leurs propriétés, puissance des nappes, exploitation, chimie des nappes, pollution des nappes.

*3. Traitement des eaux potables*

Présentation rapide des principales filières de traitement et de leurs objectifs.

*4. Traitement des eaux usées*

Présentation rapide des principales filières de traitement et de leurs objectifs.

*5. Gestion de l'eau*

La gestion des bassins versants, qui fait quoi, quels sont les résultats obtenus et les perspectives attendues.

TD = visites + commentaire par groupe sur un texte

**Compétences visées :**

Présentation générale de questions environnementales liées à l'eau, à l'échelle des bassins versants, appel pour la spécialisation SAGE. Cours introductif

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen final

## Sols pollués : milieu et traitement

**Responsable pédagogique :** Gilles Varrault

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

**Pré requis :**

**Résumé du programme :**

Le programme de cette UE est constitué de quatre parties :

### 1 - Sciences du sol

- *Physico-chimie du sol (CEC, ...)* : Formation des sols ; Composition des sols ; Description détaillée des constituants minéraux (granulométrie, minéralogie), organiques, liquides et gazeux du sol ; Physique du sol : l'eau du sol, organisation spatiale des constituants (structure et porosité), température ; Chimie du sol : les complexes d'échange, la solution du sol, acidité et alcalinité, salinité, ...
- *Introduction à la classification des sols* : Les grands types de sols et leur répartition dans le monde.
- *Biologie des sols* : Description, écologie et rôle de la microflore et de la faune du sol.
- *Analyse et prélèvement (sol, atmosphère du sol, solution du sol)*
- *Notions d'agronomie*
- *Erosion éolienne et hydrique des sols*

### 2 - Pollution des sols

- *Généralités* : Origine de la contamination des sols urbains et agricoles ; Mouvements des agents polluants dans le sol ; Etude des phénomènes physico-chimiques et des facteurs physiques agissant sur l'adsorption et la désorption des agents polluants ; Importance du transfert d'agents polluants dans les plantes et les animaux ; Transfert dans les eaux souterraines.
- *Les pesticides dans le sol* : Temps de rémanence moyen des pesticides ; Relations entre biodégradabilité des pesticides et leur structure chimique ; Dégradation des pesticides dans le sol : voies métaboliques principales, incidences sur la faune du sol et incidences sanitaires
- *Les agents minéraux* : Excès d'engrais, métaux traces (Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, ...), déchets industriels, boues de stations d'épuration (Cd), gaz de combustion (Pb), pluies acides, retombées radioactives ; Biodisponibilité des éléments.

### 3 - Prévention de la pollution et dépollution des sols.

- *Présentation des techniques de dépollution les plus couramment utilisées* : Traitement hors-site (lavage, méthodes biologiques ...) ; Traitement sur site *in situ* (pompage, écrémage, venting, méthodes électrochimiques...) ; Traitement sur site *ex situ* (lavage, méthodes biologiques,...)

### 4 - Aspects administratifs, normes

**Compétences visées :** Donner les connaissances de base sur la constitution et le fonctionnement des sols afin de mieux comprendre leurs modifications dues aux activités anthropiques

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen final

## Economie et politique de l'environnement

**Responsable pédagogique :** Daniel Thévenot

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

**Pré requis :** Néant

**Résumé du programme :**

### 1. *Economie de l'environnement*

- Science économique et science écologique, système économique et système écologique
- Fondements théoriques du calcul économique
- Éléments d'analyse micro-économique
- Le problème de l'allocation des ressources rares
- Le mécanisme des prix
- La théorie de l'optimum
- L'analyse économique de la pollution
- Spécificité des ressources naturelles
- La théorie de l'internalisation des effets externes
- L'optimum de pollution
- Les instruments de réalisation des objectifs antipollution : instruments économiques et réglementaires
- Intégration des problèmes d'environnement dans les évaluations de projets : méthodologie d'évaluation monétaire des biens d'environnement, actualisation.

### 2. *Politiques publiques de l'environnement*

- Présenter les principaux dispositifs d'action, instruments d'action et acteurs qui interviennent dans la gestion de l'environnement.
- Analyser les enjeux dont sont porteurs les politiques d'environnement (évolution des processus de décision et d'action, de coordination des niveaux d'intervention au plan international, national et local,...).
- Perception, culture et comportements face aux risques : méthodologies d'analyse et résultats, illustration à l'aide d'exemples de risques naturels.
- Les acteurs de la gestion de la pollution : MEQV, ADEME, DRIRE, réseaux de mesures, etc... // qui édicte les lois, règlements, arrêtés // Qui normalise et réglemente // qui met en application.

### 3. *Milieux professionnels de l'environnement*

- Présentation du milieu professionnel de l'environnement : entreprises privées et publiques, collectivités locales et régionales, à l'échelle Française, Européenne et mondiale.  
Illustrations dans le domaine de l'eau : services publics ou privées dans la production d'eau potable et dans l'assainissement ?

**Compétences visées :**

Maîtrise de la portée et les limites du calcul économique dans l'analyse des problèmes d'environnement. Connaître les principes des politiques publiques en matière d'environnement

**Nombre de crédits :** 6 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** contrôle continu et examen final

## **Altération des matériaux du patrimoine bâti et culturel dans l'environnement**

**Responsable pédagogique :** Roger Lefèvre

**Parcours intégrant :** master SGE, tronc commun, 1<sup>ème</sup> semestre

**Pré requis :** ceux du Master SGE

### **Résumé du programme :**

- Comparaison des évolutions et des altérations des matériaux dans l'Environnement naturel et dans l'Environnement anthropisé.
- Les principaux types de matériaux du Patrimoine bâti et culturel exposés aux actions environnementales et mécanismes généraux de dégradation dans l'environnement anthropisé :
  - matériaux pierreux naturels (calcaires, grès, granites, marbres...) et artificiels (ciments et bétons, mortiers et enduits) ;
  - matériaux vitreux : verre et vitraux ;
  - matériaux métalliques ;
  - matériaux organiques (documents graphiques, photographies, supports audio-visuels...).
- Panorama général des interactions Matériaux-Environnement :
  - action des gaz, des particules et de la pluie ;
  - action des remontées capillaires d'eau depuis le sol, action des sels ;
  - action du gel sur les matériaux ;
  - biodétérioration des matériaux ;
  - cas particulier des environnements intérieurs (musées, bibliothèques, archives, réserves, lieux de culte...)
- Aspects culturels, politiques et socio-économiques : durabilité, conservation préventive et maintenance continue, restauration-réparation, coût-bénéfice de l'abattement de la pollution ...

**Compétences visées :** Connaissance générale de la nature et des propriétés des matériaux du patrimoine et de leurs interactions avec les facteurs environnementaux, à la fois pour asseoir les connaissances de bases indispensables aux étudiants en sciences de l'environnement et faciliter leur choix éventuel de la Spécialité MAPE en 2<sup>ème</sup> année.

**Nombre de crédits:** 3

**Modalités de contrôle des connaissances :** examen final

## **Modélisation statistique appliquée à l'environnement et traitement des données**

**Responsable pédagogique:** Alain Dutot

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 1<sup>er</sup> semestre

**Pré requis:**

**Résumé du programme :**

### *1. Méthodes d'analyses exploratoires des données.*

- Rappels de statistique descriptive et de représentation graphique des données (histogrammes-fonction de distribution-distribution des fréquences cumulées-Box-plot).
- Loi de distribution normale, log-normale, Gamma, Weibull. Ajustement de données expérimentales à une loi théorique.
- Tests d'hypothèses. Tests paramétriques et non paramétriques.
- Techniques des données appariées. Scatterplots, corrélation de Pearson et régression, corrélation de rangs, auto-corrélation.
- Principes généraux d'une analyse factorielle multivariée (ACP, AFC).
- Classification hiérarchique.
- Organisation, gestion, maintenance et archivage des données :
  - Organisation de la gestion des données
  - Bases de données : Bases, tables, enregistrements, liaisons, requêtes, programmation, interface Web, SGBD classiques
  - Systèmes d'information géographique : le rôle et les finalités des SIG ; modèles de données géographiques.

### *2. Modélisation statistique.*

- Le modèle linéaire :
  - Régressions linéaires simples vis-à-vis des paramètres et du 1<sup>er</sup> ordre par rapport à x (méthodes moindres carrés simples, pondérés, PLS)
  - Régressions linéaires multiples (méthodes pas à pas)
  - Linéarisation des systèmes d'ordre différent de 1 en x.
- Le modèle non linéaire :
  - Méthode des réseaux de neurones artificiels
  - Méthode des ondelettes
  - La logique floue
- Les modèles pour données qualitatives
- La modélisation des séries chronologiques (stationnarité, approches temps/fréquence, domaine temporel: données discrètes et continues, domaine fréquentiel: analyse harmonique, analyse spectrale)
- Assimilation de données (concepts fondamentaux de l'assimilation de données, ébauche, innovation, estimation, équations classiques de l'assimilation de données, présentation des différentes méthodes et mise en évidence des problèmes fondamentaux)

**Compétences visées :** Présenter les différents outils d'analyse de données d'un point de vue théorique et surtout réaliser des applications pratiques de manière à permettre aux étudiants de stocker efficacement leurs données, de déterminer l'outil de traitement le plus adapté à leur problème et de le mettre en œuvre.

**Nombre de crédits :** 6 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances:** Contrôle Continu (50%), Examen final (50%)

## Anglais

**Responsable pédagogique :** Hélène Alfaro

**Parcours l'intégrant :** master SGE, 1<sup>ème</sup> semestre, tronc commun

**Pré requis :** Un niveau minimum requis sera exigé pour l'inscription en master (un test du type "TOEIC" pourra être utilisé comme outil d'évaluation).

### **Résumé du programme :**

L'organisation du cours s'appuiera sur une analyse des besoins des étudiants dans le cadre de la filière choisie.

Les compétences suivantes seront travaillées:

- Production orale (développer la prise de parole en continu devant un groupe, être capable de défendre son point de vue de manière argumentée en réunion et de répondre à des questions, communiquer au téléphone, accueillir des étrangers...)
- Production écrite (rédiger un abstract ou un travail de synthèse, une lettre, un memo, un CV et une lettre de motivation...)
- Compréhension orale (situations de la vie courante et professionnelle, conférences et séminaires...)
- Compréhension de documents en anglais (articles scientifiques, documents professionnels etc...). Acquisition du lexique spécifique à la dominante scientifique.

### **Compétences visées :**

Donner aux étudiants une formation qui prenne en compte les grandes orientations scientifiques du master qu'ils ont choisi, les débouchés professionnels offerts par celui-ci et les exigences de mobilité au niveau européen ou international dans le cadre du L/M/D.

**Nombre de crédits :** 3

### **Modalités de contrôle des connaissances :**

Le niveau de compétences de l'étudiant sera évalué à l'oral et à l'écrit (rapport de stage, présentation orale et/ou entretien ...)

## Métrologie de l'environnement : du prélèvement à l'interprétation

**Responsable pédagogique :** François Prévot

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 2<sup>ième</sup> semestre

### Pré requis :

Les notions de chimie générale et de chimie physique (électrochimie, spectrophotométrie...) de Licence sont nécessaires. En cas de manque, nous recommandons le complément OA1 de remise à niveaux.

### Résumé du programme :

Il s'agit d'une présentation des objectifs, des principales difficultés rencontrées lors de mesures effectuées sur les milieux air, eau et sols ainsi que d'une courte présentation des principales méthodes d'échantillonnage et analyse.

Pour ce faire, les thèmes suivants seront abordés en cours (20 h):

- Pourquoi effectuer des mesures.
- Comment effectuer les mesures : analyse critique des différentes étapes de la mesure, méthodes d'échantillonnage, *analyses in ou ex situ*, conservation de l'échantillon, choix de la technique analytique
- Interprétation des résultats

Le cours sera illustré par des TD (15h) consistant à partir de cas concrets à définir et justifier un protocole de mesure.

Au cours de TP (30h + 30h) en laboratoire et sur le terrain, les étudiants mettront en pratique l'ensemble des connaissances acquises en cours et en TD. Lors des TP en laboratoire, ils pourront mesurer les polluants en environnement urbain, effectuer une comparaison des différentes mesures possibles de l'alcalinité, étudier la lixiviation d'un sol. Sur le terrain, les étudiants étudieront en ateliers (sol-eau-air) les anomalies environnementales associées à un phénomène naturel (précipitation carbonatée, source minérale carbogazeuse, émission végétale de composés organiques volatils, ...) ou industriel (réhabilitation des sites miniers, impact atmosphérique d'une distillerie, ....)

### Compétences visées :

L'objectif principal de cette UE vise à procurer aux étudiants du Master, qu'ils se destinent à la filière professionnelle ou à la filière recherche, les bonnes pratiques de l'analyse d'échantillons en milieu naturel et pollué.

L'accent sera mis particulièrement sur l'autonomie des étudiants pour la mise au point de protocole expérimentaux.

**Nombre de crédits :** 9 ECTS

### Modalités de contrôle des connaissances :

Examen final : 50%

TP en laboratoires 25%

Stage terrain 25% (25% participation, 25 % rendu résultats, 50% présentation posters ou conférence)

## **Pollutions, nuisances et impacts**

**Responsable pédagogique :** Pascal E. Perros

**Parcours de l'intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 2<sup>ème</sup> semestre

**Prérequis** (s'il y a lieu)

**Résumé du programme :**

### *1. Pollution et nuisances urbaines*

- Impact du fonctionnement et de l'aménagement urbain sur l'environnement (locaux, régionaux, globaux)
- Description des objets physiques de l'aménagement urbain et leur relation avec l'environnement (bâtiments, voiries, réseaux d'eau et d'assainissement.....)
- Description des activités urbaines et leur relation avec l'environnement (vie des bâtiments, transport, effluents dans les réseaux.....)
- Les rôles des acteurs dans le fonctionnement de la ville et l'intégration de l'environnement urbain
- Analyse environnementale des spécificités des ouvrages urbains et analyse de chaque type

### *2. Déchets : traitement et gestion*

- Stabilisation et stockage des déchets
- Techniques d'élimination des déchets
- La législation en matière de déchets
- Déchets urbains et industriels
- Déchets radioactifs

### *3. Ecosystèmes, pollution et végétaux*

- Action des polluants sur les végétaux
- Adaptation des végétaux à la pollution et stratégie de remédiation
- Les maladies des végétaux

### *4. Pollution et santé*

- Les grands types de pathologies associées aux pollutions environnementales
- Les voies et les grands mécanismes de transfert
- Les outils d'évaluation de l'impact des polluants sur la santé de l'homme

### *5. Le bruit*

#### **Compétences visées :**

Connaître les principales pollutions et nuisances liées au fonctionnement urbain ; les mettre en relation avec la problématique de l'aménagement et de la gestion urbaine

Connaître les techniques d'élimination et de gestion des déchets, non seulement urbains mais aussi industriels et radioactifs.

Connaître l'impact des différents polluants vers certains récepteurs que sont les écosystèmes végétaux et l'homme au travers une présentation générale de questions environnementales

**Nombre de crédits ou coefficient de chaque éléments ou modules :** 6 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances (CC, examen finals ...) :** Contrôle continu

## Conférences et revue de presse

**Responsable pédagogique :** François Prévot

**Parcours l'intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, tronc commun, 2<sup>ième</sup> semestre

**Pré requis :**

**Résumé du programme :**

### *Organisation et animation de conférences d'expert du domaine*

Les étudiants organiseront une dizaine de conférences au cours de l'année avec des intervenants scientifiques et non scientifiques de haut niveau du secteur de l'environnement. Prise de contact, cadrage de la conférence, introduction du conférencier, animation de la conférence, synthèse.

La durée de chaque conférence, y compris la discussion sera d'1h30

Il est envisagé de publier l'ensemble de ces conférences sous la forme d'un volume à paraître chaque année.

### *Réalisation hebdomadaire de revues de presse*

Sur une période de 20 semaines, chaque semaine un groupe d'étudiant fera une revue de presse de l'actualité environnementale et en fera une restitution orale et écrite devant l'ensemble de la promotion.

**Compétences visées :**

Appréhension de l'étendue du domaine de l'environnement, des modes de mises en pratique de la multidisciplinarité dans l'environnement, des enjeux liés aux problèmes actuels d'environnement

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** contrôle continu

## Anglais

**Responsable pédagogique :** Hélène Alfaro

**Parcours l'intégrant :** master SGE, 1<sup>ème</sup> semestre, tronc commun

**Pré requis :**

**Résumé du programme :**

L'organisation du cours s'appuiera sur une analyse des besoins des étudiants dans le cadre de la filière choisie.

Les compétences suivantes seront travaillées:

- Production orale (développer la prise de parole en continu devant un groupe, être capable de défendre son point de vue de manière argumentée en réunion et de répondre à des questions, communiquer au téléphone, accueillir des étrangers...)
- Production écrite (rédiger un abstract ou un travail de synthèse, une lettre, un memo, un CV et une lettre de motivation....)
- Compréhension orale (situations de la vie courante et professionnelle, conférences et séminaires...)
- Compréhension de documents en anglais (articles scientifiques, documents professionnels etc...). Acquisition du lexique spécifique à la dominante scientifique.

**Compétences visées :**

Donner aux étudiants une formation qui prenne en compte les grandes orientations scientifiques du master qu'ils ont choisi, les débouchés professionnels offerts par celui-ci et les exigences de mobilité au niveau européen ou international dans le cadre du L/M/D.

**Nombre de crédits :** 3

**Modalités de contrôle des connaissances :**

Le niveau de compétences de l'étudiant sera évalué à l'oral et à l'écrit (rapport de stage, présentation orale et/ou entretien ...)

## Physico-chimie appliquée à l'étude des processus environnementaux

**Responsable pédagogique :** Bernard Aumont

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, UE optionnelle, second semestre

**Pré requis :**

*Les notions de physico-chimie « élémentaires » sont supposées acquises, en particulier :*

- premier et second principes de la thermodynamique
- équilibres chimiques pour des systèmes idéaux
- équilibres de phase des corps purs

**Résumé du programme :**

**1. Equilibres chimiques et équilibres de phases de systèmes non-idéaux**

- Rappels élémentaires (Energie de Gibbs et condition d'équilibre, potentiel chimique)
- activité et coefficients d'activité
- modèle pour les coefficients d'activité des espèces non ioniques
- théorie de Debye-Hückel pour les solutions d'électrolyte
- équilibres chimiques de systèmes non idéaux
- exemples d'équilibres multiples (multi-espèces, multi-phases, multi-réactions)

**2. Processus de transport**

- conductivité thermique
- diffusion

**3. Cinétique chimique**

- Rappels élémentaires (vitesse de réaction, constante cinétique, réactions élémentaires, réactions globales, état quasi-stationnaire, énergie d'activation)
- catalyse homogène et hétérogène
- théorie des collisions
- surfaces énergie-potentiel
- théorie de l'état de transition
- vitesse des réactions en phase aqueuse
- photochimie

**Compétences visées :**

Les équilibres thermodynamiques (équilibres de phases et équilibres chimiques) et la cinétique chimique sont des notions fondamentales indispensables pour l'étude de nombreux processus environnementaux. Ce cours propose de revenir sur ces notions fondamentales, en s'appuyant sur des exemples issus des sciences de l'environnement. L'accent est mis sur l'étude de systèmes non-idéaux et sur l'interprétation des vitesses de réaction. L'UE propose également d'aborder l'étude des processus de transport, processus habituellement peu traités dans les parcours de Licence.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen terminal

## Microbiologie de l'environnement

**Responsable de l'UE :** Noureddine BOUSSERRHINE

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, UE optionnelle, 2<sup>ème</sup> semestre

**Pré requis (s'il y a lieu) :** non

**Résumé du programme :**

### 1. Microbiologie Générale

- Les domaines et le rôle de la microbiologie : bactériologie, virologie, mycologie
- La structure et l'ultrastructure de la cellule bactérienne
- Nutrition et croissance microbienne
- Les associations et relation entre micro-organismes et entre microorganisme et hôte
- Chimiothérapie anti-microbienne (antibiotique, antifongique et antiviraux)
- Contrôle des microorganismes par les agents physiques et chimiques

### 2. Microbiologie de l'environnement : les microorganismes rencontrés dans les différents milieux (air, sol, eau)

#### Microbiologie des milieux aquatiques :

- Les communautés microbiennes importantes des milieux marins et dulçaquicoles
- Transformation microbienne des éléments nutritifs de l'eau . Impact écologique et environnemental.
- Eau et transmission des maladies. Qualité microbiologique de l'eau

#### Microbiologie des sols :

- Environnement des microorganismes et leur état physiologique
- Associations microbiennes
- Diversité microbienne et qualité des sols et des solutions du sol
- Pratiques contrôlant la biodiversité et l'activité des microorganismes: interaction microorganisme, xénobiotiques et métaux lourds. Application en biotechnologie de l'environnement

#### Microbiologie de l'air :

- Introduction à la notion d'aéro-biocontamination
- Les germes véhiculés par les bioaérosols et leurs états physiologiques (cas de *L. pneumophila*)
- L'aéro-biocontamination et les problèmes de santé publique
- Les interactions des microorganismes du sol avec l'atmosphère :métabolisme microbien et qualité de l'air

**Compétences visées :** Au terme de cet UE, l'étudiant aura acquis une bonne connaissance du monde bactérien qui lui permettra de suivre les UE de microbiologie aquatique et biologie des aérosols dans les spécialités SAGE, AERO.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen final

## Mécanique des fluides

**Responsable pédagogique :** Stéphane Alfaro

**Parcours intégrant :** Master SGE, 1<sup>ère</sup> année, UE optionnelle, 2<sup>ième</sup> semestre

**Pré requis** (s'il y a lieu) : Connaissances de base en physique et en mathématiques

### Résumé du programme :

#### *Introduction et définitions*

- Présentation des différents champs d'application de la mécanique des fluides dans le domaine de l'environnement
- Notions de fluide, de particule fluide, forces agissantes (pesanteur, viscosité, d'inertie, ...)
- Formalismes lagrangien et eulerien : dérivées particulaire et locale, advection

#### *Les lois de conservation en régime permanent*

- Conservation de la masse, débits massiques et volumiques
- Conservation de l'impulsion, équations de Navier-Stokes
- Conservation de l'énergie, théorème de Bernouilli, relation de Barré de St Venant

#### *Ecoulements turbulents*

- Instabilité des équations de Navier-Stokes
- Ecoulements laminaires, turbulents, nombre de Reynolds
- Sources et puits d'énergie cinétique turbulente dans l'atmosphère, Nombre de Richardson
- Exemples de fermeture des équations du mouvement

#### *Ecoulements en conduite*

- Notions d'analyse dimensionnelle
- Application au calcul de la perte de charge linéique des écoulements en conduite cylindrique

### Compétences visées :

Faire acquérir aux étudiants les notions minimales pour comprendre les problèmes de mécanique des fluides rencontrés dans le domaine de l'environnement.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen final

## Méthodes pratiques de calculs numériques et statistiques

**Responsable pédagogique :** Alain Dutot

**Parcours l'intégrant :** master SGE, 2<sup>ème</sup> semestre, UE optionnelle

**Pré requis** (s'il y a lieu) : UE du tronc commun de mathématiques et statistiques appliquées.

**Résumé du programme :**

### 1. Calculs numériques

- *Résolution numérique des systèmes linéaires* : Systèmes carrés, valeurs propres et conditionnement, élimination de Gauss Jordan, méthode LU ; Systèmes rectangles, espace affine des solutions, la solution normale, valeurs et vecteurs singuliers, conditionnement et troncature des petites valeurs singulières, algorithmes de résolution
- *Schémas numériques pour la résolution des équations différentielles* : Équation différentielles ordinaires, méthode de Runge-Kutta, stabilité et précisions, schémas du second ordre. Équations aux dérivées partielles, différence finies et éléments finis
- *Optimisation* : Maximum et minimum d'une fonctionnelle, les conditions différentielle de l'optimalité locale, optimisation convexe, opérateur de Lagrange, point selle et multiplicateurs de Lagrange, optimisation linéaire et algorithme du simplexe, optimisation non linéaire et méthode du gradient conjugué

### 2. Construction informatique d'un modèle dynamique

Modélisation du problème. Discrétisation. Résolution mathématique. Programmation informatique. Couplage aux données et résolution informatique

### 3. Calculs statistiques

Analyse exploratoire et représentations graphiques. Ajustement de données expérimentales à une loi théorique. Estimation des paramètres.  
Méthodes multivariées et représentations factorielles graphiques.  
Régressions linéaires/non linéaires et ajustement de courbes.

**Compétences visées** : L'objectif du module est de présenter aux élèves les outils mathématiques des sciences de l'environnement avec un double souci de suffisance théorique et d'applicabilité effective. L'objectif principal de cet enseignement repose sur la mise en oeuvre pratique des concepts théoriques de calcul en mathématiques et en statistiques. L'enseignement portera sur l'utilisation de logiciels de calcul.

**Nombre de crédits** : 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances** : Réalisation d'un dossier en contrôle continu (100%) à la suite des séances d'utilisation des logiciels de calcul.

## Introduction aux interactions Rayonnement-Matière et applications

**Responsable pédagogique :** Jean-Michel Hartmann

**Parcours intégrant :** master SGE, 2<sup>ème</sup> semestre, UE optionnelle

**Pré requis** (s'il y a lieu) : outils mathématiques et physiques de base

### Résumé du programme :

- Equation de transfert radiatif en milieu semi-transparent. Introduction des notions d'absorption, d'émission, de diffusion et de rayonnement d'équilibre
- Coefficient d'absorption moléculaire- Spectroscopie. Introduction des notions d'états rotationnels, vibrationnels, électroniques. Energies, populations, moments de transitions, coefficients d'Einstein. Raies d'absorption et leurs profils Doppler et collisionnels
- Coefficients de diffusion. Diffusion Rayleigh et Mie. Dépendance en longueur d'onde, indicatrice de diffusion
- Rayonnement des corps opaques. Emissivité, absorptivité, et réflectivité directionnelles, corps gris, facteurs de forme.

### Compétences visées :

Le but de ce cours est d'introduire les principales notions sur les divers processus mis en jeu par les interactions entre le rayonnement électromagnétique et la matière sous ces formes microscopique et macroscopique. Bien que n'entrant pas dans les détails il devrait permettre aux étudiant(e)s de savoir quels sont les mécanismes prépondérants à prendre en compte dans certains problèmes « pratiques » tels que l'effet de serre dans notre atmosphère ou la télédétection des polluants, par exemple.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** examen final

## Chimie analytique

**Responsable pédagogique :** Jean Louis Colin

**Parcours intégrant :**

Master SGE, 2<sup>ième</sup> semestre, UE optionnelle. Ce module est aussi ouvert à tout étudiant d'un autre Master qui le choisirait en tant que module externe.

**Pré requis**

Ils reposent sur les notions de base de physico-chimie, de chimie organique et minérale du L

**Résumé du programme :**

Ce module est dédié à donner ou renforcer les bases théoriques et méthodologiques nécessaires à la compréhension des principales méthodes d'analyse utilisées dans l'environnement. Nous proposons de traiter les méthodes suivantes en s'appuyant sur quelques applications :

- spectroscopie (UV-visible, IR, fluorescence X et moléculaire, masse, AAS, ICP-AES)
- chromatographies (HPLC, CPG, EC)
- électrochimie analytique (potentiométrie, voltampérométrie)

Une part importante sera donnée aux TP de façon à former les étudiants sur les techniques les plus récentes :

- spectrométrie de masse (GC-MS)
- chromatographie liquide (atrazine) et ionique
- aérosols et fluorescence X
- AAS et ICP AES
- TP « traces » (polarographie DP-ASV en salle blanche)

**Compétences visées :**

La qualité des mesures dans l'environnement repose en grande partie sur la parfaite maîtrise des outils analytiques utilisés en bout de chaîne. Pour de nombreux polluants, ces techniques sont souvent utilisées dans des conditions aux limites de la sensibilité. L'objectif visé est de former des spécialistes connaissant suffisamment bien les principes physiques et chimiques de fonctionnement de ces techniques pour pouvoir les contrôler et les utiliser dans les conditions variées pouvant être rencontrées dans l'environnement.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen Final

## Environnements planétaires et exobiologie

**Responsables pédagogiques :** Hervé Cottin & Patrice Coll

**Parcours de l'intégrant :**

Master SGE, 2<sup>ème</sup> semestre, UE optionnelle. Ce module est aussi ouvert à tout étudiant d'un autre Master qui le choisirait en tant que module externe. En particulier, ce module est proposé dans le cadre du parcours de sciences planétaires d'Ile de France.

**Pré requis (s'il y a lieu) :** Il s'agit d'un cours d'introduction destiné à « tous les publics scientifiques ». Il ne repose que sur les notions élémentaires de physique et de chimie du L

**Résumé du programme :**

*I - Introduction*

Evolution Physique / Chimique / Biologique

*II – De l'origine de la matière à la formation du système solaire*

- Origine et Structure de l'univers
- Cycle de la matière : étoiles/nuages interstellaires/formation de systèmes solaires

*III – Le Système Solaire*

- Les planètes et leurs satellites
- Différentiation dans la nébuleuse solaire : planètes telluriques / géantes gazeuses.
- Planétologie comparée : Venus / Terre / Mars (évolution d'une atmosphère / rôle de l'effet de serre)
- Les petits corps (comètes/astéroïdes/météorites). Classification des météorites et datation de la Terre et du système solaire.
- Introduction aux méthodes d'investigation : télédétection / mesures in-situ
- D'autres systèmes solaires

*IV – L'origine et les limites de la vie sur la Terre*

- Vers un scénario scientifiquement acceptable
- Bases expérimentales – l'évolution chimique – Autoréplication – Monde ARN
- Les plus anciennes traces de vie sur Terre
- La vie terrestre comme référence : Limites de la vie sur la Terre/ organismes extrêmophiles

*V – La matière organique ailleurs que sur la Terre*

- La chimie organique dans le milieu interstellaire
- Météorites et comètes
- La vie ailleurs que sur la Terre (Critères d'habitabilité, Mars, Europe et les planètes extrasolaires)

**Compétences visées :** La compréhension de la complexité de l'environnement terrestre bénéficie des apports offerts par l'étude du cadre plus large de notre système solaire. Ce module est consacré à l'étude de la formation de notre système solaire, et des conditions qui ont permis l'apparition de la vie sur Terre. Les enseignements de ce module seront pluridisciplinaires et permettront aux étudiants d'acquérir des connaissances fondamentales en planétologie et en exobiologie, domaines où interviennent à la fois des notions d'astronomie, de physique, chimie, et biologie.

**Nombre de crédits :** 3 ECTS

**Modalités de contrôle des connaissances :** Examen Final