




|           |                 |    |
|-----------|-----------------|----|
| 5 crédits | 30.0 h + 22.5 h | Q2 |
|-----------|-----------------|----|

|   |  |
|---|--|
| Enseignants                                 | Lambot Sébastien coordinateur ;Vanclooster Marnik ;  |
| Langue d'enseignement                       | Français   |
| Lieu du cours                               | Louvain-la-Neuve   |
| Préalables                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phénomènes de transfert</li> <li>- Sciences du sol</li> <li>- Hydrologie générale                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physique de sol</li> </ul> </li> </ul>   |
| Thèmes abordés                              | <p>Le cours vise à initier les étudiants à la modélisation des écoulements (transport d'eau, transport des solutés, transport thermique) dans les sols partiellement saturés en eau et les nappes aquifères à l'échelle de la formation pédo-géologique, en régime stationnaire et transitoire. Les thèmes suivants sont abordés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepts théoriques gouvernant le transfert de l'eau, des solutés et d'autres substances polluantes dans les sols partiellement saturés en eau et les nappes aquifères hétérogènes ;</li> <li>- Approches de modélisation mathématique des processus de transport dans les sols et nappes aquifères (approches analytiques, approches numériques, fonction de transfert) ;</li> <li>- Méthodes de caractérisation des propriétés hydrodynamiques des sols et des nappes aquifères, notamment via l'hydrogéophysique ;</li> <li>- Intégration des aspects d'hydrodynamique des sols et des nappes dans l'ingénierie et la gestion des eaux et des sols.</li> </ul>  |
| Acquis d'apprentissage                      | <p>a. Contribution de l'activité au référentiel AA (AA du programme)<br/>M1.1 ; M1.2 ; M1.3 ; M2.1 ; M2.2 ; M2.3 ; M5.1 ; M5.6 ; M5.8 ; M6.1 ; M6.2 ; M6.4 ; M6.9 ; M7.1 ; M7.2 ; M8.1 ; M8.2 ; M8.3 ; M8.4 ;</p> <p>b. Formulation spécifique pour cette activité des AA du programme</p> <p>Au terme du cours (2,5 ECTS), et des TP (2.5 ECTS), les étudiants seront en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- d'expliquer les principes d'écoulement de l'eau et des solutés (y compris des polluants), et le transport thermique dans les sols et les nappes aquifères ;</li> <li>- de concevoir et appliquer les équations de transfert au cas des écoulements en milieu non-saturé (sols) et saturé (nappes aquifères), en régime permanent et transitoire ;</li> <li>- de discuter et comprendre le fonctionnement des différentes techniques de caractérisation hydrodynamique des sols et des nappes aquifères, en particulier les techniques hydrogéophysiques ;</li> <li>- d'estimer, par des méthodes traditionnelles et des méthodes avancées (modélisation inverse, assimilation de données), les propriétés hydrodynamiques des sols et des nappes aquifères ;</li> <li>- d'appliquer la modélisation hydrodynamique pour solutionner des problèmes complexes d'ingénierie des eaux et du sol ;</li> <li>- de synthétiser et présenter un article traitant une question scientifique relative à l'hydrodynamique du sol.</li> </ul> <p>-----</p> <p><i>La contribution de cette UE au développement et à la maîtrise des compétences et acquis du (des) programme(s) est accessible à la fin de cette fiche, dans la partie « Programmes/formations proposant cette unité d'enseignement (UE) ».</i></p> |
| Modes d'évaluation des acquis des étudiants | <p>Examen oral avec une préparation écrite. L'examen porte sur deux volets : i) une étude de cas complexe permettant d'évaluer la capacité de l'étudiant à intégrer les différents éléments de la matière pour résoudre un problème complexe d'hydrodynamique du sol ; ii) des questions théoriques spécifiques. L'évaluation porte sur la cohérence de la réponse (volet i), l'exactitude des réponses (volet i et ii), la qualité du document de préparation, la qualité de la défense orale.</p> <p>Rapport des TPs. L'évaluation porte sur l'exactitude des réponses aux énoncés, la qualité du document.</p> <p>Évaluation du séminaire relatif à la lecture d'une publication scientifique dans le domaine de l'hydrodynamique du sol. L'évaluation porte sur la qualité et la rigueur de la présentation, la qualité des réponses et arguments avancés lors du débat, la qualité communicative (qualité des transparents, modulation de la voix, clarté, ').</p>  |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <p>Méthodes d'enseignement</p>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cours magistraux.</li> <li>- Travaux pratiques en équipe avec un objectif de remettre un rapport collectif.</li> <li>- Etude individuelle du syllabus.</li> <li>- Didacticiel et vidéos permettant d'illustrer les phénomènes hydrodynamiques complexes.</li> <li>- Séminaires permettant d'approfondir une question scientifique relative au cours et de développer la lecture des textes en anglais et la compétence de communication professionnelle.</li> </ul>  |
| <p>Contenu</p>                      | <p>Cours magistraux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approches méthodologiques de modélisation quantitative, appliquées au transfert de l'eau dans le sol, au transfert des solutés (nutriments, polluants, ...) dans le sol, au transfert de l'eau dans les nappes aquifères, au transfert thermique ; à la propagation des ondes électromagnétiques dans le sol.</li> <li>- Equations de transfert de l'eau dans le sol (équation de Richards, équation de Fokker-Planck), de transfert des solutés dans le sol (équation de convection dispersion, avec dégradation, adsorption, eau mobile-immobile), de diffusion de l'eau dans des nappes aquifères, de transfert thermique, de propagation des ondes électromagnétiques (équations de Maxwell).</li> <li>- Approches de résolution : solutions analytiques (transformation de Laplace et de Boltzman) ; solutions numériques (différences finies, éléments finis) ; solutions intégrées (fonction de transfert).</li> <li>- Méthodes de caractérisation des variables hydrodynamiques : méthodes traditionnelles, méthodes hydrogéophysiques (TDR, GPR et SAR, induction électromagnétique, ERT, ...)</li> <li>- Méthodes de caractérisation des paramètres hydrodynamiques. Méthodes de laboratoire, méthodes in-situ. Modélisation inverse.</li> <li>- Application : infiltration de l'eau dans le sol, diffusion des polluants dans le sol, essais de pompage dans une nappe aquifère, propagation des ondes électromagnétiques dans le sol.</li> </ul> <p>Travaux pratiques :</p> <p>Les principaux concepts présentés lors des cours seront illustrés par des exercices en salle informatique : Estimation des paramètres hydrodynamiques à partir des observations en laboratoire. Analyse de l'infiltromètre à tension. Modélisation numérique en utilisant HYDRUS 1-D. Modélisation de la diffusion dans les nappes souterraines par MODFLOW.</p> <p>Séminaires : Les étudiants analysent, synthétisent et présentent un article scientifique traitant une question scientifique relative à l'hydrodynamique du sol.</p> |
| <p>Ressources en ligne</p>          | <p>Moodle</p>   |
| <p>Bibliographie</p>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Syllabus du cours</li> <li>- Copie des transparents</li> <li>- Support vidéo expliquant les phénomènes dynamiques (p.ex. infiltration dans le sol)</li> <li>- Didacticiel en Matlab<sup>TM</sup></li> </ul> <p>Manuel des travaux pratiques, manuels des logiciels (notamment HYDRUS 1-D et MODFLOW, ...)</p>  |
| <p>Autres infos</p>                 | <p>Ce cours peut être donné en anglais.</p>   |
| <p>Faculté ou entité en charge:</p> | <p>AGRO</p>   |

| <b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b>   |        |         |           |   |
|--|--------|---------|-----------|---|
| Intitulé du programme  | Sigle  | Crédits | Prérequis | Acquis d'apprentissage  |
| Master [120] : bioingénieur en sciences agronomiques                       | BIRA2M | 5       |           |  |
| Master [120] : bioingénieur en chimie et bioindustries                     | BIRC2M | 5       |           |  |
| Master [120] : bioingénieur en sciences et technologies de l'environnement | BIRE2M | 5       |           |  |