

**Université Saint-Joseph
Faculté d'Ingénierie
École Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth**

MASTER RECHERCHE

OPTION

SCIENCES DE L'EAU

**ماستر في مجال البحث
فرع علوم المياه**

Responsable : Fadi GEARA

Septembre 2016

Adresse : École Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth
Campus des Sciences et Technologies
Mkalles - Mar Roukos - Liban
E-mail : adm-esib@usj.edu.lb
B.P. : 11-514 Beyrouth - Liban
Tél. : (04) 532661 - 2 - 3 - Télécopie : (04) 532645

MASTER RECHERCHE

Option Sciences de l'Eau

1- Présentation générale :

L'eau est une ressource vitale dont la variabilité dans l'espace et le temps peut provoquer des pénuries graves face à une demande régulièrement croissante. Les écoulements, l'infiltration et l'alimentation des nappes sont de plus en plus perturbés par les actions de l'homme. La qualité des eaux se dégrade, aussi bien dans les réseaux de surface que dans les réservoirs souterrains contaminés par les intrants de toute provenance.

Le Liban, qui possède une ressource théorique abondante, est confronté à un certain nombre de problèmes :

- Irrégularité saisonnière de la ressource.
- Ignorance du potentiel de stockage souterrain.
- Drainage rapide à la mer au travers du karst.
- Fragilité de la qualité de la ressource du milieu karstique.
- Difficultés de l'assainissement en habitat dispersé dans un relief morcelé et escarpé.

Au niveau régional, l'eau constitue un enjeu stratégique, qui nécessite une analyse des divers usages pour gérer de façon optimale une ressource rare.

2- Objectif scientifique et pédagogique :

La formation et le renouvellement de la ressource, le maintien de sa qualité, son utilisation rationnelle, les relations Eau/Santé humaine, sont liés à un ensemble de processus mécaniques, physico-chimiques ou biologiques, qui gouvernent les transferts de quantité d'eau ou d'éléments contenus et transportés par cette eau.

Il importe plus que jamais de disposer d'une connaissance quantitative de ces processus, afin d'élaborer des outils scientifiques performants qui permettent de prévoir, à diverses échelles d'espace et diverses échéances de temps, l'évolution de cette ressource et de contrôler l'influence de l'homme sur le cycle hydrologique. Des efforts considérables de recherches fondamentales et appliquées sont nécessaires et doivent être engagés.

L'Université Saint-Joseph, consciente de l'importance de ces problèmes, a créé un Centre consacré à une approche scientifique de ces questions.

Pour animer l'action de recherche de ce Centre, un 2^o Cycle a été mis en place avec un Master Recherche intitulé « **Sciences de l'Eau** ».

Ce Master vise à former :

- Des enseignants et des chercheurs.
- Des spécialistes de haut niveau, nécessaires dans les diverses administrations concernées et bureaux d'études.

- Des chercheurs étrangers : en raison de l'importance des problèmes abordés, l'ouverture à des étudiants étrangers du bassin méditerranéen peut amener une synergie favorable à une meilleure utilisation commune de la ressource.

3- Organisation générale du Master :

Ce Master Recherche comporte 120 crédits, répartis sur 4 semestres MR1, MR2, MR3 et MR4 de 30 crédits en général chacun.

- La préparation du Master Recherche comprend :
 - des enseignements théoriques et pratiques,
 - des séminaires et conférences spécialisés,
 - des visites techniques,
 - un stage de recherche dans un centre agréé et sur un sujet de mémoire.

4- Organisation du stage de recherche:

Un stage de recherche est effectué dans un des centres d'accueil de la formation, sous la direction d'un enseignant.

Ce stage, d'une durée minimale d'un semestre (MR4), a pour objectif de développer chez l'étudiant l'ensemble des compétences nécessaires à un chercheur :

- recherche bibliographique.
- analyse critique de l'état de l'art.
- acquisition de méthodes de mesure.
- traitement des informations.
- maîtrise des techniques de communication.

Le stage fait l'objet d'un mémoire écrit et d'une soutenance publique. Le mémoire comporte une partie bibliographique et une partie technique.

La notation du stage tient compte de trois éléments :

- notation du stagiaire pour son comportement durant le stage,
- note de mémoire écrit,
- note de soutenance orale.

5- Recrutement :

Catégorie 1- Admission au premier semestre du cursus Master (MRI)

- sur dossier pour les candidats titulaires d'une Licence en Physiques, Chimie, Sciences de la terre, Biologie, Géographie, Agronomie, ou d'un diplôme équivalent.

Catégorie 2- Admission en cours du cursus Master

Sont autorisés à déposer les dossiers de candidature :

- Les ingénieurs civils ou agronomes diplômés,
- Les titulaires d'une Maîtrise ou d'un Master professionnel, en Physique, Chimie, Sciences de la terre, Biologie, Géographie, Agronomie,
- les étudiants de Troisième Année Génie Civil de l'ESIB (cinquième année d'études supérieures),
- Les titulaires d'un diplôme reconnu équivalent.

La sélection des candidats est faite par un jury d'admission dans la limite des places disponibles.

Sur proposition du Directeur du Département des Etudes Doctorales, le jury d'admission fixera pour chaque étudiant de la catégorie 2, les matières et modules validés en fonction de son cursus et de ses résultats préalables et définira son parcours au Master Recherche dans la spécialité concernée, incluant éventuellement des matières complémentaires prérequis. Dans tous les cas, pour cette catégorie d'étudiants, le nombre de crédits validés ne pourra pas dépasser 60 crédits. La proposition de la validation de la formation antérieure est soumise à l'approbation de la commission des équivalences de l'USJ.

RÈGLEMENT DU MASTER RECHERCHE

Sciences de l'Eau

I. Organisation des enseignements.

La préparation du Master comprend :

- des enseignements théoriques et pratiques,
- des séminaires et conférences spécialisés,
- des visites techniques,
- un stage de recherche dans un centre agréé et sur un sujet de mémoire.

II. Contrôle des connaissances.

Le Master Recherche en **Sciences de l'Eau** est délivré aux candidats qui ont subi avec succès les contrôles portant sur les enseignements théoriques et pratiques et qui justifient d'un niveau suffisant lors de la préparation et de la soutenance du mémoire. Les contrôles de connaissances et les examens sont obligatoires. Il n'est pas prévu de reprise d'examens. En cas d'empêchement, les étudiants ne peuvent reprendre les épreuves de semestre ou de rattrapage sauf cas de force majeure qui sera soumis à l'approbation du Conseil d'Ecole.

III. Présence.

La présence aux cours et à toutes les activités d'enseignement est obligatoire et elle est contrôlée. Le jury ne peut examiner les matières où l'absence de l'étudiant a dépassé 30%. Dans ce cas l'étudiant ne peut se présenter à l'examen, obtient la note zéro (ECTS : F) et ne peut se présenter à l'examen de rattrapage.

IV. Conditions de réussite.

A chaque matière est affectée une note. Les conditions de réussite sont les mêmes que celles appliquées au Coursus Ingénieur à l'ESIB, qui sont explicitées dans le règlement intérieur de l'ESIB. Toutefois, le seuil de compensation de chaque matière est fixé à 06/20.

Le mémoire de recherche est validé si sa note finale est égale ou supérieure à 12/20.

V. Diplôme.

Les études sont sanctionnées par la délivrance d'un Master recherche en **Sciences de l'Eau**, lorsque le candidat satisfait aux conditions suivantes :

- Toutes les matières sont validées.

- La note du mémoire final est égale ou supérieure à 12/20.

Pour l'affectation de la mention, une moyenne générale est calculée à partir de la moyenne du semestre MR3 pondérée de 60% et celle du semestre MR4 pondérée de 40%. En fonction de quoi, les mentions suivantes sont accordées :

- De 12/20 à 13.99/20 : Assez Bien
- De 14/20 à 15.99/20 : Bien
- À partir de 16/20 : Très Bien

7- Organisation prévisionnelle de l'enseignement :

Les matières des semestres MR1,MR2, MR3 et MR4 sont groupées en modules suivant les tableaux ci-dessous.

| Semestre MR1 | MATIERE | COURS | TPC | ECTS | |
|---------------------|--|--------------|------------|-------------|-----------|
| | Hydraulique | 42 | 18 | 8 | |
| | Hydrologie | 24 | 6 | 5 | |
| | Hydrologie statistique | 24 | 6 | 5 | |
| | Mesures et acquisition des données | 24 | 6 | 4 | |
| | Génie des procédés et traitement de l'eau ou Déchets solides | 24 | 6 | 4 | |
| | Mini projet 1 | | 50 | 4 | |
| | TOTAL | 230 | 138 | 92 | 30 |

| Semestre MR2 | MATIERE | COURS | TPC | ECTS | |
|---------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------|-----------|
| | Résistance des matériaux | 42 | 18 | 7 | |
| | Mécanique des fluides | 42 | 18 | 7 | |
| | Mécanique des sols et des roches | 42 | 18 | 8 | |
| | Eléments finis | 21 | 9 | 4 | |
| | Mini projet 2 | | 50 | 4 | |
| | TOTAL | 260 | 147 | 113 | 30 |

| Semestre MR3 | MATIERE | COURS | TPC | ECTS | |
|---------------------|---|--------------|------------|-------------|-----------|
| | Equilibres Physico-chimiques | 12 | 6 | 3 | |
| | Biogéochimie | 15 | 6 | 3 | |
| | Le Karst | 12 | 6 | 3 | |
| | Les réservoirs souterrains | 12 | 6 | 3 | |
| | Analyse des séries spatiales | 12 | 6 | 3 | |
| | Analyse des séries temporelles | 12 | 6 | 3 | |
| | Gestion de l'Eau : Théorie et Modèles, Ressources en Eau, L'eau dans la ville | 18 | 6 | 3 | |
| | Hydrologie physique | 15 | 6 | 3 | |
| | Modèles des bassins ruraux | 18 | 6 | 3 | |
| | Variabilité climatique | 12 | 6 | 3 | |
| | TOTAL | 240 | 138 | 60 | 30 |

| Semestre MR4 | MATIERE | COURS | TPC | ECTS | |
|---------------------|---------------------------------|--------------|------------|-------------|-----------|
| | Stage de recherche avec mémoire | 0 | 300 | 30 | |
| | TOTAL | 300 | 0 | 300 | 30 |

Sommaire du Programme des enseignements :

a - Semestres MR1 et MR2

020HYDMM1 Hydraulique C 42 h, TPC 18 h, 8 crédits

Enseignant : M Sélim CATAFAGO

Contenu

Couche limite - Perte de charge - Réseaux en charge en régime permanent et non permanent - Turbopompes - Réseaux en régime transitoire - Protection des réseaux - Notions élémentaires sur les turbines - Calcul de faisabilité - Canaux découverts - Approche numérique - T.P. : Turbopompes - Pertes de charge - Ecoulements dans les canaux découverts - Ecoulements transitoires en charges - Etude de la perméabilité.

020HYOMM1 Hydrologie C 24 h, TPC 6 h, 5 crédits

Enseignant : M Sélim CATAFAGO

Contenu

Phénomènes climatologiques de base - Indépendance énergétique dans un bâtiment à partir des apports solaires - Eléments d'étude pour l'établissement d'un projet d'évacuation des eaux pluviales

020HSTMM1 Hydrologie statistique C 24 h, TPC 6 h, 5 crédits

Enseignant : M Wajdi NAJEM

Contenu

Analyse statistique des données hydrologiques - Représentation graphique des données - Valeurs extrêmes d'une variable - Analyse corrélatoire - Régression simple et régression multiple - Etude statistique des pluies - Analyse des fréquences - Courbes IDF - Pluie de projet - Exemple de modèle statistique en hydrologie.

020ACQMM1 Mesures et acquisition des données C 24 h, TPC 6 h, 4 crédits

Enseignant : MM Wajdi NAJEM et Sélim CATAFAGO

Contenu

Appareillage - Mesure de vitesse à l'échelle d'un laboratoire et à l'échelle industrielle - Compteurs d'eau potable et d'eau chaude - Equipements destinés à la gestion moderne des réseaux - Notions sur les capteurs, télétransmission et la télécommande - Mesures hydrologiques de surface - Stations climatiques, évaporation - Limnimétrie - Mesure des débits - Tarage d'une station hydrométrique - Acquisition et traitement des données.

020TRAMM1 Génie des procédés et traitement de l'eau C 24 h, TPC 6 h, 4 crédits

Enseignant : Madame Marina EL-KHOURY

Contenu

Traitement des eaux potables - Microtamisage - Adsorption - Fluoruration et défluoruration des eaux - Gestion des eaux usées - Prétraitement - Epuration biologique - Elimination des boues - Coagulation - Décantation - Filtration - Techniques membranaires en milieu liquide - Osmose inverse - Ultrafiltration - Distillation - Absorption.

020DECMM1 Déchets solides C 24 h, TPC 6 h, 4 crédits

Enseignant : M Antoine MEOUCHI

Contenu

Déchets urbains - Collecte - Nettoyement des voies publiques - Traitement et valorisation - Déchets industriels et hospitaliers - Valorisation des déchets

020SE1MM1 Mini projet 1 C 0 h, TPC 50 h, 4 crédits

Enseignant : M Equipe d'enseignants

Contenu

Réaliser un mini projet dans l'une des disciplines de ce semestre

020RDMMM2 Résistance des matériaux C 42 h, TPC 18 h, 7 crédits

Enseignant : M Fadi GEARA

Contenu

Théorie des poutres - Effort normal - Flexion - Torsion - Effort tranchant - Calcul de la charge critique d'une structure: Théorie d'Euler, de Dutheil - Théorèmes énergétiques: Clapeyron, Réciprocité de Maxwell-Betti, travaux virtuels, Castigliano, Ménabréa - Méthode des trois moments - Méthode des foyers - Méthode des coupures - Méthode du centre élastique. T.P. : Essai de compression sur cylindre en béton+ ultrason, extensométrie, torsion, traction sur barre métallique.

020MEFMM2 Mécanique des fluides C 42 h, TPC 18 h, 7 crédits

Enseignant : M Sélim CATAFAGO

Contenu

Notions et propriétés des fluides - Principes généraux de la cinématique - Théorie des contraintes - Statique des fluides incompressibles et compressibles - Equations de bilan - Application au cas de fluides parfaits- Cinématique tourbillonnaire - Ecoulements plans potentiels - Régimes d'écoulement et application aux écoulements laminaires et turbulents - Introduction à la couche limite - Analyse dimensionnelle et similitude - Approche numérique - T.P. : Ajutages - Ecoulements par analogie rhéoelectrique - Ecoulements de Poiseuille - Vérification de la relation de Bernoulli - Ecoulement dans un tunnel hydrodynamique - Viscosité - Analyse des jets sur des plaques et étude des régimes d'écoulement.

020MESMM2 Mécanique des sols et des roches C 42 h, TPC 18 h, 8 crédits

Enseignant : M Muhsin Elie RAHHAL

Contenu

Généralités - Propriétés et classification des sols - Minéraux argileux - Compactage et géotechnique routière - L'eau dans les sols - Perméabilité, écoulement et contrainte effective - Consolidation et tassements - Vitesse de consolidation - Cercle de Mohr et théories de rupture des sols - Introduction aux propriétés mécaniques des roches - Géotechnique environnementale - T.P. : Analyse granulométrique lavée - Analyse granulométrique par sédimentométrie - Limite d'Atterberg - Essai de cisaillement - Essai Proctor - Essai oedométrique

020ELFMM2 Eléments finis C 21 h, TPC 9 h, 4 crédits

Enseignant : M Fouad KADDAH

Contenu

Fondements de la méthode des éléments finis - Formulation variationnelle -
Discretisation - Assemblage des équations élémentaires et analyse globale -
Méthodes numériques

020SE2MM2 Mini projet 2 C 0 h, TPC 50 h, 4 crédits

Enseignant : M Equipe d'enseignants

Contenu

Réaliser un mini projet dans l'une des disciplines de ce semestre

b - Semestres MR3 et MR4

020BGCMM3 Biogéochimie C 15 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : Mme Angèle AOUD

Contenu

Transferts souterrains - Traçage isotopique des eaux naturelles - Grands cycles naturels (C, N, S, P, O)

020CFTMM3 Gestion de l'Eau: Théorie et Modèles, Ressources en Eau, L'eau dans la ville C 21 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : M. Selim CATAFAGO

Contenu

Principes, définitions et mise en œuvre - Recherche opérationnelle -
Programmation linéaire et non linéaire - Programmation dynamique et multicritère -
Méthodes et outils de simulation pour l'allocation des ressources en eau :
concurrence et conflits d'usages, modes techniques et institutionnels de répartition
de la ressource - Usages agricoles de l'eau et gestion de la demande en eau :
pratiques d'usages et efficacités, instruments techniques, économiques et
réglementaires de régulation.- Gestion des réseaux et des filières de traitement et
d'épuration

020EPCMM3 Equilibres Physico-chimiques C 12 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : M. Maher ABOUD

Contenu

Principaux processus chimiques, physiques et biologiques qui influencent la
physicochimie des eaux naturelles. Equilibres chimiques en solution (réactions
acide-base, chimie des carbonates, équilibres redox, précipitation-dissolution) -
Les réactions à l'interface solide-liquide ainsi que les interactions organismes
aquatiques - chimie

020RESMM3 Les réservoirs souterrains C 18 h, TPC 6h, 3 crédits

Enseignant : M Adel ABOU JAOUDE

Contenu

L'équation de diffusivité - la consolidation - Solutions en régime permanent de
l'équation de diffusivité - Solutions transitoires de l'équation de diffusivité essais
de débits - Transport de masse et d'énergie en milieu poreux - Solutions
numériques des équations d'écoulement et de transport

020KARMM3 Le Karst C 18 h, TPC 6h, 3 crédits

Enseignant : M Massad EL HAKIM

Contenu

Karstification - Différentes conceptions hydrogéologiques du Karst - Approche systémique appliquée au Karst - Traçage chimique et isotopique - Exploitation et protection des ressources en eau du Karst

020ASSMM3 Analyse des séries spatiales C 12 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : M Sélim CATAFAGO

Contenu

Composantes principales et Krigeage - Interpolation et sommation - Splines et Thiessen ; intervalle de confiance

020ASTMM3 Analyse des séries temporelles C 12 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : M Wajdi NAJEM

Contenu

Autocorrélation ; modèles autorégressifs - ARMA – ARMAX - Préviation des crues ; génération de séries - Processus markoviens et théorie du renouvellement

020HYPMM3 Hydrologie physique C 15 h, TPC 6h, 3 crédits

Enseignant : M Wajdi NAJEM

Contenu

Transferts énergétiques ; Précipitations - Infiltration - ruissellement - Evapotranspiration - Écoulement dans les rivières

020MBRMM3 Modèles des bassins ruraux C 18 h, TPC 6h, 3 crédits

Enseignant : M Claude BOCQUILLON

Contenu

Structure et représentation des bassins - Modélisation globale conceptuelle- Modélisation spatialisée

020VCLMM3 Variabilité climatique C 12 h, TPC 6 h, 3 crédits

Enseignant : M. Wajdi NAJEM

Contenu

Variabilité climatique ; impact en hydrologie

020MSEMM4 Mémoire de recherche C 0 h, TPC 300 h, 30 crédits

Enseignant : M Equipe d'enseignants

Contenu

Il constitue une initiation aux techniques de la recherche. C'est la synthèse d'un travail de recherche de quatre mois dans un centre de recherche ou un laboratoire.

Liste des Enseignants en Master Sciences de l'Eau

| Enseignant | Titre |
|--------------------------|---|
| ABOU JAOUDE Adel | Docteur de l'Université de Grenoble I |
| AOUAD Angèle | Docteur de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth - ESIB et de l'Université d'Avignon |
| Maher ABOUD | Docteur, Professeur à la Faculté des Sciences |
| BOCQUILLON Claude | Professeur Émérite, Docteur d'État de l'Université de Paris VI |
| CATAFAGO Sélim | Professeur, Docteur de l'Université de Montpellier II |
| EL-KHOURY Marina | Ingénieur Electro-Mécanique – ESIB – Responsable à VEOLIA |
| GEARA Fadi | Docteur en génie mécanique de l'Ecole Centrale de Paris - ECP et en génie civil de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth - ESIB |
| KADDAH Fouad | Docteur en mécanique de l'Université des Sciences et Technologies de Lille - USTL |
| MEOUCHI Antoine | Docteur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées |
| NAJEM Wajdi | Professeur, Docteur de l'Université de Montpellier II |
| RAHHAL Muhsin | Ph.D. en Génie Civil de l'Université de Sherbrooke au Canada |
| EL HAKIM Massaad | Docteur en hydrogéologie – UM2 |