

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

OFFRE DE FORMATION MASTER

ACADEMIQUE

Intitulé du Master : HYDROGEOLOGIE

Domaine : STU

Filière : GEOLOGIE

Année universitaire : 2022-2023

1- Semestre 1 : HYDROGEOLOGIE

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff.	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16Sem.	Cours	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentales (UEF11)									
Matière 1: Hydrogéologie fondamentale (I)	67h30	3h00		1h30		3	6	40%	60%
Matière 2: Hydrodynamique souterraine (I)	67h30	3h00	1h30			3	6	40%	60%
UE Fondamentale (UEF12)									
Matière 1: Hydrochimie (I)	45h	1h30		1h30		2	4	40%	60%
UE Fondamentale (UEF13)									
Matière 1: Hydroclimatologie	45h	1h30	1h30			2	4	40%	60%
UE Méthodologiques (UEM11)									
Matière 1: Géophysique appliquée à l'hydrogéologie	45h	1h30	1h30			2	3	40%	60%
Matière 2: Mathématiques appliquées à l'hydrogéologie	45h	1h30	1h30			2	2	40%	60%
UE Méthodologique (UEM12)									
Matière 1: SIG et Télédétection	45h			3h00		1	2	100%	
UE Découverte (UED11)									
Matière 1: Géostatistique	45h	1h30	1h30			1	2	40%	60%
UE Transversale (UET11)									
Matière 1: Anglais scientifique 1	22h30	1h30				1	1		100%
Total Semestre 1	427h30	15h	9h	4h30		17	30		

2- Semestre 2 : HYDROGEOLOGIE

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff.	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 Sem.	Cours	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentales (UEF21)									
Matière 1: Hydrogéologie fondamentale (II)	67h30	3h00	1h30			03	06	40%	60%
Matière 2: Hydrodynamique souterraine (II)	67h30	3h00	1h30			03	06	40%	60%
UE Fondamentale (UEF22)									
Matière 2: Hydrochimie (II)	45h	1h30		1h30		02	04	40%	60%
UE Fondamentale (UEF23)									
Matière 1: Hydrologie générale	45h	1h30	1h30			02	04	40%	60%
UE Méthodologique (UEM21)									
Matière 1: Vulnérabilité et protection des eaux souterraines	45h	1h30	1h30			02	02	40%	60%
Matière 2: Pollution et traitement des eaux	45h	1h30	1h30			01	02	40%	60%
UE Méthodologique (UEM22)									
Matière 1: Stage de terrain	45h				3h00	02	03	100%	
UE Découverte (UED21)									
Matière 1: Risques liés à l'eau	45h	3h00				01	02		100%
UE Transversale (UET21)									
Matière 1: Anglais scientifique 2	22h30	1h30				01	01		100%
Total Semestre 2	427h30	16h30	7h30	1h30	3h	17	30		

3- Semestre 3 : HYDROGEOLOGIE

Unité d'Enseignement	VHS	V.H. hebdomadaire				Coef.	Crédits	Mode d'évaluation	
	14-16 Sem.	Cours	TD	TP	Autres			Continu	Examen
UE Fondamentale (UEF31)									
Matière 1: Techniques de forage et de captage	45h	3h00				02	04		100%
UE Fondamentale (UEF32)									
Matière 1: Modélisation en hydrogéologie	67h30	3h00		1h30		03	06	40%	60%
UE Fondamentale (UEF33)									
Matière 1: Hydrogéologie de l'Algérie	67h30	3h00	1h30			02	04	40%	60%
UE Méthodologique (UEM31)									
Matière 1: Hydrogéochimie isotopique et hydrothermalisme	45h	1h30		1h30		02	04	40%	60%
UE Méthodologique (UEM32)									
Matière 1: Gestion intégrée des ressources en eau et développement durable	45h	1h30	1h30			02	04	40%	60%
Sorties sur terrain / stage	45h					02	04	100%	
UE Découverte (UEM31)									
Matière 1: Elément de mécanique des sols	45h	1h30	1h30			01	01	40%	60%
UE Transversale (UET31)									
Matière 1: Méthodologie de recherche	22h30	1h30				01	01		100%
Matière 2: Législation	22h30	1h30				01	01		100%
Matière 3: Entreprenariat	22h30	1h30				01	01		100%
Total Semestre 3	382h30	18h	4h30	3h		17	30		

4- Semestre 4 : HYDROGEOLOGIE

Stage de terrain sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff.	Crédits
Travail Personnel			
Stage de terrain			
Séminaires			
Autre (préciser) soutenance			
Total Semestre 4	400h	17	30

5- Récapitulatif global de la formation : (le VH global séparé en cours, TD, pour les 03 semestres d'enseignement, pour les différents types d'UE)

VH \ UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours					
TD				/	
TP			/	/	
Travail personnel	/	/	/	/	/
Autre (préciser) : Stage	/		/	/	
Total					
Crédits	76	31	13		120
% en crédits pour chaque UE	63%	26%	11%		100%

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 01

Intitulé de l'UE : UEF11

Intitulé de la matière : Hydrogéologie fondamentale (I)

67h30 (3h cours, 1h30 TP)

Crédits : 06

Coefficients : 03

Objectifs de l'enseignement :

Donner aux étudiants les notions de bases de l'hydrogéologie, les différents types de nappes, les types d'écoulements, les préparant ainsi à l'hydrodynamique.

Connaissances préalables recommandées:

Hydroclimatologie, géologie, hydrogéologie générale

Contenu de la matière :

Définitions et propriétés physiques et hydrauliques des roches

- Les différents états de l'eau dans les roches
- L'analyse granulométriques et paramètres granulométriques
- Les Caractéristiques de la courbe granulométrique cumulative
- Les Paramètres des vides
- Les Facteurs de la porosité
- Le coefficient de perméabilité
- La loi de Darcy
- Détermination de la perméabilité au laboratoire (à partir de la granulométrie, Perméamétrie,)

Définitions et formation d'un aquifère - nappe d'eau souterraine et classification

- Définition : Aquifère ou nappe d'eau souterraine
- Caractéristiques de l'aquifère
- Formation d'un aquifère
- Identification lithostratigraphique et hydrodynamique
- Configuration de l'aquifère : type hydrodynamique

Piézométrie des nappes – carte en courbes isopièzes

- Mesure des niveaux piézométriques
- Etablissement et interprétation des cartes piézométriques des cartes en courbes isohypses
- Détermination du gradient hydraulique
- Profils de dépression et types de nappes

Estimation des réserves et Bilan d'eau

- Bilan d'eau global d'un bassin hydrogéologique
- Expression générale de bilan
- Bilan d'eau de la couche aquifère

Travaux Pratiques

- L'analyse granulométrique
- Perméabilité
- Piézométrie et calcul de bilan d'eau

Mode d'évaluation : contrôle continu et examen

Références :

- **Banton, O. & Bangoy, L.-M. (1997)** - *Hydrogéologie, Multiscience environnementale des eaux souterraines*, Presses de l'Université du Québec/AUPELF

- **Castany, G. (1982)** - *Hydrogéologie Principes et méthodes*, Dunod, Paris

- **Castany, G. (1991)** - « Origine et évolution des concepts des eaux souterraines » [archive], *Travaux du comité français d'histoire de la géologie* 3^e série t. V n° 1 (ISSN 1156-2919), Comité français d'histoire de la géologie, Paris, p. 1-7

- **Detay, M. (1993)** - *Le forage d'eau*, Masson, Paris
- **Éric Gilli, Christian Mangan et Jacques Mudry (2008)** - *Hydrogéologie, Objets, méthodes, applications*, Paris, Dunod.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 01

Intitulé de l'UE : UEF11 (

Intitulé de la matière 2 : Hydrodynamique souterraine (I)

67h30 (C : 3h, TD : 1h30)

Coefficients : 03

Crédit : 06

Objectifs de l'enseignement : Ce cours d'Hydrodynamique *souterraine* a pour *objectif* de présenter aux étudiants les lois qui régissent l'écoulement dans les milieux poreux et fissurés. Il permet également de se familiariser avec les principales méthodes d'interprétation des données de laboratoire (perméamètre).

Connaissances préalables recommandées : Hydrogéologie, mathématiques

Contenu de la matière :

Rappel d'hydrogéologie et d'hydraulique souterraine

- Définition : Aquifère à surface libre, Aquifère à nappe captive , Aquifère à nappe semi-captive ou à drainance
- Charge hydraulique, gradient hydraulique
- Loi expérimental de Darcy : Perméabilité, Perméamètre à charge constante - Perméamètre à charge variable, Porosité et indice de vide
- La perméabilité des roches : Ecriture générale de la loi de Darcy
- Homogénéité et isotropie
- L'anisotropie des matériaux : les axes principaux de perméabilité
- Généralisation de la loi de Darcy : milieu homogène et isotrope, milieu homogène et anisotrope, milieu hétérogène
- Transmissivité, Coefficient d'emmagasinement

Hydrodynamique des milieux poreux

- Les équations d'état
- L'équation de continuité pour un élément de volume
- Les équations de mouvement pour un volume élémentaire : Définition et quantification des forces agissantes, Ecriture de l'accélération du fluide, Ecriture vectorielle de la loi de Navier-Stokes pour les milieux poreux, Equation de Bernouilli généralisée, La loi de Darcy en tant que loi de mouvement, Généralisation de la loi de Darcy
- Les équations aux dérivées partielles : l'équation fondamentale de la diffusion
- Les diverses formes de l'équation de la diffusion (en milieu : homogène et isotrope, homogène et anisotrope, hétérogène isotrope ou anisotrope)

Travaux Dirigés : Applications portant sur la loi de Darcy,

- Des TD en relation avec le cours

Mode d'évaluation : contrôle continu et examen

Références :

- **de Marsily G. (1981)**. Hydrogéologie quantitative (Masson).
- **Castany G. (1982)** Principes et méthodes de l'Hydrogéologie (Dunod).
- **Banton, O. & Bangoy, L.-M. (1997)** - *Hydrogéologie, Multiscience environnementale des eaux souterraines*, Presses de l'Université du Québec/AUPELF

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 01

Intitulé de l'UE : UEF12

Intitulé de la matière 2 : Hydrochimie (I)

45 heures (1h30 cours, 1h30 TP)

Coefficients : 02

Crédit : 04

Objectifs de l'enseignement : Connaissance de la chimie des eaux, leur composition, origine et interactions eau-sol, ainsi que les processus qui contrôlent leur chimie, permettant ainsi une meilleure compréhension de leur qualité et de leur origine.

Connaissances préalables recommandées : Principes de base de la chimie, de l'hydrochimie et de la géologie du milieu.

Contenu de la matière :

Chimie des eaux

- les solutions, les mises en solutions, les dissolutions
- Acquisition et évolution de la charge chimique
- Concentrations de solutions des eaux naturelles :
- Les attaques chimiques : (l'hydratation, l'hydrolyse, l'oxydation et la réduction
- Les substances chimiques dans l'eau (genèse des éléments chimiques)
- Les analyses chimiques des eaux et limites des méthodes utilisées
- interprétation des résultats des analyses chimiques
- Reconstitution en sels dissous
- Phénomènes modificateurs des faciès :

Thermodynamique des solutions aqueuses

- Etat d'équilibre : eau - minéraux en solution (relations fondamentales)
- Interactions ioniques en solution
- Modélisation thermodynamique des interactions ioniques (calcul des Indices de saturation)

Force ionique et activité chimique

- Modèle de Debye-Hückel limite (DHL)
- Formule de Debye-Hückel étendue (DHE)
- Approximation de Güntleberg (AG)
- Loi de Davies

Équilibres calco-carboniques et calculs des spéciations ioniques

- Equations intervenant à l'équilibre en phase : gazeuse, liquide et solide
- Différentes fonctions acides du CO₂, pH, pCO₂ et alcalinité
- Acidité et solubilité des métaux

Les réactions d'oxydoréduction dans les eaux naturelles

- Notions générales et étude de cas : - Réactions d'oxydoréduction de la matière organique ; -
Réactions d'oxydoréduction de l'azote ; - Oxydoréduction du fer et du manganèse ; -
Oxydoréduction du soufre : sulfates & sulfures métalliques
- Les échanges ioniques entre l'eau et le complexe argileux : Hydrolyse des silicates

Traceurs et marqueurs chimiques dans les eaux

- Définition du traceur en hydrologie-Hydrogéologie
- Utilisations et applications en hydrogéologie
- Différents types de traceurs (formule, nature, origine, solubilité, fluorescents, sels...)
- Méthodes d'analyse des traceurs
- Applications des traceurs dans les différents types d'aquifères
- Choix de traceurs et interprétation des essais de traçage

Travaux Pratiques :

- Collecte, conservation et transport d'échantillon

- Analyse, acquisition et interprétation des résultats
- Quelques essais in-situ
- Interprétation d'un essai de traçage

Mode d'évaluation : Contrôle continu et Examen

Références :

- A.I.E.A., UNESCO. (2000).**Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle : Principles and Applications. VI Volumes.W.G. Mook Editor.
- Appelo C.A.J. and Postma D. (1996).**Geochemistry, groundwater and pollution.Balkema eds., 3rd edition, Rotterdam, 536p.
- Blavoux B. 1978.** Etude du cycle de l'eau au moyen de l'Oxygene 18 et du Tritium, possibilités et limites de la méthode des isotopes du milieu en hydrologie de la zone tem Thèse Doct. Es Sciences. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6. 333p.
- Clark, I and Fritz, P. (1997)**Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press, New York, 328 p.
- Drever J.L. (1997).***The geochemistry of natural waters: Surface and Groundwater Environments*, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, 436p.
- Gonfiantini R. (1986).**Environmental isotopes in lake studies.*In* Fritz P. and Fontes J-Ch. (eds) « Handbook of Environmental Isotopes Geochemistry, Vol. 2, The Terrestrial environment, B ». Elsevier, Amsterdam, Netherlands: 113-168.
- LHA (2007)**(Laboratoire d'hydrogéologie d'Avignon). Cours d'Hydrochimie
- **MONIQUE TARDAT-HENRY (1992).** Chimie des eaux.
 - **Vogel J.C. (1970).**Carbon-14 dating of groundwater.*In: Isotope hydrology 1970*, IAEA symposium 129, March 1970.Vienna: 225-239.
 - **Rodier J (1984).**Analysis of water; natural water, waste water, sea water, 7eme edition, ED Dunod, Paris.
 - **Schoeller H (1962).** Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources, Edition Masson et Cie.

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 01
Intitulé de l'UE : UEF13
Intitulé de la matière 2 : Hydroclimatologie
45heures (1h30 cours, 1h30 TD)
Coefficients : 02
Crédit : 04

Objectifs de la matière : Connaissance sur les termes de la climatologie et de l'hydrologie fondamentale

Connaissances préalables recommandées : Notions de climatologie, hydrologie et hydrogéologie.

Contenu de la matière :

Eléments de vocabulaire : temps, climat, météorologie, climatologie, hydrologie, échelles météorologiques, **Système climatique global :**

- Analyse des différentes composantes du système climatique global: l'atmosphère (circulation) l'hydrosphère (océans), la géosphère et leurs interactions, l'albédo.
- Caractéristiques et rôle des composantes du système climatique global :approche, évaluation, mesure, variabilité, tendance à court, moyen et long termes;
- Fonctionnement du système climatique, répartition régionale des climats (classification de Wladimir Koppen, représentations graphiques, indices descripteurs), impacts des activités humaines sur les composantes climatiques et leurs conséquences: la fonte de la banquise et des glaciers, l'effet de serre, la couche et le trou d'ozone, les tornades, les pluies acides, les ouragans, la désertification, les déluges.

Hydroclimatologie et ressources en eau :

- Différentes composantes du cycle hydrologique à l'échelle planétaire.
- Le bassin versant.
- Evaluation des paramètres hydroclimatiques appliqués au bassin versant : température, vent, humidité, tensions de vapeur, rayonnement solaire, pression, précipitation, évaporation (évapotranspiration), infiltration.
- Métrologie utilisée en hydroclimatologie.
- Analyse des impacts des changements climatiques et des activités humaines sur les phénomènes hydrologiques extrêmes.

Sorties sur terrain

Travaux Dirigés

- Des séances de TD en relation avec le cours

Mode d'évaluation : évaluation continue et examen

Références :

- **M. Tabeaud, 2008.** La climatologie générale, Armand Collin
- **Gérard Guyot, 2013.** Climatologie de l'environnement, Dunod.
- **MUSY A. et C. HIGY, 2004.** Hydrologie: une science de la nature. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- **Hingray B., C. Picouet, A. Musy, 2009.** Hydrologie 2: Une science pour l'ingénieur, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- **Anctil F., J. Rousselle, Lauzon N., 2012.** Hydrologie – Cheminement de l'eau, 2e éd., Presses internationales polytechniques, Montréal.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 01

Intitulé de l'UE : UEM11

Intitulé de la matière 1 : Géophysique appliquée à l'hydrogéologie

45 heures (1h30 cours, 1h30 TD)

Coefficients : 02

Crédit : 03

Objectifs : Ce module a pour finalité de permettre à de futurs hydrogéologues d'avoir des connaissances et un œil critique et avisé sur les données géophysiques et leurs interprétations.

Pré-requis : Géologie, mathématiques, informatique.

Contenu de la matière :

Introduction et propriétés physiques des roches

Méthodes de prospection électrique par courant continu :

- Trainé électrique utilisant le dispositif de Wenner
- Sondage électrique utilisant le dispositif Schlumberger
- Elaboration des cartes d'iso-résistivité apparente à partir des données de SEV

Sismique Réfraction :

- Principes de base de la sismique réfraction
- Calcul et exploitation des hodochrones de réfraction pour les cas des marqueurs horizontaux et des marqueurs avec pendage

Diagraphies en hydrogéologie:

- log de PS
- log de Gamma
- Ray, logs conventionnels de résistivité (PN, GN Latéral)

TD/TP : Chaque chapitre est suivi par un TD ou un TP.

Mode d'évaluation : *Contrôle continu et examen*

Références :

Astier J. L., 1972. *Géophysique appliquée à l'hydrogéologie*

Chapelier, D., 1987. *Diagraphies appliquées à l'hydrogéologie. Edition Techniques et Documentation, 176p.*

Chapelier D., 2000. *Principes de base. Cours online de géophysique, Lausanne, 99 p.*

Dubois J. et Diamant M., 2001. *Geophysique, Edition Dunod, 211 p*

Meyer de Stadelhofen C., 1991. *Applications de la géophysique aux recherches d'eau TEC et DOC*

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 01

Intitulé de l'UE : UEF11

Intitulé de la matière 2 : Mathématiques appliquées à l'hydrogéologie

45 heures (1h30 cours, 1h30 TD)

Coefficients : 02

Crédit : 02

Objectifs de l'enseignement : Ce module permet à l'étudiant d'acquérir les notions de base sur les lois mathématiques qui lui aide dans la résolution des équations en hydrodynamiques, en géophysique et la simulation et la modélisation hydrogéologique.

Connaissances préalables recommandées : Ce module demande des connaissances en mathématiques.

Contenu de la matière :

Etude de fonctions

- Recherche de limites
- Continuité
- Calcul différentiel
- Fonctions usuelles

Matrices

- Opérations sur les matrices
- Matrices carrées, matrices élémentaires
- Déterminant d'une matrice carrée
- Matrice adjointe
- Inversion d'une matrice
- Système d'équations linéaires

Systèmes d'équations linéaires

- Introduction aux systèmes d'équations linéaires
- Les méthodes de résolutions d'un système linéaire

Les intégrales

- Intégrale indéfinie, propriété
- Intégration des fonctions rationnelles
- Intégration des fonctions exponentielles et trigonométriques
- L'intégrale des polynômes
- Intégration définie

Equations Différentielles

- Classification des équations différentielles du premier ordre
- Classification des équations différentielles du deuxième ordre

Méthodes Numériques

- Le développement limité de Taylor
- La méthode de différences finies
- Avantages et inconvénients de la méthode

Travaux Dirigés : Exercices d'application

Mode d'évaluation :

Contrôle continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc.*)

Sandrine Fleurant et Cyril Fleurant (2015). *Bases de mathématiques pour la géologie et la géographie. Cours et exercices. Dunod. 304 pages*

Sylvie Benzoni-Gavage (2021). *Calcul différentiel et équations différentielles - 2e édition Cours et exercices corrigés.* Collection : *Sciences Sup, Dunod.* 368 pages

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 01
Intitulé de l'UE : UEF12
Intitulé de la matière 2 : SIG et Télédétection
45 heures (3h TP)
Coefficients : 01
Crédit : 02

Objectifs de l'enseignement : *Décrire ce que l'étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière.*

Connaissances préalables recommandées : *descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement.*

Contenu de la matière :

Concepts de base

Modèle et structures de données

- Introduction aux données spatiales dans la représentation des caractéristiques géographiques
- Attributs et échelles de mesure
- Structures de données fondamentales
- Données-Raster, Données-Vecteur
- Analyse tabulaire-SIG, Analyse ponctuelle-SIG, Analyse Linéaire-SIG, Analyse polygonale-SIG, Analyse GRID

SIG et Cartographie

- Datums et Projection
- Systèmes de localisation et de coordonnées
- Echelle et Géo visualisation
- Symbolisation cartographique en hydrogéologie
- Bases de données spatiales

La télédétection passive

- Introduction à la télédétection
- Les bases physiques de la télédétection
- Sources d'énergie et principes de radiation
- Interactions d'énergie dans l'atmosphère, Interactions d'énergie avec les objets de la terre
- Acquisition des données et interprétation
- Interprétation visuelle de l'image
- Traitement d'image numérique

La télédétection active

- Principe
- Radar à Synthèse d'Ouverture (SAR)
- Interaction de l'onde avec la surface
- Le phénomène de rétrodiffusion
- Applications pratiques

Travaux Pratiques :

- Prise en main du logiciel ArcGIS, QGIS, Google earth
- Principe de Géo référencement et localisation spatiale par GPS
- Techniques de Vectorisation et relation topologique
- Conception d'une Géodatabase relationnelle
- Visualisation et analyse spatiale (requêtes thématiques)
- Acquisition des données et téléchargement des images ENVI-ERDAS
- Rectification des images (corrections géométrique, spectrale et radiométrique)
- Prétraitement et traitement des images (filtrage et enhance)
- Utilisation des indices spectrales

Mode d'évaluation :Contrôle continu et examen

Références :

- 1. Anthamatten, P. (2020).** How to Make Maps: An Introduction to Theory and Practice of Cartography, Taylor & Francis Group.
- 2. Bolstad, P. (2019).** GIS fundamentals : a first text on geographic information systems. Ann Arbor, MI, XanEdu.
- 3. Campbell, J. B. and R. H. Wynne (2011).**Introduction to RemoteSensing, GuilfordPress.Téledétection, Presses de l'Universite du Quebec.
- 4 Dixon, B., Uddameri, V., & Ray, C. (2015).**GIS and Geocomputation for Water Resource Science and Engineering.John Wiley & Sons.
- 5. Girard, M. C. and C. M. Girard (2010).**Traitement des données de télédétection – 2 éd.: Environnement et ressources naturelles, Dunod.
- 6. Johnson, L. E. (2016).**Geographic information systems in water resources engineering.CRC Press.
- 7Joseph, G. (2005).** Fundamentals of Remote Sensing, Universities Press.
- 8. Pornon, H. (2015).** SIG: la dimension géographique du système d'information. Dunod.
- 9.Pourghasemi, H. R. and C. Gokceoglu (2019).** Spatial modeling in GIS and R for earth and environmental sciences.
- 10. Collet, C. (2001).** Précis de Télédétection: Traitements Numériques d'Images
- 11. Singh, V., &Fiorentino, M. (Eds.). (2013).** Geographical information systems in hydrology (Vol. 26).Springer Science & Business Media.
- 13. Steinberg, J. (2002).** Cartographie: systèmes d'information géographique et télédétection.
- 14. Tian, B. (2017).** GIS technology applications in environmental and earth sciences.

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 01
Intitulé de l'UE : UED11
Intitulé de la matière 1 : Géostatistique
45 heures (1h30 Cours, 1h30 TD)
Coefficients : 01
Crédit : 02

Objectifs : il permet aux étudiants de se familiariser avec la théorie des variables régionalisées, du variogramme et de la cartographie.

Pré-requis : Notions de statistiques et de probabilités

Contenu de la matière :

La géostatistique – Objet, méthodes et domaines d'application

- Objets, différents modèles et types de la géostatistique
- Domaines d'application de la géostatistique

La théorie des variables régionalisées et son application en géostatistique

- Les variables régionalisées et leurs moments
- Estimation du variogramme
- Schémas théoriques et ajustement des variogrammes
- Ajustement d'un variogramme expérimental
- Lacorégionalisation
- Exemples d'application : calcul et ajustement de variogramme

Le concept de variance d'estimation

- Élaboration d'un estimateur
- Estimation d'une moyenne par une autre
- Estimation d'une moyenne par une moyenne pondérée
- Calcul des valeurs moyennes d'un variogramme
- Exemples d'application : estimation d'une moyenne par une moyenne pondérée
- Exemples d'application : estimation d'une moyenne par une moyenne pondérée

L'interpolateur exact : Le krigeage

La géostatistique multivariable

- Le variogramme croisé et les modèles d'ajustement
- Le cokrigeage

TD :

- Variogrammes
- Cartographie de données hydrologiques, hydrochimiques et hydrogéologiques à l'aide du krigeage
- Cartographie de données à l'aide du Cokrigeage

Mode d'évaluation : Contrôle Continu et examen

Référence :

Delhomme J.P. (1976).*Application de la théorie des variables régionalisées dans les Sciences de l'Eau. Thèse de Docteur Ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris*

Journel A. G. and Huitsbregts Ch. J. (1978).*Mininggeostatistics. Academic Press, New York, 600p.*

Matheron G. (1965).*Les variables régionalisées et leurs estimations. Edit. Masson, Paris, 306p.*

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 01
Intitulé de l'UE : UET11
Intitulé de la matière 1 : Anglais Scientifique 1
22h30 (1h30 Cours)
Coefficients : 01
Crédit : 01

Objectifs de l'enseignement

Lecture et compréhension d'articles et textes scientifiques en anglais en relation avec les Sciences de la Terre.

Connaissances préalables recommandées

Notions de base d'anglais : grammaire, orthographe.

Contenu de la matière :

Examen d'articles et textes scientifiques en anglais en relation avec les Sciences de la Terre.

Mode d'évaluation : examen

Références :

- **Jean-Pierre Michel, Michael S.N. Carpenter, Rhodes W. Fairbridge.***Dictionnaire bilingue des sciences de la Terre : Anglais/Français-Français/Anglais. Collection: Sciences Sup, Dunod, 2013 - 5ème édition - 512 pages.*
- **Philippe Laruelle.***Mieux écrire en anglais. PUF, 2012, 192 pages.*
- **Jean-Michel Fournier.** Manuel d'anglais Oral. OPHRYS, 2010, 251 pages

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 02

Intitulé de l'UE : UEF21

Intitulé de la matière 1 : Hydrogéologie fondamentale (II)

67h30 heures (3h00 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 03

Crédit : 06

Objectifs de la matière :

Donner aux étudiants les notions de bases de l'hydrogéologie des milieux fissurés, de l'hydrogéologie côtière et insulaire.

Connaissances préalables recommandées :

Hydroclimatologie, géologie, hydrogéologie générale

Contenu de la matière :

Hydrogéologie des milieux fissurés et karstique

- Définition
- Ecoulement en milieu fissuré
- Circulation dans une fracture
- Comparaison entre perméabilité des milieux poreux et des milieux fissurés
- Morphologie karstique
- Altération chimique des formations carbonatées et formation de Karst
- Evolution des terrains karstiques
- Circulation des eaux dans les terrains karstiques
- Critères de reconnaissance de l'aquifère karstique (structure et fonctionnement)

Hydrogéologie côtière et insulaire

- Morphologie des zones côtières
- Hydrogéologie côtière : lithologie, lois générales de l'écoulement et du transport densitaires en milieu poreux, phénomènes densitaires dans les eaux souterraines, relations eau douce – eau salée
- Interface eau salée – eau douce et recharge artificielle des nappes

Exemples de grands aquifères

- Le bassin du Sahara
- Les aquifères transfrontaliers
-

TD : TD porteront sur la reconnaissance des terrains fissurés et karstiques et sous forme d'exposés.

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen

Références :

Banton O., Bangoy L.M. (1997). Hydrogéologie. Multi science environnementale des eaux souterraines.

Castany G.(1980). Hydrogéologie principes et méthodes.

Domenico P. A., Schwartz F.W. (1990).Physical and chemical hydrogeology.

Hiscock, K. (2005). Hydrogeology : principles and practice.blackwell science.

De Marsily. G. (1981). Hydrogéologie quantitative, masson.

Ramade F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau

Roche M.F. (1986). Dictionnaire français d'hydrologie de surface.

Vaubourg P., Margat, J. (1997). Lexique d'hydrogéologie.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 02

Intitulé de l'UE : UEF21

Intitulé de la matière 2 : Hydrodynamique souterraine (II)

67h30 heures (3h00 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 03

Crédit : 06

Objectifs de l'enseignement : Ce cours d'Hydrodynamique *souterraine* a pour *objectif* de présenter aux étudiants les lois qui régissent l'écoulement dans les milieux poreux et fissurés. Il permet également de se familiariser avec les principales méthodes d'interprétation des données de pompes d'essai en milieux poreux et fissuré.

Connaissances préalables requises: Hydrogéologie, mathématiques et hydrodynamique souterraine I

Contenu de la matière :

Hydraulique souterraine en régime permanent

- Les lignes équipotentielles et les lignes de courant
- Les solutions élémentaires pour l'écoulement des eaux en nappe captive
- Superposition des solutions élémentaires
- Réalisation du réseau maillé de l'écoulement
- L'écoulement des eaux en nappe captive influencée par un apport vertical
- L'écoulement en régime permanent dans les nappes libres
- L'interface eau-douce – eau salée et les relations hydrauliques associées

Hydraulique souterraine en régime transitoire

- L'écoulement radial
- Les essais hydrauliques
 - Les essais de courte durée
 - Les essais de longue durée à débit constant :
 - *en milieu poreux* : schémas de Theis, de Jacob, d'Hantush, de Berkaloff, de Boulton
 - *en milieu fissuré* : fissure verticale, fissure horizontale
 - analyse de cas concrets par méthodes graphiques, analyse à l'aide de logiciels
 - L'influence des variations du débit de pompage
 - Prise en compte de plusieurs ouvrages de pompage
 - Les pertes de charge et la courbe et la courbe caractéristique d'un puits
- Influence des limites hydrogéologiques sur les essais de pompage
- Exemples

La circulation des eaux en milieu karstique

- Analyse des courbes de débit : les différents modèles
- Exemples d'application

TD :

- interprétation des données de pompes par paliers de débits
- interprétation des données de pompes d'essai de longue durée en milieu poreux et fissuré
- Analyse des courbes de débit : les différents modèles (Maillet, Mangin,)

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen

Références :

- **Forkasiewicz J. (1972).** Cahier des travaux pratiques d'interprétation des pompes d'essai. Complément du rapport 72 SGN 273 AME
- **de Marsily G. (1981).** Hydrogéologie quantitative. Paris ; New York N.Y. ; Barcelone etc. : Masson
- **Kruseman G. P., DeRidder N. A. (1973).** Interprétation et discussion des pompes d'essai. Wageningen, 2nd édition Traduit par A. MEILHAC
- **Thiery D., Vandenbeusch M., Vaubourg P. (1982).** Interprétation des pompes d'essai en milieu fissuré aquifère. Rapport du B.R.G.M 82SGN920EAU

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 02
Intitulé de l'UE : UEF22
Intitulé de la matière 2 : Hydrochimie (II)
45heures (1h30 Cours, 1h30 TP)
Coefficients : 02
Crédit : 04

Objectifs : L'hydrochimie étudie les processus chimiques qui affectent la distribution et la circulation des composés chimiques des eaux. Ce module permet également d'identifier les principales sources de pollution des eaux.

Pré-requis : Hydrochimie I

Contenu de la matière :

Rappels sur l'interprétation des résultats des analyses chimiques

Représentation graphiques des résultats des analyses chimiques : Digrammes Schoeller-Berkaloff, Piper, Stiff, Stabler, Diagrammes à coordonnées rayonnantes, etc....

Pollution des eaux :

- Les principales sources de pollution
- Les principaux polluants
- Les indicateurs de qualité (Paramètres de qualités) :
 - *Les indicateurs physiques* : (Température, Solides en suspension (SS) ou Matières en Suspension (MES, turbidité)
 - *Les indicateurs chimiques et métalliques* :
 - les indicateurs chimiques (Oxygène dissous (OD), Azote (N), Azote ammoniacal (NH₃), Nitrites (NO₂⁻) et nitrates (NO₃⁻), Phosphore (P), minéralisation).
 - Les éléments traces métalliques
 - *Les indicateurs biologiques* (Oxygène, DBO, DCO et Oxydabilité)
- La biodégradabilité

TP :

Analyses au laboratoire, Représentation et interprétation graphiques des résultats des analyses chimiques et utilisation de logiciels

Mode d'évaluation : *Contrôle continu et examen*

Références :

- **BRGM (1996)**. Représentation graphique des résultats d'analyses d'eau minérale. Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales. Note technique DNEMT N° 8.
- **Schoeller H (1962)**. Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources, Edition Masson et Cie.
- **Rodier J (1984)**. Analysis of water; natural water, waste water, sea water, 7eme edition, ED Dunod, Paris.
- **Sigg Laura, Stumm Werner, Behra Philippe (1992)**. Chimie des milieux aquatiques (Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement).
- **Monique Tardat-Henry (1992)**. Chimie des eaux.
- **Gilbert Castany (1982)**. Hydrogéologie Principes et Méthodes.
- **Eric Gilli, Christian Mangan, Jacques Mudry (2008, 2012)**. Hydrogéologie (Objets, méthodes et Applications). 3^{ème} Edition.

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 02
Intitulé de l'UE : UEF23
Intitulé de la matière 2 : Hydrologie générale
45h heures (1h30 Cours, 1h30 TD)
Coefficients : 02
Crédit : 04

Objectifs : permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances sur les différents termes du climat.

Pré-requis : statistiques et probabilités.

Contenu de la matière :

- **Introduction** : définitions et missions de l'hydrologie, le cycle de l'eau
- **Bassin versant** : définitions et limites, caractéristiques
- **Précipitations** : définitions, types et causes des précipitations, équipements de mesure et réseau pluviométrique national, traitement de données, variabilité spatiale et temporelles des précipitations, tendance
- **Evaporation et Evapotranspiration**: définitions, facteurs et équipements de mesures, méthodes de calcul, techniques de réduction des phénomènes d'évaporation
- **Ecoulements** : acquisition des données hydrométriques (techniques de jaugeage, étalonnages), traitement et interprétations des mesures (hydrogrammes), analyse des conditions extrêmes (crues et étiages), régime des cours d'eau en Algérie
- **Infiltration** : définitions et facteurs, paramètres et mesures, modélisation
- **Notions de transport solides** : mesure, modélisation, protection des versants et des barrages
- **Hydrologie fréquentielle** : constitution et contrôle de d'une série de données observées, résumés statistiques (tendance centrale, dispersion et forme de la distribution des fréquences), modèles probabilistes, temps de retour, probabilité et risque hydrologique, exploitation du modèle fréquentiel dans l'ingénierie des ressources en eau
-
- **Sorties sur terrain**
- **Travaux Dirigés**

Mode d'évaluation : contrôle continu et examen

Références :

- **Touchart L., 2003.** Hydrologie : mers, fleuves et lacs, Armand Colin, Paris.
- **Cosandy C. et M. Robinson, 2000.** Hydrologie continentale, Armand Colin, Paris.
- **Meylan P., A.C. Favre et A. Musy, 2005.** Hydrologie fréquentielle : une science prédictive, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- **Hingray B., C. Picouet, A. Musy, 2009.** Hydrologie 2: Une science pour l'ingénieur, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- **Anctil F., J. Rousselle, Lauzon N., 2012.** Hydrologie – Cheminement de l'eau, 2e éd., Presses internationales polytechniques, Montréal.
- **Bennis S., 2007.** Hydraulique et hydrologie, 2e éd., Presses de l'université du Québec, Québec.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 02

Intitulé de l'UE : UEF21

Intitulé de la matière 1 : Vulnérabilité et protection des eaux souterraines

45heures (1h30 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 02

Crédit : 02

Objectifs : permettre aux étudiants : i) d'estimer le risque de pollution des eaux souterraines et la dépréciation de la quantité et ii) de proposer des solutions pour protéger les eaux souterraines contre la pollution et la surexploitation.

Pré-requis : Hydrochimie, hydrogéologie

Contenu de la matière :

Généralités

- Les différents horizons d'une nappe d'eau souterraine
- Le sol
- La zone non saturée
- La zone saturée
- Définition de la vulnérabilité
- Exemples d'application

Vulnérabilité en milieu Poreux

- La méthode d'estimation de la vulnérabilité DRASTIC
- La méthode d'estimation de la vulnérabilité « GOD »
- La méthode d'estimation de la vulnérabilité pour un aquifère côtier « GALDIT »
- Exemples d'application

Vulnérabilité en milieux Karstique et fissuré

- La méthode « RISK » pour un milieu Karstique
- La Méthode « EPIK » pour un milieu fissuré non Karstifié
- Périmètres de protection de captage d'eau
- Types de périmètres de protection
- Les critères de délimitation des zones de protection
- Exemples d'application

Travaux Dirigés :

- Des séances de TD en relation avec le cours

Evaluation : Contrôle continu et examen

Références :

- **Quevauviller Philippe (2010). Protection des eaux souterraines Législation européenne et avancées scientifiques**
- **Castany G.** Hydrogéologie principes et méthodes.
- **Banton O., Bangoy L.M. 1997.** Hydrogéologie. Multiscience environnementale des eaux souterraines.
- **Éric Gilli, Christian Mangan et Jacques Mudry (2008) - Hydrogéologie, Objets, méthodes, applications,** Paris, Dunod.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 02

Intitulé de l'UE : UEM21

Intitulé de la matière 2 : Pollution et traitement des eaux

45heures (1h30 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 01

Crédit : 02

Objectifs : L'objectif de ce module est de pouvoir identifier les différents types de pollution des eaux et de proposer les traitements appropriés.

Pré-requis : Hydrochimie

Contenu :

- **Les ressources hydriques naturelles :** eaux de surface et eaux souterraines
- **Les eaux non conventionnelles :** eaux usées urbaines, eaux usées agricoles, eaux usées industrielles, eaux saumâtres
- **La pollution des eaux :** paramètres de pollution, mesure de la pollution, objectifs du traitement
- **Le traitement des eaux de surface :** description générale d'une chaîne classique de traitement d'eaux de surface, prétraitement, préoxydation, traitement de clarification, coagulation-floculation, la décantation, la filtration, traitement de désinfection, affinage
- **L'épuration des eaux usées :** le traitement physique, dégrillage, dessablage, déshuilage, le traitement biologique, boue activé, lagunage naturel et aéré, lit bactérien, biodisque
- **Le dessalement des eaux saumâtres :** les procédés thermiques, les procédés membranaires
- **Travaux Dirigés :** Exposés et Micro-interrogation

Mode d'évaluation : *Contrôle continu et examen*

Références :

- **Castany G. (1982).** *Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edité par Dunod, Paris*
- **Banton O., Bangoy L.M. (1997).** *Hydrogéologie. Multiscience environnementale des eaux souterraines.*
- **Éric Gilli, Christian Mangan et Jacques Mudry (2008).** *Hydrogéologie, Objets, méthodes, applications, Paris, Dunod.*
- **Quevauviller Philippe (2010).** *Protection des eaux souterraines Législation européenne et avancées scientifiques*
- **Claude Cardot (2010) :** *Les traitements de l'eau : procédés physicochimique et biologique (cours et problème résolus) ellipses Edition marketing, Paris*

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 02

Intitulé de l'UE : UEM22

Intitulé de la matière 1 : Stage de terrain

10 jours

Coefficients : 02

Crédit : 03

Objectifs : L'objectif de ce stage consiste à confronter les connaissances théoriques acquises aux problématiques rencontrées sur le terrain par des acteurs variés exerçant des métiers en relation avec l'hydrologie et l'hydrogéologie.

Pré-requis : Géophysique, Hydrologie, Hydrogéologie, Hydrochimie, Hydrodynamique et Géophysique

Contenu :

- Présentation terrain d'étude (géomorphologie, géologie, hydrologie, hydrogéologie, ...)
- Utilisation GPS (localisation des points d'eau, report sur carte, ...)
- Jaugeage (au moulinet, chimique, relevés topographique, ...)
- Piézométrie et prélèvements échantillons, mesures in-situ
- Prospection géophysique (selon matériels disponibles)
- Visite barrage, STEP, station traitement eau brute, ...
- etc....

Mode d'évaluation : contrôle continu

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 02
Intitulé de l'UE : UED21
Intitulé de la matière 1 : Risques liés à l'eau
45heures (3h00 Cours)
Coefficients : 01
Crédit : 02

Objectifs de la matière :

Ce cours vise à : i) mieux connaître la gestion des catastrophes dans le but de réduire cette vulnérabilité et améliorer l'intervention en cas de catastrophes ; ii) identifier et décrire les types de catastrophes naturelles et non naturelles et leurs conséquences sur l'environnement et iii) développer un plan d'opérations d'urgence (POU)

Connaissances préalables requises : Géologie, Géomorphologie, Climatologie, Hydrologie,

Contenu de la matière :

- **Généralités sur l'environnement et les risques liés à l'eau**
- **Caractérisation et évaluation des risques naturels.**
- **Caractéristiques des bassins versants (définition et notion de base)**
- **Le risque Inondation**
 - Inondations : cause, effet, et contrôle
 - Typologie des inondations
 - Evaluation du risque inondation (crue, débits max) : Approche déterministe, Approche probabiliste (les données extrêmes, lois d'ajustements), Approche par modélisation et SIG
 - La stratégie de la préservation des zones inondables
 - Plan de prévention du risque (PPR) et concertation.
- **Les risques géologiques**
 - Les tremblements de terre
 - Les éboulements.
- **Catastrophes liées à l'eau**
 - Sécheresses et stress hydrique
 - Tempêtes extrêmes : les cyclones, les ouragans, Tsunami
 - Impacts des changements climatiques sur les catastrophes liées à l'eau
- **Les risques naturels terrestres (mouvements de terrain, crues torrentielles)**
- **Évaluations des risques toxicologiques associés aux terrains contaminés**
- **L'érosion accélérée, mécanisme et débit solide :** Érosion quantitative (USLE), Approche déterministe (équation de Fournier), Détermination de transport solide spécifique, Calcul du degré de sédimentation dans les lacs des barrages), Calcul de la durée de vie des barrages, Approche SIG, Méthode de lutte contre l'érosion hydrique
- **Conséquences des catastrophes liées à l'eau**
- **Gestion des risques liés à l'eau**
- **Plan de prévention du risque (PPR), (PERI),**
- **Dispositif réglementaire des risques naturels.**

Mode d'évaluation : Examen

Références

- **Cerema, 2017.** Guide de recommandations pour la prise en compte des fonctionnalités des milieux humides dans une approche intégrée de la prévention des inondations. Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, 189 p.

- **European Commission, 2014.** EU policy document on Natural Water Retention Measures. CIS WG PoM.
- **Gibelin A.-L., 2015.** Évolution du climat passé en France métropolitaine depuis les années 50. Rencontres Nationales de l'Agrométéorologie.
- **Institut des Risques Majeurs, 2012.** Memento du maire et des élus locaux - Prévention des risques d'origines naturelle et technologique. 5è édition.
- **Ministère en charge de l'écologie, 2014.** Stratégie nationale de gestion des risques d'inondation.

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 02
Intitulé de l'UE : UET21
Intitulé de la matière 1 : Anglais Scientifique 2
22h30 (1h30 Cours)
Coefficients : 01
Crédit : 01

Objectifs de l'enseignement

Lecture et compréhension d'articles et textes scientifiques en anglais en relation avec les Sciences de la Terre.

Connaissances préalables recommandées

Notions de base d'anglais : grammaire, orthographe.

Contenu de la matière :

Examen d'articles et textes scientifiques en anglais en relation avec les Sciences de la Terre.

Mode d'évaluation : Examen

Références

- **Jean-Pierre Michel, Michael S.N. Carpenter, Rhodes W. Fairbridge.***Dictionnaire bilingue des sciences de la Terre : Anglais/Français-Français/Anglais. Collection: Sciences Sup, Dunod, 2013 - 5ème édition - 512 pages.*
- **Philippe Laruelle.***Mieux écrire en anglais. PUF, 2012, 192 pages.*
- **Jean-Michel Fournier.** Manuel d'anglais Oral. OPHRYS, 2010, 251 pages

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF31

Intitulé de la matière 1 : Techniques de forage et de captage

45heures (3h00 Cours)

Coefficients : 03

Crédit : 06

Objectif de l'enseignement : à défaut de ressources locales, apparentes en surface, l'approvisionnement en eau, par forage, des populations ou des industries, est incontestablement la solution la plus avantageuse. Le forage constitue la méthode d'approche directe des caractéristiques d'un gisement (acquisition de données, reconnaissance d'un site ou l'exploitation d'un niveau identifié).

Connaissances préalables recommandées : Notions de géologie, d'Hydrogéologie et Méthodes géophysiques appliquées à l'hydrogéologie

Contenu de la matière :

- **Prospection et implantation de l'ouvrage** (Choix du site...)
- **Méthodes de Forage** (Rotary, Battage...)
- **Forage de l'ouvrage d'exploitation**
- **Les fluides de circulation**
- **Instrumentation** (Repêchage...)
- **Mise en place de l'équipement** (Tubage, Cimentation, Crépines et Gravier additionnel)
- **Le développement du forage d'eau** (Objectifs du développement, Types de développement : Le développement par sur pompage, Le développement par pompage alterné, Le développement par pistonage, Les méthodes pneumatiques ou à air (Air lift), Le développement par lavage au jet d'eau sous pression (Jetting), Le développement chimique (Adjonction de produits chimiques) et Le développement par fracturation hydraulique (Cracking)).
- **Captage des sources**
- **Dépérissement des forages d'eau, symptômes et remèdes**
- **Détermination des périmètres de protection**
- **Exemples d'application** : Profondeur des sondages selon le type de nappes, Choix et Dimensionnement des crépines, Calcul des volumes des massifs filtrants (Nature, Calibrage et injection du gravier), Types de crépines et détermination des ouvertures, Protection des captages d'eau.

Mode d'évaluation : Examen

Références

- **Bertrand Gonthiez (2009)** : Réaliser et entretenir son puits, éditions Eyrolles.
- **Detay M. (1993)** : Le forage d'eau ; réalisation, entretien, réhabilitation. Masson, Paris, 379p.
- **Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales (1995)** : Les techniques de forage utilisées en eau minérale, Note technique n° 2, BRGM, 16p.
- **Furgier J.N. (1995)** : Manuel de forage à l'usage des géologues, elf aquitaine production, 108p.
- **Mabillot A. (1971)** : Le forage d'eau, Guide pratique, Crépines Johnson-France / Technique & Documentation, Paris, 237p.
- **Magdeleine Moureau, Gerald Brace (2000)** : Dictionnaire du forage et des puits, éditions Technip.
- **Nguyen J.P. (1993)** : Le forage ; techniques d'exploitation pétrolière, institut français du pétrole, 369p.
- **Person J. (1980)** : Le forage d'eau ; Guide pratique des maitres d'ouvrages, BRGM, 39p.
- **Pimienta J. (1972)** : Captage des eaux souterraines, Editions Eyrolles, 188p.
- **Solages S. (1979)** : Calcul des ouvrages de captage ; Choix et caractéristiques des colonnes de captage, Département hydrogéologie, BRGM, 72p.
- **Solages S. (1980)** : Techniques de forage ; Description et mise en œuvre d'un nouveau type d'appareil de forage destiné au fonçage des puits à grand diamètre, Département eau, BRGM, 27p.

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 03
Intitulé de l'UE : UEF32
Intitulé de la matière 1 : Modélisation en hydrogéologie
67h30 (3h00 Cours, 1h30 de TP)
Coefficients : 03
Crédit : 06

Objectifs de la matière : Connaissance des éléments de bases théoriques et initiation aux techniques d'établissement des modèles numériques d'écoulement et de transport de masse.

Pré-requis : Mathématiques, informatique, hydrodynamique et hydrochimie.

Contenu de la matière :

- **Introduction :** Définitions, Historique de l'évolution des modèles, Définitions sur les différents éléments de la simulation
- **Les conditions aux limites :** Limites géologiques, Limites hydrodynamiques, Potentiel imposé, Flux imposé, Conditions mixtes, Cas de la surface libre, Cas de la surface de suintement
- **Les différents types d'approche de résolution de problèmes :** Problèmes directs, Problèmes inverses, Problèmes indirects, Problèmes inductifs
- **Les domaines d'application des modèles en hydrogéologie**
- **Les modèles numériques d'écoulement**
 - Equation de diffusivité
 - Traitement mathématique de l'équation de diffusivité
 - Principes généraux des méthodes numériques appliquées à l'hydrogéologie
 - La discrétisation en différences finies
 - Principe du procédé des différences finies
 - Approximations de l'équation de diffusivité aux différences finies.
 - Approximation de l'équation par le bilan des flux
 - Les transmissivités de passage
 - Introduction des conditions aux limites : Prise en compte du débit imposé, Prise en compte du potentiel imposé
 - Solution en régime permanent, Solution en régime transitoire (Solution explicite, Solution implicite)
 - Applications pratiques d'un modèle basé sur le procédé des différences finies (ASM, Visual Modflow, Flex, ...)
- **Modèle de transport de masse (modèles hydrodispersifs)**
 - Convection (porosité efficace n_e)
 - Dispersion (Diffusion moléculaire, Dispersion mécanique ou hydrodynamique) : Dispersion Microscopique, Dispersion Macroscopique, Coefficients de dispersivité longitudinal α_L , transversal α_T , vertical α_V
 - Equation de la dispersion
 - Méthode de détermination de la vitesse moyenne à vol d'oiseau et du coefficient de dispersion à partir d'une courbe de restitution de traceur (méthode dite C_{pic})
 - Coefficient de Retard (R) : Isothermes de l'adsorption, Estimation du coefficient de distribution eau-sol (K_d) à partir du coefficient de partage octanol-carbone organique (K_{oc}), le coef. de partage octanol-eau de la substance polluante (K_{ow}), Solubilité, structure Moléculaire, test au batch
 - Applications numériques avec utilisation de modèles hydrodispersifs inclus dans les modèles ASM et Visual Modflow(MT3DMS, ModPath,,)

TP :

Exercices d'application sur la simulation des écoulements souterrains et de transfert de polluants sur ordinateurs.

Mode d'évaluation : Contrôle Continu et Examen

Références :

- **Anderson M.P., Woessner W.W.** (1992). Applied groundwater modeling: simulations of flow and advective transport. Academic Press Inc, San Diego, CA. 381p.
- **Bear J., Verruijt A.** (1990). Modeling groundwater flow and pollution, D. Reidel Publishing Company. 414p.
- **Bear J., Bachmat Y.** (1990). Introduction to modelling of transport phenomena in porous media. Kluwer Academic Publishers Dordrecht Netherlands. 553p.
- **De Marsily G.** (1981). Hydrogéologie quantitative. Masson Paris. 211p
- **Dhatt G, Touzot G.** (1984). Une présentation de la méthode des éléments finis. Maloine S.A. editeur. Paris. 543p.
- **Ledoux E. (2003).** Modèles mathématiques en hydrogéologie (cours).
- **Kinzelbach W.** (1986). Groundwater modelling –An introduction with sample programs in Basic. Amsterdam. 335p.
- **Kinzelbach W., Chiang WH.** 3D - Groundwater modelling with PMWin – A Simulation System for Modelling Groundwater flow and pollution. Springer Verlag Berlin. 211p.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF33

Intitulé de la matière 1 : Hydrogéologie de l'Algérie

67h30h (3h00 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 03

Crédit : 06

Objectifs de l'enseignement : donner aux étudiants les connaissances générales mais nécessaires sur les différents systèmes aquifères de l'Algérie du Nord au Sud avec : leur extension, les potentialités hydriques, la recharge et les exutoires.

Connaissances préalables requises : Géologie régionale

Contenu de la matière :

- **Rappels**

- **Caractéristiques géographiques**

- **Géologie de l'Algérie**

- **Les ensembles géoclimatiques**

- Ensemble tellien et littoral
- Les hauts plateaux
- L'ensemble saharien

- **Les ressources en eau en Algérie (ressources renouvelables en eau douce)**

- Ressources superficielles : Etats des lieux
- Ressources souterraines : Etats des lieux
 - Types d'aquifères à travers le territoire : Sédiments non consolidés : Récent-Quaternaire au Cénozoïque, Les Roches Ignées, Sédimentaire - flux intergranulaire et de fracture, Socle
 - Etat des eaux souterraines : Quantité d'eau souterraine, Qualité des eaux souterraines, Interaction entre les eaux souterraines et de surface, Utilisation des eaux souterraines
 - Gestion des eaux souterraines
 - Législation sur les eaux souterraines
 - Surveillance des eaux souterraines
 - Les aquifères transfrontaliers

TD : Exposés sur les grands ensembles aquifères de l'Algérie

Mode d'évaluation : Contrôle continu, Examen

Référence :

http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Hydrog%C3%A9ologie_d%27Alg%C3%A9rie

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF31

Intitulé de la matière 1 : Hydrogéochimie isotopique et hydrothermalisme

45h (1h30 Cours, 1h30 TP)

Coefficients : 02

Crédit : 04

Objectifs de l'enseignement : donner aux étudiants des connaissances sur les techniques isotopiques qui permettent de bien comprendre les différents éléments du cycle hydrologique, ce qui les aide à mieux évaluer la quantité, la qualité et la durabilité de l'eau.

Connaissances préalables recommandées : Chimie des eaux

Contenu de la matière :

- Généralités

- Rappel sur la structure atomique
- Rappel sur la structure du noyau
- Application des techniques isotopiques en Hydrogéologie & à l'environnement : Les isotopes de la molécule d'eau, Les isotopes des espèces dissoutes, Les isotopes constitutifs de la molécule d'eau

- Fractionnement isotopique

- Le tritium

- Datation des eaux ou « temps de séjour »
- Mise en évidence du phénomène de mélange
- Mesure de l'infiltration efficace locale sous un climat semi-aride par le pic de tritium thermonucléaire en zone non saturée

- Le carbone

- Datation des eaux par le ^{14}C

- ^{36}Cl et Sr

- Généralités sur l'hydrothermalisme

- Différents types de géothermomètre (silice, calcédoine, cationique)

- Diagramme ternaire Giggenbach, diagramme du système binaire

- TP/TD :

- Visite de stations thermales et rédaction de rapport
- visite d'une usine de mise en bouteille et rédaction de rapport
- Analyses et Interprétations des Diagrammes

Mode d'évaluation : *Contrôle continu et examen*

Références :

- Clark, I.D., Fritz, P. (1997). Environmental Isotopes in hydrogeology, Lewis Publishers, New York, 328 p.
- Davis, S.N., DeWiest, R.M. (1966). hydrogeology, J. Wiley, New York, London, Sydney, 463 p.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF32

Intitulé de la matière 1 : Gestion intégrée des ressources en eau et développement durable

45h (1h30 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 02

Crédit : 04

Objectifs : Vulgarisation des objectifs du développement durable ainsi que la gestion équitaine des ressources en eau.

Pré-requis : Hydrogéologie (eaux superficielles eaux souterraines)

Contenu de la matière :

- Généralités
- Empreinte écologique
- Evolution de la population mondiale et locale
- Normes de la consommation de l'eau
- Volumes d'eau consommés par les différents usagers
- Volumes d'eau rejetés
- Objectifs du développement durable
- Eau propre et Assainissement
- Accès à l'eau potable
- Accès au service d'assainissement et d'hygiène
- Qualité de l'eau
- Gestion durable des ressources en eau (notions de patrimoine, ressources renouvelables et non renouvelables). Définition et problématique des aquifères non renouvelables (Zone aride et semi-aride)
- Gestion intégrée des ressources
- Protection et restauration des écosystèmes
- Coopération et renforcement des capacités
- Gestion collective de l'eau
- Les indicateurs du DD
- Énergie propre et d'un coût abordable

Travaux Dirigés :

Travaux dirigés en relation avec le cours

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF32

Intitulé de la matière 2 : Sorties de terrain/Stage

Objectifs : Application de la formation théorique sur terrain.

Pré-requis : Hydrogéologie (eaux superficielles eaux souterraines)

Contenu de la matière : L'étudiant apprend certaines techniques concernant la reconnaissance du terrain, échantillonnage, les mesures des différents paramètres physiques et chimiques des eaux.

Mode d'évaluation : contrôle continu, examen

Références :

- **Louise SchriverMazzuolli (2012).***La gestion durable de l'eau. Ressources - Qualité - Organisation.* Dunod 2012. 256 p.
- **Hassane Noureddine (2020).***Gestion de l'eau et développement durable dans le Monde. Pacademiqes francophones, fnac. 64p.*
- **Laurent Baechler (2917).***L'accès à l'eau. Enjeu majeur du développement durable. De Boeck Supérieur.*

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UEF31

Intitulé de la matière 1 : Elément de mécanique des sols

45h (1h30 Cours, 1h30 TD)

Coefficients : 01

Crédit : 01

Objectifs : ce cours a pour but de présenter les notions essentielles de la mécanique des sols sous une forme simple, nécessitant des connaissances préalables en résistance des matériaux. Il permet d'appréhender les problèmes qui peuvent se poser lors de l'étude d'un projet de construction ou lors de l'expertise de sinistres.

Pré-requis : l'étudiant doit maîtriser les notions mathématiques et la géologie générale et structurale (Roche sédimentaire, métamorphique, ignée, volcanique, plis, faille...etc.) et la pédologie.

Contenu de la matière :

- Calcul de la pression, du débit d'eau et du gradient maximum de sortie sous un barrage

- Caractéristiques physiques des roches
- Classification des sols
- Déformation des sols
- Analyse de terrain et conditions de stabilité
- Effets mécanique de l'eau sur le sol

- Notions sur la géotechnique des barrages en terre :

- Les divers types de barrages
- Objet des études géotechniques
- Organisation des études

- Les fondations superficielles

- Les glissements des terrains et les méthodes de confortements

TD : Exercices et applications

Mode d'évaluation :

Contrôle continu et examen

Références :

- **Benoit, F.M.N. (2013).** Cours complet de topographie et de géodésie. Forgotten Books, 200 pages.
- **Bigot G. et Zerhouni M.I. (2000).** Retrait, gonflement et tassement des sols fins. Bull. Lab. Ponts et Chaussées, 229, p. 105-114.
- **B.R.G.M.** Guide de prospection des matériaux de carrière.
- **B.R.G.M.** Rapport d'activité 2002.
- **Collectif, (1974)** - Mécanique des sols. Eyrolles, 173 p
- **Costet J., Sanglerat G., (1985)** Cours pratique de mécanique des sols, édition Dunod, 286 pages
- **Gasc-Barbier M., Guittard J. (2009).** Comportement au cisaillement d'un joint rocheux naturel. *Revue Française de Géotechnique (2009), n°128, pp 5-9*
- **Gasc-Barbier M., Marache A. (2010) :** Comportement mécanique des joints rocheux. *Géomécanique des instabilités rocheuses : du déclenchement à l'ouvrage, chapitre 4.* Traité MIN - Collection Risques Naturels. Nicot F. et Lambert S. ed. *Hermès Sc.* (4ème trimestre 2010)
- **Merrien-Soukatchoff, Duriez J., Gasc-Barbier M., Darve F., Donzéf. (2011)** - Mechanical stability analysis of fractured rock slopes. Chapitre 3 du traité Rockfall engineering book. Nicot F. et Lambert S. ed. *Hermès Sc. Publications.*
- **Philipponat G., Hubert B., (2002)** Fondations et ouvrages en terre, édition Eyrolles, 548 pages.
- **Schlosser F., (1988)** Eléments de mécanique des sols, Presse des Ponts et Chaussées, 276 pages.
- **Robitaille V., Tremblay D., (2003)** Mécanique des sols, théorie et pratique, édition Eyrolles, 680 pages.
- **Techniques de l'Ingénieur, Traité de Construction (1995).**

- <http://www.geotechnique.org>.
- <http://www.roscience.com/>

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UET31

Intitulé de la matière 1 : Méthodologie de recherche

22h30 (1h30 Cours)

Coefficients : 01

Crédit : 01

Objectifs de la matière : Les objectifs de cette matière est d'apprendre aux étudiants à mettre en lumière de nouvelles informations ou à en vérifier d'anciennes afin d'augmenter ou de vérifier les connaissances. Par conséquent, la recherche scientifique repose sur l'examen d'hypothèses afin de comprendre ou d'analyser un phénomène donné.

Pré-requis : l'étudiant doit avoir le sens d'Observer, de décrire, de Prévoir, de Déterminer les causes et d'Expliquer une thématique ou un phénomène donnée.

Contenu de la matière :

- **Généralités sur les méthodes de recherche**
- **Le choix du sujet et directeur de thèse**
- **La structure des mémoires**
- **Sources d'information**
- **Techniques de recherche bibliographique**
- **Citations, paraphrases et plagiats**
- **Directives et rédaction des Thèses et Mémoires**
- **Le déroulement de la soutenance**
- **Conseils pratique :** rédaction d'un CV, lettre de motivation, entretien de recrutement

Travail personnel : Présentation Power Point d'un travail de recherche (thèse, mémoire...), Exposé, Recherche bibliographique liée au cours.

Mode d'évaluation : Examen

Références:

- **Barker, A. (2002).** La rédaction, instrument de changement, Centre de recherche pour le développement international/Éditions ESKA, 28 p.
- **Caron, R. (2005).** Comment citer un document électronique?. In Université Laval. Bibliothèque. Site de la Bibliothèque de l'Université Laval.
- **Martyn, S. (2008).** Qu'est-ce que la recherche?.
- **Popper, K. (2005).** The Logic of Scientific Discovery. London: Rutledge.

Intitulé du Master : Hydrogéologie

Semestre : 03

Intitulé de l'UE : UET31

Intitulé de la matière 2 : Législation

22h30 (1h30 Cours)

Coefficients : 01

Crédit : 01

Objectifs de l'enseignement

Les lois et les normes qui gèrent l'exploitation de l'eau, la qualité des eaux, les rejets et l'environnement

Connaissances préalables recommandées

Hydrochimie et hydrogéologie

Contenu de la matière :

- Normes et lois des eaux de surface, des eaux souterraines, des eaux d'alimentation en eaux potables, des eaux d'irrigation et des rejets
- Les règles juridiques de la protection et la réhabilitation du sol
- Réglementation et normes de l'assainissement
- Normes et lois en relation avec :
 - la gestion, la prévention et la protection des ressources en eau
 - l'eau et l'environnement
 - le contrôle et la gestion des déchets
- Lois internationales gérants les conflits relatifs aux eaux douces transfrontalières

Travail personnel : Recherche bibliographique en relation avec le cours

Mode d'évaluation : Examen

Références :

- <http://www.joradp.dz/HFR/Index.htm>
- <http://www.mree.gov.dz/>
- <http://www.recycleau.fr/fr/reglementation-et-les-normes-europeennes>

Intitulé du Master : Hydrogéologie
Semestre : 03
Intitulé de l'UE : UET31
Intitulé de la matière 3 : Entrepreneuriat
22h30 (1h30 Cours)
Coefficients : 01
Crédit : 01

Objectifs de l'enseignement : Cet enseignement vise à initier l'étudiant au montage de projet, son lancement, son suivi et sa réalisation.

Connaissances préalables recommandées : législation

Connaissances préalables requises : Ensembles des contenus de la formation

Contenu de la matière :

- **L'entreprise :**
 - Définition
 - Finalités
 - Classification
- **L'entreprise et son environnement**
 - Définition de l'environnement de l'entreprise
 - Le macro-environnement de l'entreprise
 - Le micro-environnement de l'entreprise
- **L'entrepreneur**
 - Définition
 - Typologie des entrepreneurs orientés vers l'action
 - Principales caractéristiques entrepreneuriales
 - Choix de l'idée de projet
 - La reprise d'une entreprise
 - Méthodologie de recherche et de validation d'idée de création d'entreprises
 - Méthodologie de réalisation d'une étude de marché
- **L'élaboration d'une stratégie marketing**
 - La segmentation
 - Le ciblage
 - Le positionnement
- **Les étapes de création et organisation d'une entreprise**

Mode d'évaluation : *examen*

Références :

- **Basse, O. (2006).** Le manager entrepreneur, Pearson Education, Paris
- **Bouchard, V (2009).** Intrapreneuriat, innovation et croissance : entreprendre dans l'entreprise, Dunod, Paris.
- **Fayolle, A. (2005).** Introduction à l'entrepreneuriat, Dunod, Paris
- **Fayolle, A. (2004).** Entrepreneuriat, apprendre à entreprendre, Dunod, Paris
- **Hernandez, E.M. (2001).** L'entrepreneuriat : approche théorique, l'harmattan
- **Jansen, F. (2009).** Entreprendre : manuel d'introduction à l'entrepreneuriat, de Boeck
- **Papin, R. (2013).** La création d'entreprise : créer, gérer, développer, reprendre, hors collection, Dunod, 15^e édition
- **Sion, M. (2007).** Réussir son business plan : méthodes, outils et astuces, Dunod, Paris
- **Surlemont, B. et Kearny, P (2009).** Pédagogie et esprit d'entreprise, de Boeck