

Recueil des résumés des travaux de recherche des doctorants



PRÉFACE

Le Centre National d'Etudes et de Recherche sur l'Eau et l'Energie (CNERRE) est un centre de recherche & développement relevant de l'université Cadi Ayyad. Sa mission principale est de mettre en évidence le rôle de la recherche appliquée pour contribuer d'une part, à résoudre les problèmes environnementaux liés aux domaines de l'Eau et/ou à l'Energie, et d'autre part, à développer l'emploi des jeunes à travers la création de Startups.

Les objectifs du CNEREE en matière de Recherche/Développement s'articulent autour des programmes et priorités fixés par l'Etat Marocain en matière de Gestion intégrée des Ressources en Eau et des Energies Renouvelables.

Le CNEREE comporte deux Laboratoires de recherche, le premier est dédié aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique ; les principaux thèmes de recherche développés par cette plateforme sont l'efficacité énergétique dans le bâtiment, le séchage des boues, le dessalement de l'eau et la distillation des plantes aromatiques et médicinales par le solaire.

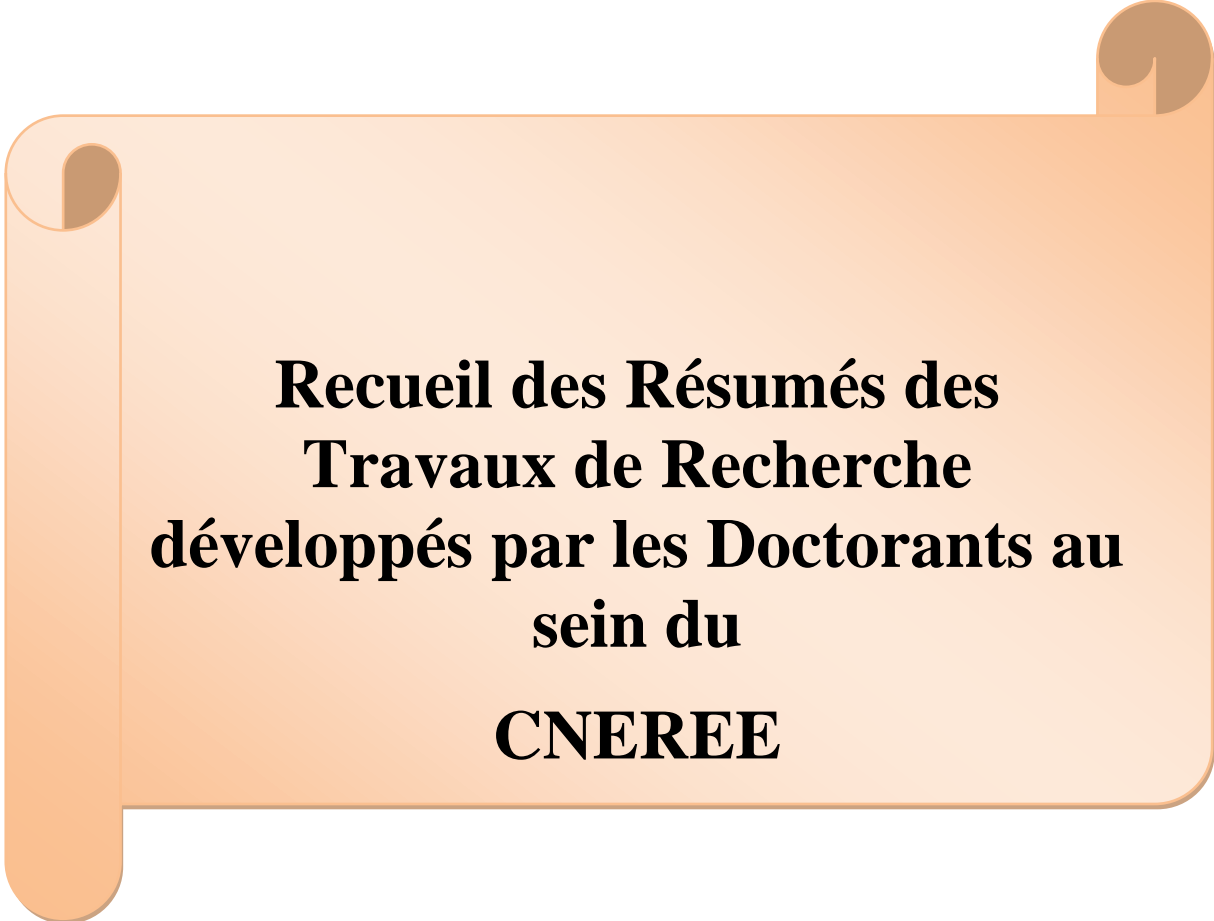
Le deuxième laboratoire constitue une plateforme pour développer la recherche dans le domaine des Sciences de l'Eau et l'Environnement. Les principaux thèmes de recherche développés par ce laboratoire sont le traitement des eaux usées domestiques et industrielles par différents procédés (extensifs/intensifs) ; la réutilisation des eaux usées traitées, la décontamination des sols pollués, la qualité des eaux, la caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique des aquifères.

Ce premier recueil inclut les résumés des travaux de recherche développés par les doctorants au sein des laboratoires du Centre National d'Etudes et de Recherches sur l'Eau et l'Energie (CNEREE) depuis 2011. Ces travaux de recherche appliquée sont réalisés en étroite collaboration avec des partenaires académiques nationaux et/ou internationaux ainsi que des partenaires du secteur socio-économique. Ils sont réalisés ou en cours de réalisation dans le cadre de projets de coopération bilatérale ou multilatérale avec un financement national ou international.

SOMMAIRE

A-Laboratoire des Sciences de l'Eau et l'Environnement (S2E)	6
I- Traitement des eaux usées domestiques	7
Traitement et réutilisation d'eaux usées urbaines et industrielles par systèmes à boues activées conventionnels et modifiés El Moussaoui Tawfik	8
Utilisation de la biotechnologie du filtre imbriqué pour le traitement et la valorisation des eaux usées au Maroc, Lahbib Latrach	9
Étude sur les caractéristiques physico-chimiques des matériaux utilisés dans un système MSL (filtres imbriqués) pour le traitement des eaux, Jamila Khalifa	10
Etude du fonctionnement de la station de traitement des eaux usées par filtres plantés et leur réutilisation en agriculture dans la zone de Tidili (Province du Haouz), Saloua Elfanssi	11
Les Ressources en Eau dans la Province de Chichaoua : Contraintes et Aménagement, Ahmed bouhamed	12
Etude de faisabilité pour l'application de la technique de filtres imbriqués (MSL) au traitement des Lixiviats sous climat aride, Asmae Maliki	13
Traitement des eaux grises par des marais reconstruits sous climat aride, Kaoutar Karafi	14
II- Traitement des eaux usées industrielles	15
Traitement des rejets des huileries (Margines) par deux techniques : Bioréacteur à membrane et Bioadsorption, Yasamine Jaouad	16
Traitement des eaux usées de tanneries par des procédés physico-chimiques combinés à des procédés biologiques, Saliha Elabbas	17
Utilisation de la nanotechnologie dans le traitement des eaux usées, Amal Oumani	18
Caractérisation et traitement des lixiviats de la décharge de Fkih Ben Salah, Merzouki Hasna	19
Caractérisation physico-chimique des rejets liquides industriels d'une ITH Tenmar et mise au point d'un éco procédé de traitement, Mourad Ouhammou	20
Bioréacteur à membrane immergée (BRM) pour un traitement avancé des rejets industriels (cas de la conserverie cartier Saada), Lazrak Asma	21
III- Remédiation des sols pollués	22
Décontamination des sites pollués par phytoremediation, Laila Midhat	23
IV- Hydrologie	24
L'apport de la Résonance magnétique des protons et de la Tomographie électrique à la caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique de l'aquifère du Haouz central (Marrakech, Maroc), Meriem Snineh	25

B- Laboratoire des Energies renouvelables et Efficacité Energétique (EnR2E)	26
I- Efficacité énergétique dans le bâtiment	27
Caractérisation thermophysique des matériaux de construction et étude de leur réponse à des conditions climatiques déterminées, Mustapha Boumhaout	28
Modélisation dynamique d'un appartement typique à Marrakech et propositions pour améliorer ses performances énergétiques, My El Hadi Drissi Lamrhari	29
Modélisation dynamique et monitoring d'une maison moderne à Marrakech : propositions pour améliorer ses performances énergétiques, Issam Sobhy	30
Simulation dynamique et suivi expérimental des performances énergétiques des systèmes passifs intégrés à un bâtiment résidentiel type villa dans la ville verte de Benguerir, Hicham Mastouri	31
Étude numérique et expérimentale d'un échangeur de chaleur air-sol pour le rafraîchissement des bâtiments à Marrakech, Mohamed Khabbaz	32
Etude expérimentale et modélisation dynamique des systèmes passifs de rafraîchissement d'air dans le bâtiment, Salah Kachkouch	33
Modélisation numérique et méthodes de la thermographie infrarouge appliquées au contrôle non destructif des structures de barrages, Abdelhamid Noufid	34
Modélisation dynamique et étude expérimentale du bâtiment AMYS (Marrakech) intégrant des systèmes passifs de rafraîchissement/chauffage d'air, Fatima Ezzahra Lafqir	35
Simulation numérique des transferts de chaleur entre un bâtiment semi-enterré et le sol dans la région de Marrakech, Naima Sakami	36
II- Dessalement solaire	37
Etude numérique et expérimentale d'une unité de dessalement fonctionnant à l'énergie solaire, Samah Naciri	38
Dessalement de l'eau de la mer par osmose inverse et évaporation en utilisant l'énergie solaire, Abdellah Mrij	39



**Recueil des Résumés des
Travaux de Recherche
développés par les Doctorants au
sein du
CNEREE**



**Laboratoire des Sciences de l'Eau
et l'Environnement (S2E)**



Axe1
Traitement des eaux usées
domestiques



EL MOUSSAOUI Tawfik

E-mail : Tawfik.Elmoussaoui@edu.uca.ac.ma

Laboratoires : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE

Encadrants : Pr. OUAZZANI Naaila, FSSM/CNEREE

Pr. HAMDY Hassan FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Traitement et réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles par systèmes à boues activées conventionnels et modifiés : de l'acclimatation de la biomasse à la validation du modèle bioclinique ASM1

Court résumé du projet Le traitement des eaux usées et leur réutilisation agricole est une alternative très prometteuse pour les pays méditerranéens comme le Maroc. Ceci permet de valoriser les ressources en eaux non conventionnelles tels que les eaux usées traitées, et ainsi épargner une bonne part des ressources conventionnelles pour les autres usages, pour les zones à climats aride et semi-aride caractérisées par une faiblesse des ressources hydriques. En effet, les retombées environnementales et socio-économiques de cette réutilisation ne peuvent se concrétiser que si ces eaux usées passent par une station d'épuration qui doit assurer l'élimination de tout élément susceptible de porter atteinte à l'environnement et à la santé publique. Ce projet de thèse a pour objet de réaliser des expériences de traitement et de réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles par des systèmes de boues activées conventionnels et modifiés. A cet effet, des essais expérimentaux de traitement et de réutilisation ont été réalisés sur des stations pilotes de boues activées. De même, des analyses climatiques, physico-chimiques et bactériologiques d'eaux usées traitées ont été aussi faites. En parallèle, des essais d'irrigation en pots de végétation ont été réalisés afin d'étudier le potentiel fertilisant des eaux produites. Une étude de modélisation des phénomènes biologiques (ASM1) pendant les essais de traitement des eaux usées sera aussi réalisée.

Cadre: Projet FAO : GCP/RAB/013/ITA

Projet financé par la FAO

Date de début Janvier 2012

Date de fin prévue Décembre 2017



Lahbib Latrach

E-mail : lahbib.latrach@edu.uca.ac.ma
Laboratoires : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Laila Mandi, FSSM/CNEREE
Pr. Naaila Ouazzani, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Utilisation de la biotechnologie du filtre imbriqué pour le traitement et la valorisation des eaux usées au Maroc.

Court résumé du projet Le projet de recherche consiste à une étude d'application de la biotechnologie filtre imbriqué 'Multi-Soil-Layering System' pour le traitement des eaux usées et de tester l'adaptabilité de cette technologie au contexte socio-économique Marocain. Une étude de faisabilité de traitement des eaux usées domestiques par filtre imbriqué a été réalisé à l'échelle du laboratoire en utilisant des matériaux locaux. La combinaison du filtre imbriqué avec des filtres à sable a été testée pour désinfection des eaux usées. L'étude de certains facteurs qui influencent l'efficacité du traitement des eaux usées par le procédé filtre imbriqué dans le milieu rural Marocain a fait également l'objet de ce travail. C'est dans ce sens qu'a été réalisée une étude de l'impact de la variation de la charge hydraulique, l'effet du facteur saison et les caractéristiques des eaux usées brutes sur les performances épuratoires des pilotes filtres imbriqués installés à la commune rurale Talat Mergan (Province du Haouz). Finalement, le travail consiste aussi à réaliser des essais de réutilisation des eaux usées brutes et traitées par filtre imbriqué et d'étudier l'impact de l'irrigation par ces eaux sur l'agro-physiologie des cultures.

Cadre:

- Projet IEA-ONEE/CNEREE-UCA/Shimane University (Japan).
- Projet 'Expanding access to sanitation for unsewered communities in Morocco and Jordan.' FABRI/USAID

Projet financé par le programme FABRI/USAID et IEA/ONEE-Branche Eau.

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Jamila KHALIFA

E-mail : Khalifa.jamila1@yahoo.fr
Laboratoire : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Laila Mandi, FSSM/CNEREE
Pr. Naaila Ouazzani, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche

Étude des caractéristiques physico-chimiques des matériaux utilisés dans un système MSL (filtres imbriqués) pour le traitement des eaux

Court résumé du projet

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à introduire la technologie du MSL (Multi-Soil-Layering ou le filtre imbriqué) pour la première fois au Maroc et à optimiser son fonctionnement vis-à-vis de l'élimination des bactéries témoins de contamination fécale, des pathogènes et des matières organiques afin d'obtenir une qualité d'eau à réutiliser en agriculture répondant aux normes marocaines. L'efficacité de ce système MSL pourrait être améliorée en modifiant la nature des matériaux ou en les substituant par différents matériaux locaux qui seront utilisés comme composants des filtres imbriqués après avoir montré leur capacité épuratoire dans des études préliminaires. Le choix de ces matériaux est avant tout basé sur un compromis technico-économique qui inclut notamment les critères de disponibilité et d'efficacité pour éliminer les pathogènes et les polluants.

La méthodologie à suivre dans ce travail consiste, dans un premier temps, à i) chercher et caractériser ces matériaux et à ii) étudier leur faisabilité comme composants du filtre imbriqué sur un pilote expérimental à l'échelle du laboratoire. Dans une deuxième phase, la solution retenue (à l'échelle du laboratoire), sera mise à l'échelle au niveau d'une station d'épuration pour une petite communauté rurale avec des tests de réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation des champs locaux.

Cadre: Projet de recherche

Projet financé par le CNEREE

Date de début Décembre 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Saloua ELFANSSI

E-mail : elfanssi90@gmail.com
Laboratoires : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Laila Mandi, FSSM/CNEREE
Pr. Naaila Ouazzani, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche

Etude du fonctionnement de la station de traitement des eaux usées par filtres plantés et leur réutilisation en agriculture dans la zone de Tidili (Province du Haouz)

Court résumé du projet

L'évacuation des eaux usées brutes dans la nature et leur réutilisation en irrigation d'une part et la dégradation de l'environnement et la santé des personnes en contact avec ces eaux usées en raison des maladies hydriques qu'elles peuvent causer d'autre part, ont poussé l'association locale de la commune de Tidili (Province du Haouz), en partenariat avec le Centre National d'Etudes et de Recherche sur l'Eau et l'Energie (Université Cadi Ayyad) et la province du Haouz à s'orienter vers la construction d'une station de traitement des eaux usées par filtres plantés hybride en vue de protéger l'environnement et la santé de la population d'une part et de réutiliser les eaux traitées en agriculture. C'est la première expérience de traitement des eaux usées par filtres plantés hybride dans la zone d'étude. Le présent projet vise, d'une part, à suivre les performances épuratoires de la station de traitement des eaux usées de la commune Tidili par filtres plantés et d'en optimiser le fonctionnement. D'autre part, réaliser des essais de réutilisation des eaux usées traitées en agriculture et étudier l'impact des eaux traitées par cette technologie sur les rendements des cultures et sur la physiologie des plantes.

Cadre: Projet d'Assainissement et de Réutilisation des Eaux Usées dans la Zone de Tidili – PAREUZZT

Projet financé par USAID N°M/OAA/GRO/EGAS-DGP-10-00

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Ahmed bouhamed

E-mail : boouhamed1984@gmail.com
Laboratoire : S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Laila Mandi, FSSM/CNEREE
Pr. A. ESSAMI, FLSH, Mohammedia

Les Ressources en Eau dans la Province de Chichaoua :
Contraintes et Aménagement

Titre du projet de recherche

Court résumé du projet

La pollution des eaux constitue une menace importante pour tout développement des ressources hydrauliques dans le bassin de CHICHAOUA. Ce bassin situé dans le centre Est du Maroc caractérisé par l'affleurement des différents temps géologique et un climat aride à semi aride avec des Températures élevées, des précipitations faibles et une forte évaporation en été.

Dans le cadre de la protection et la préservation de ces ressources en eau, l'objectif de cette étude consiste à avoir une idée claire aussi bien sur l'état et la typologie de la qualité des ressources en eaux du bassin hydraulique de CHICHAOUA et sur le support juridique qui cadre avec les objectifs de protection et de préservation de ces ressources.

Les types de pollution les plus détériorant la qualité des eaux dans cette zone (CHICHAOUA) sont surtout les Nitrates (NO_3^-), la conductivité (CE), l'ammonium (NH_4^+) et le pH du Sol pour les eaux souterraines, et le phosphore pour les eaux de superficielles.

Dans la dernière partie de ce travail, on a pu définir à la fois les objectifs de protection et de préservation des eaux et les textes juridiques qui réglementent toute action corrective et préventive visant le développement des ressources hydrauliques.

Cadre: préparation du doctorat à la FLSH, Mohammedia, Département Geographie.

Projet financé par le CNEREE

Date de début Juillet 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Asmae MALIKI

E-mail : asmaemaliki.am@gmail.com
Laboratoire : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrant : Pr. MANDI Laila, FSSM/CNEREE
Pr. OUAZZANI Naila, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Etude de faisabilité pour l'application de la technique de filtres imbriqués (MSL) au traitement des Lixiviats sous climat aride.

Court résumé du projet Mon projet de Doctorat consiste en une étude de faisabilité du traitement des lixiviats de la décharge publique de Marrakech par la technologie des filtres imbriqués (multi-soil-layering) qui se compose de lits perméables et des couches filtrantes avec des matériaux généralement locaux. Il s'agit d'une technique extensive à faible coût. La caractérisation des lixiviats des bassins de la décharge de marrakech a montré qu'il s'agit d'un effluent riche en matière organique difficilement biodégradable (lixiviats stabilisés), par contre les lixiviats récupérés au niveau des camions sont jeunes et ont tendance à être plus facilement biodégradable. Les tests de traitement par filtre imbriqués seront réalisés sur les lixiviats jeunes. L'efficacité épuratoire des filtres imbriqués dans le traitement des lixiviats sera déterminée sous différents régimes de charge polluante et de charge hydraulique avec et sans effet d'aération.

Cadre: Projet de recherche Doctorat

Projet financé par le CNEREE

Date de début Janvier 2014

Date de fin prévue Juillet 2018



KARAFI Kaoutar

E-mail : kaoutar.karafi@edu.uca.ac.ma
Laboratoires : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Mandi Laila, FSSM/CNEREE
Pr. Ouazzani Naaila, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Traitement des eaux grises par des marais reconstruits sous climat aride

Court résumé du projet Dans la perspective de conserver les ressources en eau et de réduire le taux de polluants dans l'environnement, les eaux grises peuvent être traitées et utilisées pour l'arrosage des espaces verts. Les marais artificiels pourraient être une option de "low cost-technologie" pour le traitement des eaux grises afin d'être réutilisées pour contribuer à l'économie de l'eau. L'objectif de cette étude est:

- i) Evaluer l'efficacité de traitement des eaux grises d'une école primaire par un filtre planté à écoulement horizontal d'une part et les eaux grises d'un bain maure par un filtre planté à écoulement vertical d'autre part.
- ii) Explorer les possibilités de réutilisation des eaux grises traitées pour l'arrosage des espaces verts.

Cadre: Projet de recherche Doctorat

Projet financé par le CNEREE

Date de début Janvier 2015

Date de fin prévue Juillet 2018



Axe2
Traitement des eaux usées
industrielles



Yasamine Jaouad

E-mail : yasaminejaouadlhea@gmail.com
Laboratoire : LHEA, FSSM/ S2E,CNEREE
Encadrant(s) : Pr. Naaila Ouazzani, FSSM/CNEREE
Pr. Laila Mandi, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Traitement des rejets des huileries (Margines) par deux techniques : Bioréacteur à membrane et Bioadsorption

Court résumé du projet L'industrie oléicole, qui produit principalement de l'huile d'olive, génère au cours de la trituration des olives des rejets liquides particuliers nommés margines. Ces margines sont très polluantes à cause de leurs fortes charges organiques faiblement biodégradables et hautement toxiques (polyphénols.....). Ce projet de thèse consiste en une étude de dépollution des margines par deux principales techniques de traitement. La première technique étant une méthode biologique innovante reposant sur l'application d'un bioréacteur à membrane au traitement de margine moyennant une acclimatation de la biomasse à ces effluents toxiques. Nous avons, dans un premier volet, essayé de voir les atouts du bioréacteur à membrane dans l'élimination des composés toxiques et récalcitrants pour une épuration maximale de cet effluent. Dans le second volet de ce travail, nous nous sommes intéressés à tester l'efficacité de deux bioadsorbants naturels : la paille et le son du blé dans l'élimination des composés phénoliques les plus toxiques entre autres l'Hydroxytyrosol et le Tyrosol. Des essais de couplage des deux traitements BRM/ bioadsorption seront proposés.

Cadre: Projet de Coopération Maroco-Française au profit du Pôle de compétences restructuré PC2E

Projet financé par le Service de coopération et d'action culturelle française (SCAC)

Date de début Janvier 2011

Date de fin prévue Décembre 2016



Saliha ELABBAS

E-mail : salihaelabbas@gmail.com

Laboratoire : LHEA, FSSM / S2E, CNEREE

Encadrant : Pr. Naaila OUAZZANI, FSSM/CNEREE

Pr Laila MANDI, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Traitement des eaux usées de tanneries par des procédés physico-chimiques combinés à des procédés biologiques : Bioadsorption et Electrocoagulation

Court résumé du projet

La région de Marrakech à l'instar d'autres régions du Maroc, connaît un problème de pollution engendrée par les rejets de tannage au chrome déversés dans les milieux récepteurs sans aucun traitement avec des quantités élevées en substances faiblement biodégradables ainsi que des quantités de chrome qui dépassent largement la limite recommandée $\leq 2\text{mg/l}$. De ce fait, ce projet de Doctorat, a pour centre d'intérêt principal le traitement de ces rejets liquides de tannerie visant à éliminer principalement le chrome. Nous avons testé deux procédés : le premier procédé est un traitement par électrocoagulation en utilisant deux types d'électrodes d'aluminium (Dural et pur). Le second repose sur l'adsorption de chrome sur deux matériaux carbonatés locaux et abondants au Maroc : déchets de coquilles d'œuf et de poudre de marbre. La combinaison des deux procédés sera testé et une évaluation de la toxicité de l'effluent avant et après sera également abordée.

Cadre: Projet de recherche Coopération Maroc-Française au profit du Pôle de compétences restructuré PC2E

Projet financé : Service de coopération et d'action culturelle française (SCAC)

Date de début Octobre 2011

Date de fin prévue Décembre 2016



Amal Oumani

E-mail : oumani.amal@gmail.com
Laboratoire : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Ouazzani Naaila, FSSM/CNEREE
Pr. Mandi Laila, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Utilisation de la nanotechnologie dans le traitement des eaux usées.

Court résumé du projet

Ce projet de Doctorat consiste en l'application de la nanotechnologie pour l'élimination du chrome, des rejets liquides des tanneries.

Les nanoparticules ont des propriétés uniques qui les rendent applicable dans différents domaines de l'environnement, en l'occurrence, en traitement des eaux usées industrielles. Plusieurs applications sont décrites en littérature telles que les nano-membranes pour la purification des eaux, le dessalement des eaux saumâtres, la désinfection, les nano-sensors pour la détection des contaminants, la dégradation photocatalytique des polluants, l'adsorption des métaux lourds et leurs recyclages, etc.

Le présent travail a pour objectif de tester des nanoparticules et de polymère nano composite dans le traitement des eaux usées industrielles, notamment les effluents de tannerie.

Le travail débutera par des essais au laboratoire et d'une optimisation du procédé ; suivi par la mise en place d'un pilote à base de nanofibres.

Le travail s'effectue en collaboration avec l'institut Royal de Technologie (KTH) en suède, leader dans le domaine de synthèse de nanofibres et nanocomposites.

Cadre: Projet de recherche Doctorat

Projet financé par le CNEREE et LHEAC

Date de début Janvier 2012

Date de fin prévue Décembre 2017



Merzouki Hasna

E-mail : merzoukihasna1@yahoo.fr

Laboratoire : S2E, CNEREE /Bioprocédés, FST Béni Mellal

Encadrante : Pr. Hanine Hafida, FST Béni Mellal

Titre du projet de recherche Caractérisation et traitement des lixiviats de la décharge de Fkih Ben Salah

Court résumé du projet la présente étude a pour double objectif : la caractérisation physico-chimique et bactériologique du lixiviat afin d'évaluer et de mettre en évidence l'impact de ce percolât de la décharge du Fkih Ben Salah sur les ressources en eaux de la ville et l'étude du choix du traitement le mieux adapté, en terme technique et éco-environnemental, aux lixiviats générés par la décharge pour les valoriser. Ainsi, différents paramètres ont été étudiés : conductivité, pH, DCO, Métaux, ions....

Cadre: Projet de recherche « Doctorat »

Projet financé Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal et CNEREE

Date de début Décembre 2012

Date de fin prévue Décembre 2017



Mourad OUHAMMOU

E-mail : ouhamoumourad@hotmail.com

Laboratoires : ERIDDECV, FSSM/S2E, CNEREE

Encadrant : Pr. Mostafa MAHROUZ

Titre du projet de recherche : Caractérisation physico-chimique des rejets liquides industriels de l'ITH Tenmar et mise au point d'un éco-procédé de traitement

Court résumé du projet : Le secteur du textile au Maroc est un secteur sensible sur le plan social et sur le plan de compétitivité, le coût de la main d'œuvre, la mutation de ce secteur, l'automatisation et l'innovation, les nouvelles technologies (GPAO, ERE,...) sont des atouts pour perdurer ce secteur. Néanmoins l'environnement acquiert une attention très particulière dans la mesure où l'ITH est un secteur d'activité industrielle très pollueur suite à l'émission des rejets essentiellement liquides contenant des substances chimiques de plus en plus soumis à des restrictions en termes de dose et d'interdiction. C'est dans cet objectif que notre équipe de développement durable en partenariat avec le CNEREE, que la société TENMAR filière d'un groupe international a exprimée les besoins d'innover en matière de réduction d'impact environnemental. Pour répondre de manière efficiente aux besoins de notre collaborateur. 4 besoins ont été exprimés et qui s'inscrivent dans le DD: 1.Veille économique, technologique, scientifique et sanitaire (REACH) sur les procédés de coloration en ITH, les substances utilisées par TENMAR, réglementation marocaine et française dans la mesure où tous les produits fabriqués sont destinés à l'export. 2. Faire un benchmark sur les méthodes d'analyse et les seuils. 3. Vérifier l'efficacité de la station de prétraitement. 4. Vérification de notre procédé de traitement par rapport à cette station de prétraitement.

Cadre: Projte de recherche

Projet financé par ERIDDECV et CNEREE

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Asma LAZRAK

E-mail : Lazrak.asma15@gmail.com

Laboratoires : LHEA - FSSM / S2E -CNEREE

Encadrant : Pr. OUZZANI NAAILA, FSSM/CNEREE
Pr. MANDI LAILA, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Bioréacteur à membrane immergée (BRM) pour un traitement avancé des rejets industriels (cas de la conserverie cartier Saada)

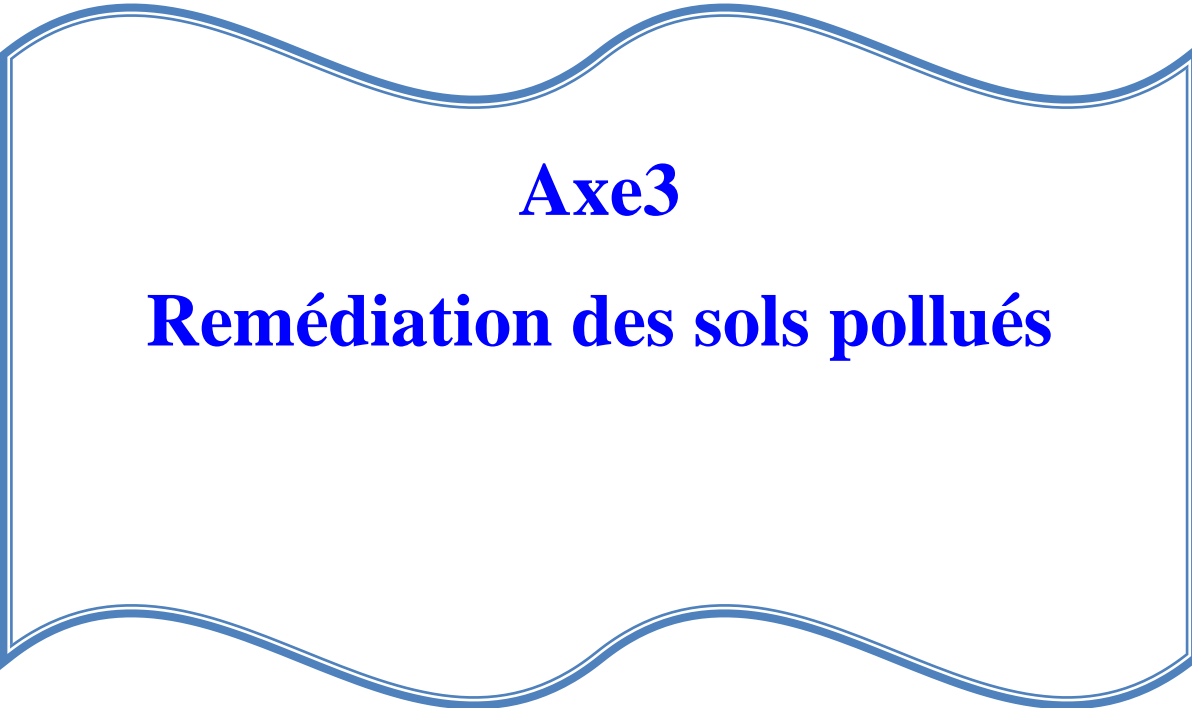
Court résumé du projet L'étude se focalise sur le traitement des rejets liquides d'une conserverie d'olive située à Marrakech par bioréacteur à membrane. Tout d'abord, le travail consistera à étudier la biodégradabilité de ces rejets industriels ; ensuite réaliser leur traitement par deux méthodes : boues activées et bioréacteur à membrane qui sont basés essentiellement sur une épuration biologique par des microorganismes issues de la station d'épuration. Aissi, l'étude porte sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour évaluer les performances épuratoires des deux systèmes de traitement ainsi que l'identification des souches bactériennes responsables de cette épuration. Un dimensionnement du bioréacteur à membrane à l'échelle de l'industrie fera aussi l'objet de ce travail de recherche.

Cadre: Projet de recherche SOWAEUMED

Projet financé par le CNEREE et LHEAC (FSSM)

Date de début Janvier 2014

Date de fin prévue Juillet 2017



Axe3
Remédiation des sols pollués



Laila Midhat

E-mail : laila.midhat@gmail.com
Laboratoire : LHEA, FSSM/S2E, CNEREE
Encadrant : Pr. Mandi Laila, FSSM/CNEREE
Pr. Ouazzani Naaila, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Décontamination des sites pollués par phytoremediation

Court résumé du projet Parmi les principaux polluants générés par les activités minières, les métaux lourds tels que le Cu, le Pb, le Zn... qui posent des problèmes particulièrement préoccupants. En effet, ces éléments, par nature non biodégradables, persistent dans l'environnement et présentent une forte écotoxicité. Il est donc, aujourd'hui, indispensable non seulement de mieux connaître les effets de ces polluants sur l'environnement ainsi que les organismes vivants, mais aussi de mettre en œuvre des solutions durables, visant à limiter leurs risques. Dans ce contexte, les plantes représentent un objet d'étude intéressant. Les méthodes de décontamination par phytoremediation sont des méthodes extensives, faisant recours à des plantes hyperaccumulatrices, pouvant être substituées aux méthodes fastidieuses et très coûteuses. En effet, celles-ci, directement confrontées aux composés toxiques du milieu, pourraient non seulement être utilisées en tant que marqueurs de la toxicité du milieu, mais aussi en tant qu'outil de stabilisation des polluants. Pour répondre à cet objectif, un screening et une sélection des plantes présentes dans le site minier Kettara a été réalisée afin de mettre en évidence des plantes hyperaccumulatrices. De même, une caractérisation physico-chimique des sols de la mine Kettara ainsi qu'une mesure et évaluation de la concentration des métaux lourds dans la partie aérienne et racinaire des plantes étudiées seront réalisées afin d'évaluer la capacité d'accumulation de ces plantes et désigner la végétation la plus adaptée pour un programme de phytoremédiation. Des essais de phytoremediation des sites pollués par les métaux lourds sont aussi en cours de réalisation.

Cadre: Projet de recherche WATERBIOTECH

Projet financé par le CNEREE

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2016



Axe4
Hydrogéologie



Meriem SNINEH

E-mail : meriem.snineh@gmail.com

Laboratoire : S2E, CNEREE

Encadrant : Pr. LAFTOUHI Nour-Eddine, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche

L'apport de la Résonance magnétique des protons et de la Tomographie électrique à la caractérisation hydrogéologique et hydrodynamique de l'aquifère du Haouz central (Marrakech, Maroc)

Court résumé du projet


Ce sujet de thèse est né de constats empiriques. En effet, la gestion intégrée des ressources en eau étant réservée aux seules eaux superficielles par bassin versant, politique hydraulique par Feu Hassan II en 1967 ainsi que la stratégie inaugurée en 2009 par le Roi Mohammed VI, les eaux souterraines ne sont qu'estimées, en l'absence de quantification. Quant à l'exploitation de ces eaux, il est à noter que la localisation des forages se fait encore de manière traditionnelle, ce qui épuise les nappes phréatiques et rend le sol vulnérable à l'érosion. L'exploitant, lui aussi, en ressent les effets puisqu'il n'a aucun détail sur la profondeur des eaux ni sur le débit convenable à l'exploitation. Le présent projet de recherche s'inscrit dans cette problématique en soulevant la question de l'évaluation des eaux souterraines. Pour répondre à ces questions, nous avons fait appel à la géophysique précisément la RMP pour la quantification des eaux souterraines et la Tomographie électrique pour la caractérisation structurale de l'aquifère.

Cadre: Projet de recherche Doctorat

Projet financé par le CNEREE

Date de début Janvier 2014

Date de fin prévue Décembre 2018



**Laboratoire Energies
renouvelables et efficacité
énergétique (EnR2E)**



Axe1
Efficacité énergétique dans le
bâtiment

Mustapha BOUMHAOUT



E-mail : Mustapha.boumhaout@edu.uca.ac.ma
Laboratoire : EnR2E, CNEREE
Encadrants : Pr. Hamdi Hassan, FSSM/CNEREE
Pr. Boukhattem Lahcen, ENSA Safi/CNEREE
Pr. Benhamou Brahim – FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Caractérisation thermophysique des matériaux de construction et étude de leur réponse à des conditions climatiques déterminées

Court résumé du projet Ce projet de Doctorat concerne la caractérisation thermophysique des matériaux de construction utilisés dans la région de Marrakech, l'élaboration de nouveaux matériaux écologique (composites) et leur caractérisation. Par la suite la réponse thermique de ces matériaux sera étudiée au moyen de simulation numérique. Pour la caractérisation thermophysique des matériaux, deux bancs expérimentaux seront utilisés. Le premier banc utilise la cellule EI700 ; il est basé sur la méthode de caractérisation thermophysique dite « méthode des boîtes ». Cette méthode permet de mesurer simultanément la conductivité et la diffusivité thermique du matériau après traitement des résultats de mesure de température en régimes intermittent et transitoire acquises grâce la chaine de mesure Fluke_EI700. Une procédure d'automatisation de l'acquisition et traitement des données doit être réalisée. Le deuxième banc de mesure utilise la cellule FP2C munie par deux sondes : une sonde à fil chaud pour mesurer la conductivité thermique en régime quasi-établie, et une sonde plan chaud pour mesurer l'effusivité thermique en régime transitoire. Après, on va étudier les propriétés mécaniques des matériaux sélectionnés.

Cadre: Projet de recherche RafriBat

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



My El Hadi DRISSI LAMRHARI

E-mail : elhadi.drissi@ced.uca.ac.ma

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrant : Pr. Benhamou Brahim, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Modélisation dynamique d'un appartement typique à Marrakech et propositions pour améliorer ses performances énergétiques.

Court résumé du projet L'objectif de ce projet de Doctorat est l'étude du comportement thermique d'un appartement typique à Marrakech et de développer des combinaisons en termes de caractéristiques techniques et architecturales dans le but de participer à l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'appartement. En utilisant le logiciel TRNSYS, la modélisation dynamique de l'appartement permettra en premier lieu de déterminer et d'hierarchiser les facteurs influençant la charge thermique à l'intérieur de l'habitation et en deuxième lieu de pouvoir trouver la meilleure conception technique et architecturale à même d'assurer une charge thermique (de rafraichissement et de chauffage) dans son niveau minimal et de rendre ainsi l'appartement énergétiquement efficace. L'étude est basée essentiellement sur la simulation de l'appartement avec différentes variantes d'isolation thermique et de positions verticales (étages). Une validation expérimentale par un suivi de température et d'humidité de l'air à l'intérieur de l'appartement est envisagée afin de valider la modélisation.

Cadre: Projet de recherche RafriBat

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Issam SOBHY

E-mail : issam.sobhy@edu.uca.ma

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrants : Pr. Abderrahim BRAKEZ, FSSM/CNEREE
Pr. Benhamou Brahim, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Modélisation dynamique et monitoring d'une maison moderne à Marrakech : propositions pour améliorer ses performances énergétiques

Court résumé du projet Ce projet de Doctorat consiste en une étude aussi bien expérimentale que numérique du potentiel de rafraîchissement de quelques systèmes passifs incorporés à une maison type « moderne » à Marrakech. Le logiciel commercial TRNSYS de simulation dynamique du comportement transitoire des systèmes thermiques est utilisé pour réaliser la modélisation sur une année climatique de la charge thermique de la maison. Différentes solutions de réduction de cette charge à travers l'intégration de systèmes passifs de rafraîchissement/chauffage seront considérées. Une comparaison entre ces solutions permettra de proposer la meilleure solution afin de rendre cette maison énergétiquement efficace. Une étude expérimentale est menée en parallèle. Elle consiste en un suivi (monitoring) de la maison à travers la mesure des températures et humidités de l'air dans différentes zones. Ces mesures serviront à valider l'étude numérique. Un diagnostic thermique à travers des prises d'images par caméra thermique IR est aussi réalisé.

Cadre: Projet de recherche RafriBat

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Juin 2017



Hicham MASTOURI

E-mail : hicham.mastouri@ced.uca.ac.ma
Laboratoire : EnR2E, CNEREE
Encadrants : Pr. BENHAMOU Brahim, FSSM/CNEREE
Pr. HAMDI Hassan, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Simulation dynamique et suivi expérimental des performances énergétiques des systèmes passifs intégrés à un bâtiment résidentiel type villa dans la ville verte de Benguerir.

Court résumé du projet La simulation dynamique est réalisée au moyen du logiciel de simulation transitoire des systèmes énergétiques TRNSYS. Le comportement thermique des bâtiments est simulé par le modèle multizone (TYPE 56) sur une année typique. Les températures sont calculées dans les différentes pièces de la villa et la charge thermique de chauffage et de refroidissement en est déduite sur la base de températures de consigne fixées selon la norme NM ISO 7733.

Un suivi expérimental de la villa sera réalisé par la mesure des températures et humidités de l'air dans les différentes pièces ainsi que toutes les grandeurs météorologiques in-situ. La confrontation des résultats de la simulation avec ceux issus du suivi expérimental permettra de valider le code de calcul et aussi d'analyser le comportement réel des bâtiments.

Cadre: Projet RafriBat

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Mohamed KHABBAZ

E-mail : mohamed.khabbaz@ced.uca.ac.ma

Laboratoire : EnR2E , CNEREE

Encadrants : Pr. Brahim BENHAMOU, FSSM/CNEREE

Dr Karim LIMAM, Univ. La Rochelle, France

Titre du projet de recherche Étude numérique et expérimentale d'un échangeur de chaleur air-sol pour le rafraîchissement des bâtiments à Marrakech.

Court résumé du projet L'objectif de ce projet de recherche est d'évaluer, numériquement et expérimentalement, les performances énergétiques d'un échangeur de chaleur air-sol (EAHX) communément appelé "*puits canadien*" dans le climat de Marrakech. Il s'agit de déterminer avec précision la plus-value qu'apportera EAHX couplé avec un bâtiment résidentiel, pour réduire sa charge thermique et contribuer à rendre le bâtiment énergétiquement efficace.

Le principe du EAHX consiste à exploiter la géothermie du sol via des tubes enterrés, par où passe l'air extérieur avant d'être soufflé dans le bâtiment. Le but étant de rapprocher la température de l'air soufflé de celle du sous sol, qui est pratiquement constante à partir d'une profondeur de 3m et égale à la température moyenne annuelle (soit 20°C à Marrakech). Un état de l'art sur les EAHX, montre que leurs performances thermiques dépendent fortement de la nature du climat et du sol. Son application en un lieu donné devra donc se faire spécifiquement pour ce lieu.

La modélisation du EAHX est réalisée avec le logiciel de simulation dynamique des bâtiments TRNSYS. Elle permettra de quantifier ses performances thermiques afin d'optimiser les paramètres de son fonctionnement (diamètre & longueur des tubes, profondeur d'enfouissement, débit...).

Par ailleurs, des études expérimentales sont menées à travers des mesures de température et d'humidité de l'air dans un EAHX existant à Marrakech. Ces expérimentations permettront de mesurer ses performances avec différents scénarios de fonctionnement et aussi de valider le modèle numérique adopté et éventuellement l'ajuster.

Cadre: Projet de recherche RafriBat & Cotutelle Université Cadi Ayyad & Université de La Rochelle France (Projet de recherche du *Pole de Compétences energie*)

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2016



Salah Kachkouch

E-mail : s.kachkouch@ced.uca.ac.ma

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrant : Pr. Benhamou Brahim, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Etude expérimentale et modélisation dynamique des systèmes passifs de rafraîchissement d'air dans le bâtiment.

Court résumé du projet Ce projet de Doctorat consiste en une étude expérimentale des systèmes passifs choisis suite à un état de l'art mondial. Cette étude expérimentale sera menée sur le site de la faculté des Sciences Semlalia de Marrakech par l'intermédiaire des cellules-test grandeur nature (cellules d'habitation dites *outdoor cell test*). Ces systèmes passifs seront aussi puisés dans la tradition nationale et internationale -surtout méditerranéenne- de construction bio-climatique (toit blanc, occultations du toit, *matériaux de construction adaptés, evaporative cooling, ...*). Cette étude expérimentale permettra d'évaluer, in-situ, la contribution de chaque système étudié à la diminution de la charge thermique et l'amélioration de la performance énergétique de la cellule-test. L'étude expérimentale sera appuyée par une simulation numérique qui permettra de dimensionner ces systèmes à travers une étude paramétrique et qui permettra également de valider les résultats obtenus dans l'étude expérimentale. Une modélisation dynamique (simulation du comportement thermo-aéraulique au cours du temps) de ces cellules-test avec ou sans les systèmes passifs sera réalisée. Le but et l'originalité de ce travail est de déterminer l'effet des systèmes passifs choisis sur la performance énergétique des bâtiments situés dans la région de Marrakech. L'outil utilisé pour la modélisation est le logiciel commercial TRNSYS, dont UCAM détient les licences.

Cadre: Projte de recherche RafriBat & Cotutelle Université Cadi Ayyad & Université de La Rochelle France (Projet TOUBKAL TBK 16-28)

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2014

Date de fin prévue Décembre 2018



Abdelhamid NOUFID

E-mail : a.lhamid.nou@gmail.com

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrant : Pr. BELATTAR SOUGRATI, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Modélisation numérique et méthodes de la thermographie infrarouge appliquées au contrôle non destructif des structures de barrages.

Court résumé du projet En plus de leurs vieillissement, les structures de barrages sont de manière générale soumises en permanence à des changements climatiques et donc à des variations de température très importantes, d'où la nécessité d'un contrôle régulier pour prévenir d'éventuels problèmes de fissures, corrosion affaiblissement... Le contrôle thermique non destructif de ces structures en est très important dans la contribution à leur sécurité de et à l'allongement de leur durées d'exploitation. Sur le plan expérimental, le principe de la méthode consiste à prendre des images thermographiques de ces structures et de les analyser pour détecter d'éventuels défauts internes. La présence d'anomalies se traduira par l'apparition de contraste de températures sur la surface à contrôler.

Le travail proposé dans ce sujet consiste en l'élaboration d'une méthode numérique pour la caractérisation de ces défauts à travers des simulations tenant compte des caractéristiques physiques et géométriques de ces défauts. Cette méthode servira de moyen de prévention de detection de ces anomalies qui sont de type généralement de type fissures , corrosion ...etc.

Cadre : Doctorat de recherche

Projet financé : CNEREE

Date de début Avril 2015

Date de fin prévue Mars 2016



Fatima Ezzahra LAFQIR

E-mail : lafqirfatima@gmail.com

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrant : Pr.Benhamou Brahim, FSSM/CNEREE

Titre du projet de recherche Modélisation dynamique et étude expérimentale du bâtiment AMYS (Marrakech) intégrant des systèmes passifs de rafraîchissement/chauffage d'air

Court résumé du projet Mon projet de Doctorat consiste à réaliser la modélisation dynamique, c'est-à-dire simuler le comportement thermo-aéraulique au cours du temps, du bâtiment dit AMYS, de type villa situé dans la banlieue de Marrakech. L'objectif principal est de déterminer l'effet des systèmes passifs intégrés à ce bâtiment (isolation thermique, protections solaires, inertie thermique).

La première partie consiste à calculer la charge thermique de ce bâtiment avec ou sans ces systèmes passifs afin de déterminer avec précision leur apport bénéfique au bâtiment surtout en terme de rafraîchissement d'air sans oublier son chauffage. L'outil utilisé pour la modélisation est le logiciel commercial TRNSYS et TRNFLOW ; les résultats de la modélisation seront comparés avec les résultats de l'étude expérimentale à travers le monitoring du bâtiment AMYS qui a été mené durant plusieurs jours en été et en hiver ; et suite à la simulation dynamique de la maison AMYS des propositions d'amélioration de son efficacité énergétique seront formulées ;

La deuxième partie sera consacré à faire une étude paramétrique des différents systèmes passifs utilisés dans le bâtiment afin de déterminer l'apport de l'intégration de chaque système en terme de rafraîchissement et en chauffage et en faisons une étude d'impact environnemental, économique et également comparative avec les dispositions du règlement thermique de construction au Maroc pour la région de Marrakech

Cadre: Projet de recherche RafriBat & Projet TOUBKAL TBK 16-28 (Université de La Rochelle France)

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques & Coopération Maroc-France (TOUBKAL TBK 16-28)

Date de début Janvier 2015

Date de fin prévue Décembre 2018



Naima SAKAMI

E-mail : sakami.na3@gmail.com

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrant : Prof. Hassan HAMDI, FSSM/CNEREE

Dr. Lahcen BOUKHATTEM, ENSA Safi / CNEREE

Titre du projet de recherche Simulation numérique des transferts de chaleur entre un bâtiment semi-enterré et le sol dans la région de Marrakech.

Court résumé du projet Ce travail propose d'étudier le type de bâtiments semi-enterrés dans le but d'améliorer leur confort thermique et diminuer la facture de l'énergie. En effet, deux approches ont été adoptées : d'abord un calcul des flux thermiques échangés entre le sol et le bâtiment semi-enterré en utilisant la méthode des différences finies en configuration tridimensionnelle. En suite, l'utilisation du logiciel commercial TRNSYS, de simulation dynamique du comportement transitoire des systèmes thermiques, pour la modélisation d'un bâtiment semi-enterré réel à Marrakech (Maison Amer Ben Slama). Ces deux approches permettront d'analyser l'effet de certains paramètres sur les échanges thermiques et la température interne du bâtiment. Une étude expérimentale est réalisée en parallèle et qui consiste à un suivi des températures internes de la maison semi-enterrée étudiée sur deux périodes de l'année (période chaude et période froide), ces mesures vont servir pour la validation des résultats numériques.

Cadre: Projete de recherche RafriBat

Projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2017



Axe2
Dessalement solaire



Samah NACIRI

E-mail : samah.naciri@edu.uca.ac.ma
Laboratoire : EnR2E, CNEREE
Encadrant : Pr. Brahim BENHAMOU, FSSM/ CNEREE
Dr. Naima NAFIRI, FSSM

Titre du projet de recherche Etude numérique et expérimentale d'une unité de dessalement fonctionnant à l'énergie solaire

Court résumé du projet Mon projet de Doctorat consiste en une étude aussi bien expérimentale que numérique d'une unité de dessalement fonctionnant à l'énergie solaire et basée sur le procédé thermique d'humidification-déshumidification. Ce procédé reproduit le phénomène naturel d'évaporation-condensation qui génère la pluie. Cette unité est constituée principalement d'un humidificateur et d'un condenseur. Dans l'humidificateur est réalisée l'humidification de l'air par évaporation de l'eau saline. L'eau distillée est récupérée dans le condenseur par refroidissement de l'air humide issu de l'humidificateur. L'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est fournie par l'énergie solaire à travers un capteur à air ou/et à eau.

La particularité de l'unité étudiée est que l'évaporateur combine le capteur solaire à air. Il s'agit ici de modéliser l'unité en entier avec ses deux principaux composants: l'évaporateur et le condenseur. Un modèle mathématique qui décrit les transferts de chaleur et de masse au sein des ces deux composantes du système de dessalement est ainsi établi. Le code de calcul construit pour la résolution de ces équations sera validé en comparaison avec les résultats expérimentaux obtenus lors de mon stage en sein du laboratoire partenaire en Tunisie sur une unité de dessalement étudiée en conditions réelles. Une étude paramétrique permettra de concevoir une unité de dessalement optimisée qui sera fabriquée.

Cadre: Projets de coopération Maroc-Tunisie SolHDD 2006, 2012 & 2016 (réf. 41-MT-06, 12-MT-05 & 16-MT-01)

Projet financé par le CNEREE

Date de début Janvier 2014

Date de fin prévue Décembre 2018



Mrij Abdellah

E-mail : mrijabdellah@gmail.com

Laboratoire : EnR2E, CNEREE

Encadrants : Pr. Kouhila Mohammed, ENS/CNEREE

Titre du projet de recherche Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse et évaporation en utilisant l'énergie solaire

Court résumé du projet Ce projet de Doctorat a comme objectif l'exploitation des énergies et spécifiquement l'énergie solaire afin de résoudre la problématique des besoins en eau douce dans des régions arides. En effet, les procédés de dessalement sont tellement chers et se basent sur les sources de l'énergie conventionnelle. Alors comme alternative, il paraît que l'implémentation de l'énergie solaire minimise les besoins énergétiques et rend la technologie de dessalement plus rentable et économique. Pour l'osmose inverse, notre étude est fondée sur une pompe assurant la pression osmotique par moins d'énergie. Plutôt pour le dessalement par évaporation, on a fait la conception d'un concentrateur solaire et un évaporateur approprié de telle sorte d'avoir la distillation par hautes performances.

De plus pour avoir une utilisation optimale pour les deux techniques on a fait le suivi automatique des radiations solaires et on s'est servi des accumulateurs à haute qualité pour le stockage de l'énergie. Comme perspective, on verra comment ce procédé peut contribuer à la génération de l'énergie.

Date de début Janvier 2013

Date de fin prévue Décembre 2018