

**MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA  
FORMATION DES CADRES ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**DEPARTEMENT DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,  
DE LA FORMATION DES CADRES ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**CENTRE NATIONAL POUR LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

**PROGRAMME D'ACQUISITION D'ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES  
AU PROFIT DES PÔLES DE COMPÉTENCES**

**Appel à propositions de projets de recherche au titre de 2009**

**DOC.1**

**FORMULAIRE DE DESCRIPTION ET DE PRÉSENTATION DES PROJETS**

**Projet II**

**Étude des phénomènes de transfert**

**Février 2009**

**PROGRAMME D'ACQUISITION D'EQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES  
AU PROFIT DES PÔLES DE COMPETENCES**

**I. IDENTIFICATION**

N° :

*Thématique générale du pôle : Modélisation, Expérimentation, Caractérisation*  
**Calcul en mécanique**

*Sous thématiques : Phénomènes de transferts*

*Intitulé du projet : Etude des phénomènes de transferts.*

*Durée du projet : 3 ans*

*Mots clés définissant le projet : matériaux du bâtiment, matériaux à changement de phase (MCP), milieux poreux, sols, transferts thermiques couplés, transfert hydrique, transfert de masse, caractérisation expérimentale, simulation numérique*

**I.1. COORDONNATEUR NATIONAL DU PROJET**

*Nom : OUAZZANI TOUHAMI*

*Prénom : Mohammed*

*Fonction : Enseignants Chercheur*

*Grade : PES*

*Laboratoire : Mécanique*

*Département : Physique*

*Etablissement : Faculté des Sciences Ain Chock*

*Adresse : B.P. 5366, Casablanca*

*Ville : Casablanca*

*Tél : 06 6309 66 74*

*Fax : 05 22 23 06 80*

*E mail : [touazzani@hotmail.com](mailto:touazzani@hotmail.com)*

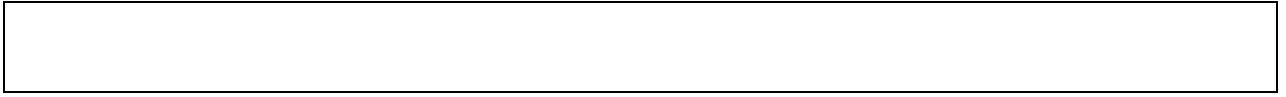
**I.2. LABORATOIRES/EQUIPES<sup>1</sup> IMPLIQUES DANS LE PROJET**

Laboratoire/Equipe	Etablissement	Responsable
Laboratoire Interdisciplinaire en Ressources Naturelles et en Environnement	Faculté des Sciences de Kénitra	A. MASLOUHI
Equipe de thermique du bâtiment	Faculté des Sciences Semailia	A. ABDELBAKI
Equipe des Transferts Thermiques et énergétique	Faculté des Sciences et Techniques de Tanger	A. DRAOUI
Equipe de modélisation et simulation des systèmes mécaniques	Faculté des Sciences de Tétouan	L. ELBAKKALI
Equipe de Recherche : Systèmes Thermiques et Ecoulements Réels	EMI - Rabat	A. CHEDDADI
Equipe de recherche appliquée sur les polymères	ENSEM	J. ECHAABI

**II. VALIDATION DU PROJET**

Signatures du Président de l'Université et du chef d'établissement abritant le point focal national du pôle	
Le Président	Le Chef d'établissement
Nom, Prénom et signature du Coordonnateur national du pôle	

<sup>1</sup> Concernant les équipes, ne sont admises à participer au présent appel à projets que les équipes autorisées à être membres du pôle.



### III. PRESENTATION DU PROJET

#### III. 1. Description du projet

Les recherches tant théoriques, numériques qu'expérimentales dans le domaine des phénomènes de transfert (chaleur, matière et quantité de mouvement) connaissent ces dernières années un développement certain en raison de très nombreux domaines d'application :

- Génie pétrolier, chimique, agricole et civil ;
- Technologie des semi-conducteurs, des matériaux de construction et du bâtiment ;
- Efficacité Energétique des Bâtiments ;
- Aéronautique ;
- Géothermie ;
- Environnement ;
- Changements Climatique ;

Deux volets peuvent être considérés, l'un plus fondamental, relatif aux méthodes d'analyse et de concepts, l'autre, plus pratique concernant le développement de techniques et de recherches à caractère finalisé. Dans le cadre de ce projet, nous proposons de mener deux types d'études relatives aux phénomènes de transferts.

La première étude concerne la maîtrise des différents mécanismes de transfert thermique se développant au sein des bâtiments y compris ses parois afin de pouvoir estimer, avec une précision satisfaisante, les différents échanges de chaleur et de masse entre ce dernier et son environnement. Ceci concerne tous les types de bâtiment à savoir ceux destinés à l'habitat, à l'industrie et à l'agriculture.

On s'intéressera particulièrement à la résolution fine du problème de couplage conduction-convection-rayonnement au sein des structures alvéolaires utilisées dans l'enveloppe du bâtiment, notamment, les briques creuses en terre cuite ou en béton utilisées pour la construction des murs verticaux et les hourdis utilisés dans les planchers. Une attention particulière sera donnée aux doubles parois alvéolaires (murs alvéolaires séparés par une lame d'air) qui sont très utilisées actuellement dans l'enveloppe du bâtiment. Des études paramétriques s'avèrent nécessaires pour l'optimisation des facteurs les plus influents sur le comportement thermique des parois alvéolaires envisagées, et par suite, sur le confort thermique des occupants et/ou sur les charges thermiques de chauffage ou de climatisation. Ces études font appel à l'élaboration et/ou l'utilisation de codes informatiques puissants qui permettent une résolution fine des équations gouvernant les différents modes de transfert thermique, généralement, couplées et non linéaires. Ensuite, les résultats de l'étude fine seront exploités pour la génération de coefficients caractéristiques qui pourront être utilisés par les ingénieurs pour estimer de manières simples et rapides les échanges de chaleur à travers ces parois sans faire la résolution lourde et coûteuse des équations complexes traduisant les trois phénomènes de transfert thermique.

Cette étude concerne aussi les transferts de chaleur se manifestant, lors de la fusion et/ou solidification, dans les matériaux à changement de phase (MCP). Ces derniers peuvent être utilisés comme masse thermique interactive dans un bâtiment pour maintenir le confort thermique des occupants si une température de changement de phase appropriée est choisie. Les MCP qui peuvent absorber ou libérer une grande quantité de chaleur latente au cours de leur changement de phase du liquide au solide ou vice versa, ont le potentiel de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments. Contrairement à un système monophasique, le transfert de chaleur dans les MCP est assez complexe. Cette complexité est due à la présence des phases solide et liquide, séparées par une interface mobile et dont la forme est a priori inconnue. Ainsi, la compréhension du comportement thermique et l'optimisation de la performance thermique de l'environnement construit, incorporant les MCP, nécessitent une modélisation fine des différents modes de transfert de chaleur mis en jeu, lors du changement de phase, et une étude de sensibilité aux paramètres de contrôle les plus influents.

Les objectifs de cette première étude visent l'amélioration, d'une part de l'efficacité énergétique des bâtiments qui constitue un des axes prioritaires du Ministère de l'Energie et des Mines pour l'économie de l'énergie et d'autre part de la qualité de l'air intérieur puisque nous passons plus de 80% de notre temps dans des bâtiments.

La deuxième étude concerne les transferts hydriques et de polluants dans les sols. Ce phénomène qui contribue à la dégradation de l'environnement et à l'épuisement et la contamination de certaines de ses ressources naturelles telle que l'eau, est dû essentiellement aux mauvaises pratiques culturales (excès des éléments fertilisants et des produits phytosanitaires, fragilisation des sols par des méthodes culturales trop agressives, etc.). En effet, la mobilité et la persistance des polluants dans le sol sont essentiellement dues à un ensemble de processus biologique, chimique et physique et parmi les facteurs déterminants qui peuvent affecter la mobilité, l'absorption et la teneur en eau, on peut citer la quantité de la matière organique contenue dans le sol et les effets de recharge. Les mécanismes de transfert impliqués sont compliqués. En effet dans une situation réelle de terrain, le type et le degré d'une réaction sont souvent contrôlés par un ou plusieurs processus. Par exemple, les quantités de dégradés dans la zone racinaire vont dépendre principalement du temps de séjour et du taux de

dégradation. Le temps de séjour, lui va dépendre de la durée de la désorption, de la dynamique de l'écoulement de l'eau et du transport du corps dissous, alors que le taux de dégradation va dépendre de l'activité biochimique et de sa disponibilité biologique. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui concerne un volet expérimental qui a pour objet la caractérisation des sols étudiés afin de déterminer les paramètres essentiels intervenant dans les différents transferts (teneur en eau, conductivité hydraulique, perméabilité, dispersivité) et un volet numérique concernant la modélisation de tous les phénomènes du transport.

### **III.2. Objectifs**

Pour ce projet, on se fixe des objectifs au niveau de la recherche fondamentale, du développement et de l'application :

Ces différentes recherches viseront :

#### ***Pour le transfert thermique au niveau du bâtiment***

- Au développement de méthodes adéquates pour l'estimation des transferts thermiques à travers les parois alvéolaires des bâtiments ;
- A l'élaboration de codes informatiques pour la simulation numérique, en régimes permanent et variables, des transferts thermiques couplés ;
- A l'optimisation des paramètres les plus influents sur le comportement thermiques des systèmes étudiés et par suite le confort thermique des occupants et/ou sur les charges thermiques de chauffage ou de climatisation
- A la proposition d'autres types de structures alvéolaires permettant d'améliorer le confort thermique et de réduire les charges de chauffage ou de climatisation
- A la génération de banques de coefficients caractéristiques qui permettent d'estimer de manières simples et rapides les échanges de chaleur à travers ces parois sans faire appel à la résolution lourde et coûteuse des équations complexes traduisant les trois phénomènes de transfert thermique, à savoir, les coefficients d'échange global (U) pour les études en régime permanent et les coefficients de la fonction de transfert (CFT) pour le régime variable.
- Amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ;
- Amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments ;

#### ***Pour le transfert thermique dans les matériaux à changement de phase***

- A l'étude des processus de transferts de chaleur transitoires lors du changement de phase dans un MCP ;
- A l'élaboration d'un modèle mathématique robuste régissant le comportement et la performance thermiques d'un accumulateur local d'énergie par chaleur latente de fusion, intégré dans l'environnement construit ;
- Au développement d'un code de calcul pour la réalisation des investigations numériques des transferts thermiques en présence de changement de phase ;
- A l'analyse et la quantification des effets des divers paramètres et stratégies de stockage/déstockage permettant d'optimiser le stockage de chaleur (configuration du MCP, type de MCP, nombre de MCP, dimension de l'enceinte de stockage, etc.) et le déstockage de chaleur (débit d'air, etc.) dans un accumulateur local.
- Optimisation de la performance thermique de l'accumulateur en vue de minimiser les charges de chauffage et de climatisation, pour différentes données climatiques.

#### ***Pour les transferts hydrique et de soluté dans les sols***

- A l'étude des mécanismes d'écoulement de l'eau et de transport et de transformation des solutés dans une matrice poreuse.
- A la caractérisation hydrodynamique des sols.
- A la génération d'une base de données expérimentale complète sur les caractéristiques hydro-dispersifs, les paramètres physico-chimiques générées à partir des parcelles expérimentales étudiées.
- Au développement d'un code numérique robuste d'écoulement d'eau et de transport de polluants dans le sol, intégrant le transport des matières organiques, l'adsorption et la dégradation microbiologique. Ce modèle intégrera également certains phénomènes complexes, tels que les effets des écoulements préférentiels sur le transport.

### **III.3. Méthodologie**

La méthodologie et le plan de travail, proposés sont basés sur la collecte des données expérimentales et des simulations numériques. Cette démarche, permettra une meilleure compréhension des mécanismes

complexes intervenant lors du transfert thermique dans les parois de bâtiment et de transfert hydrique et de soluté dans la zone non saturée d'un sol.

#### ***Transfert thermique au niveau du bâtiment***

- Caractérisation des structures alvéolaires disponibles dans le marché des éléments de construction et ce en mesurant leurs propriétés physiques (conductivité thermique, masse volumique, diffusivité thermique, ...) et leurs dimensions géométriques ;
- Etablissement des modèles mathématiques traduisant les différents phénomènes thermiques qui se développent au sein des différents systèmes envisagés ;
- Discrétisation des équations régissant en utilisant la méthode des volumes finis ;
- Développement et/ou adaptation des codes informatiques en se basant les algorithmes appropriés ;
- Réalisation des études d'optimisation sur les paramètres de simulation (maillages, pas de temps, facteurs de relaxations, ...) pour les différentes configurations considérées ;
- Etude numérique et/ou expérimentale des comportements thermiques des systèmes énergétiques pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ;
- Modélisation des Transferts de Polluants au sein des bâtiments pour l'amélioration de la qualité de l'Air

#### ***Transfert thermique dans les matériaux à changement de phase***

- Choix et caractérisation des matériaux à changement de phase les mieux adaptés aux applications liées au confort thermique (température de fusion, chaleur latente de fusion, etc.).
- Développement et discrétisation des équations de conservation régissant le comportement thermique du système proposé.
- Vérification et validation du modèle mathématique développé par des résultats analytique, numérique et/ou expérimentale.
- Investigations numériques et/ou expérimentale.

#### ***Transferts hydrique et de soluté dans les sols***

Pour cette étude, nous disposons actuellement de résultats des différentes campagnes d'échantillonnage (paramètres hydrodispersifs) et de données complémentaires collectées dans le cadre de plusieurs études de recherche in situ effectuées sur des sols de différentes natures. Concernant ces données, un travail de synthèse sera effectué. Au niveau de la station expérimentale considérée, seront utilisées différentes parcelles d'étude où seront effectués des essais de traçage (Bromure) et de transport de polluants dans le but d'analyser les différents processus physiques et biochimiques ayant lieu dans la zone non saturée.

D'autre part, on effectuera une analyse des données disponibles et ceci dans le but de caractériser les composés qui sont appliqués au niveau de la zone d'étude. Parallèlement, on effectuera des expériences in situ sur parcelles expérimentales sous irrigation en fonction des conditions d'utilisation. Des essais infiltrométriques seront menés pour mesurer la conductivité hydraulique à différentes profondeurs du sol de la parcelle, des mesures de température seront aussi effectuées. Les données météorologiques seront fournies par la station située dans la zone d'étude. Les mesures de concentration des polluants et de traceurs à différentes profondeurs seront obtenues à partir d'échantillons du sol non remanié et d'analyse au laboratoire des paramètres physico-chimiques correspondants. Par ailleurs, pour évaluer le potentiel de drainage des sols étudiés, des essais relatifs à l'érosion interne des sols seront effectués ;

Pour la modélisation, il est prévu de développer un modèle numérique pouvant simuler l'écoulement de l'eau et le transport de polluants dans le sol. Comme l'équipe impliquée a eu déjà l'occasion de développer dans le cadre d'autres études (nitrate), un code numérique (VZM) pour simuler les flux hydrique et le transport de contaminant dans le sol. Ce code basé sur un schéma à différences finies implicite et prévu pour un transport vertical fera l'objet de certaines rectifications, il sera adapté et appliqué aux conditions et aux objectifs définis dans le présent projet (transport des pesticides). Le modèle intégrera également certains phénomènes complexes, tels que les effets des écoulements préférentiels sur le transport. Après calibration et validation, le code finalisé sera appliqué à un cas réel, et permettra ainsi, de simuler différents scénarios de gestion agricole. Cette méthodologie basée sur la confrontation de la simulation numérique avec les données expérimentales permettra une meilleure compréhension des mécanismes complexes intervenant lors du transport de pesticides dans les sols étudiés, et ceci dans le but d'obtenir une gestion agricole plus efficace, et qui respecte le milieu naturel.

### **III.4. Plan de travail et calendrier d'exécution**

#### ***Transfert thermique au niveau du bâtiment***

##### **1<sup>ère</sup> année :**

- Caractérisation des structures alvéolaires disponibles dans le marché en mesurant leurs propriétés physiques et leurs dimensions géométriques.
- Modélisation des transferts thermiques qui se développent au sein de des différents systèmes envisagés.
- Développement et/ou adaptation des codes informatiques en se basant les algorithmes appropriés.
- Réalisation des études d'optimisation sur les paramètres de simulation (maillages, pas de temps, facteurs de relaxations, ...) pour les différentes configurations considérées.

##### **2<sup>ème</sup> année :**

- Etude numérique et/ou expérimentale des comportements thermiques des systèmes considérés.
- Analyse et interprétation des résultats obtenus ;
- Modélisation des Transferts de Polluants au sein des Bâtiments pour choisir les systèmes ;

##### **3<sup>ème</sup> année :**

- Réalisation des études d'optimisation des facteurs les plus influents sur les comportements thermiques des structures étudiées.
- Proposition d'autres configurations qui permettent d'améliorer le confort thermique des occupants et/ou de réduire les charges thermiques de chauffage ou de climatisation, c'est-à-dire l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et la qualité de l'air ;
- Génération, par indentation, des coefficients d'échange global (U) et/ou des coefficients de la fonction de transfert (CFT) pour chacun des systèmes étudiés.
- Rédaction d'articles et de rapports de synthèse

#### ***Transfert thermique dans les matériaux à changement de phase***

##### **1<sup>ère</sup> année**

- Procéder à une étude bibliographique pour s'imprégner de l'état actuel de la recherche sur les systèmes de stockage d'énergie par chaleur latente de fusion.
- Etude critique des travaux antérieurs afin de pouvoir situer le présent sujet et définir son originalité.
- Elaboration d'un modèle mathématique basé sur les équations de conservation de l'énergie régissant les différents modes de transfert de chaleur lors de la fusion (période de charge) et de solidification (Période de décharge) du MCP.
- Elaboration d'un code de calcul pour la résolution des équations algébriques résultant de l'intégration des équations gouvernantes du système.

##### **2<sup>ème</sup> année**

- Validation du modèle mathématique développé.
- Conduite des investigations numériques et étude de sensibilité du système de stockage aux différents paramètres de contrôle.
- Rédaction d'articles.

##### **3<sup>ème</sup> année**

- Poursuite des investigations numériques et quantification des effets des différents paramètres qui influencent la performance thermique du système proposé.
- Synthèse des résultats ; énoncés des recommandations et des critères de conception.
- Rédaction d'articles et diffusion des résultats.

#### ***Transferts hydrique et de soluté dans les sols***

##### **1<sup>ère</sup> année.** Compilation des résultats de recherches existants

- Recueil d'information sur la nature des sols à étudier (granulométrie, texture, structure) ;
- Compilation des résultats ;

## **2<sup>ème</sup> année.** Élaboration d'une base de données expérimentales

- Caractérisation hydrodynamique des sols étudiés et analyses des composés appliqués ;
- Etude de profils de teneur en eau, de pression et de concentration des parcelles expérimentales ;
- Caractérisation des coefficients de transformation ;
- Caractérisation de l'érosion interne des sols ;

## **3<sup>ème</sup> année.** Développement et application du modèle numérique

- Mise en œuvre du code à utiliser et tests préliminaires ;
- Calibration et validation du modèle ;
- Application à un cas réel de terrain ;
- Rédaction du rapport de synthèse et publications des résultats ;

## **IV. REPARTITION DES TACHES**

*Le tableau ci-dessous est destiné à préciser les tâches et activités spécifiques desquelles sera chargé(e) chaque laboratoire/équipe<sup>2</sup> pour la réalisation du projet.*

<b>Laboratoire/Equipe participant</b>	<b>Tâches et activités à réaliser par le laboratoire</b>
Laboratoire Interdisciplinaire en Ressources Naturelles et en Environnement (FS de Kénitra)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Essais, analyses et interprétation</li><li>- Modélisation et simulation</li></ul>
Equipe de thermique du bâtiment (FS – Semlalia de Marrakech)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Essais, analyses et interprétation</li><li>- Modélisation et simulation</li></ul>
Equipe des Transferts Thermiques et Energétique (FST de Tanger)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Etude de l'efficacité énergétique des Bâtiments</li><li>- Modélisations des Transferts de Polluants dans les Bâtiments.</li></ul>
Equipe de modélisation et simulation des systèmes mécaniques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Essais, analyses et interprétation</li><li>- Modélisation et simulation</li></ul>

## **V. PARTENARIAT<sup>3</sup>**

- L'Office Régional de la Mise en Valeur du Gharb (ORMVAG)
- L'Université Polytechnique de Catalogne (Espagne)
- L'Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis (Tunisie)
- Université de Strasbourg (France)
- Grupo para la Calidad de las Instalaciones Térmicas (TEP221) – Escuela Politécnica Superior de Algeciras Universidad de Cadiz (Espagne);
- LEPTIAB (Université de La Rochelle, France) ;
- IUSTI (Université de la Méditerranée, Marseille, France) ;

## **VI. IMPACT ET RETOMBÉES**

### **VI.1. Impacts et retombées scientifiques**

#### *Transfert thermique au niveau du bâtiment*

- Contribution à la compréhension des phénomènes thermiques qui se développent au sein des structures alvéolaires et au sein des différents types des bâtiments en général ;
- Montrer l'impact de l'interaction des trois modes de transfert de chaleur, notamment, la conduction, la convection et le rayonnement sur l'échange de chaleur global à travers les parois alvéolaires des bâtiments ;

<sup>2</sup> Voir note de bas de page n°1 ci-dessus.

<sup>3</sup> Dans le cas où tous les projets ou une partie d'entre eux feront l'objet d'un partenariat, préciser la nature de ce partenariat (Partenaire, participation à tout le projet ou à une partie du projet, moyens humains, matériels et financiers).



- Développement de méthodes adéquates qui permettent l'estimation, d'une manière simple et rapide, des échanges de chaleur entre un bâtiment et son environnement sans faire appel à la modélisation des phénomènes complexes de transferts de chaleur se développant au sein du bâtiment ;
- Développement des méthodes de modélisation du phénomène du transfert des polluants au sein du bâtiment ;

#### ***Transfert dans les matériaux à changement de phase***

- Contribution aux efforts de recherche relatifs à la conception, modélisation et optimisation des systèmes de stockage et de conservation de l'énergie.
- Développement de code de calcul permettant la simulation et l'optimisation des performances thermiques des accumulateurs compacts de l'énergie thermique solaire, sous formes de chaleur sensible et latente de fusion.

#### ***Transferts hydrique et de soluté dans les sols***

- Elaboration d'une base de données relative à la caractérisation hydrodynamique des sols et à leurs érosions.
- Maîtrise des mécanismes de transferts et de transformation des solutés dans les sols.
- Développement de techniques de modélisation mathématique et de simulation numérique permettant une évaluation globale des risques potentiels de contamination par les polluants dans les sols et les nappes.
- L'application ces outils à des situations réelles de terrain, permettra l'élaboration de stratégies d'intervention.

### **VI.2. Impact socio-économique (contexte et valorisation attendue)<sup>4</sup>**

- Former par la recherche, des cadres de hauts niveaux dans le domaine de la thermique du bâtiment et de l'environnement.
- Formation de chercheurs maîtrisant la modélisation des transferts de chaleur complexes se manifestant lors des processus de fusion et de solidification ainsi que la gestion des systèmes de stockage de chaleur latente de fusion.
- Mettre à la disposition des utilisateurs et des opérateurs socio-économiques des outils d'aide à la décision et de nouvelles méthodologies d'investigations.
- Consolider les opportunités d'échanges entre les chercheurs des différentes équipes impliquées dans ce projet.
- Contribuer au rayonnement scientifique de notre pays par la publication dans des revues reconnues à l'échelle internationale (facteur d'impact, grande diffusion, ...).
- Consolider les formations et stages originelles et qualifiants dans les cycles du Master et du Doctorat.
- Répondre aux préoccupations scientifiques des responsables de la gestion de l'énergie et de la protection environnementale en améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments et la qualité de l'air.

## **VII. EQUIPEMENT DISPONIBLE ET SOURCES DE FINANCEMENT**

### **VII.1. Equipement disponible pour la réalisation du projet<sup>5</sup>**

#### ***Transferts thermiques dans le bâtiment***

- Banc d'essai d'isolation ;
- Thermocouples et flux mètre ;
- Système d'acquisition de données ;
- Pyranomètres pour le rayonnement solaire diffus et global ;
- Enregistreurs pour la mesure de température et de l'humidité relative (pour des durées d'environ 6 mois) ;
- Mesures de l'Isolation sur maquette

#### ***Transfert hydrique et de soluté dans les sols***

<sup>4</sup> S'agissant de projets de recherche appliquée, leur valorisation réelle ou potentielle devrait être précisée (Utilisateur réel ou potentiel, secteur économique concerné, solution(s) apportée(s) par le projet, impact économique, etc.)

<sup>5</sup> Lister les équipements en précisant la nature de leur utilisation en rapport le projet.

- 2 Infiltromètres à disque à charge négative
- 1 Infiltromètre à charge positive
- 1 multisonde pour la mesure des profils d'humidité
- 1 Résistivimètre
- Moyens informatiques et logiciels

## **VII.2. Moyens financiers disponibles pour la réalisation du projet<sup>6</sup>**

### *Transfert hydrique et de soluté dans les sols*

L'étude disposera de moyens financiers complémentaires émanant de projets :

- PROTARS III, Projet n° D45/06 (2004-2009)
- Action Intégrée Maroc- Espagne, n° A/017274/08 (2009-2010)
- Action Intégrée Maroc- Tunisie n° 06/MT/65 (2007-2010)
- Projet Européen HydroMed (2009-2011)

## **VI.2. Equipements demandés pour la réalisation du projet (Remplir pour cela le formulaire Doc.3)**

Pour la réalisation du présent projet, les équipes impliquées sollicitent l'acquisition d'une plate forme de mesure des phénomènes de transfert, constituée :

- 1 Système de mesure pour caractérisation thermique des matériaux (400 000 DH) :  
Mesure de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique des matériaux de construction.
- 1 Système de mesure WIND pour la caractérisation hydrodynamique des sols (250 000 DH) :  
Détermination de la courbe de rétention  
Détermination de la conductivité hydraulique en fonction du potentiel matriciel
- Construction d'une cellule expérimentale (bâtiment) de dimensions 3mx3m3m pour tester l'efficacité énergétique des bâtiments (réalisation d'expériences à la FST de Tanger (200 000 DH)
- 1 Système de mesure pour la caractérisation de l'érosion interne des sols (200 000 DH)

**Coût total de la plate forme de mesure : 1 050 000 DH**

<sup>6</sup> Dans le cas où une partie du financement des équipements demandés serait assurée en dehors du budget du Département, préciser la provenance de ce financement et dans quel cadre il est accordé au pôle.