

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES DE L'IAV HASSAN II
CEDoc-IAV

FORMATION DOCTORALE
SCIENCES ET INGENIERIE GEODESIQUES, GEOINFORMATIQUES,
DE L'AMENAGEMENT, DE L'EAU ET DES PROCEDES ALIMENTAIRES

LISTE DES AXES ET SUJETS DE RECHERCHE

1. AXES DE RECHERCHE

- **Conception des réseaux hydrauliques** : Les méthodes de conception des réseaux hydrauliques (irrigation, drainage, AEP et assainissement) sont souvent basées sur des démarches empiriques donnant lieu généralement à des insuffisances hydrauliques ou à des surcoûts de ces réseaux. Les déficits de conception sont observés essentiellement dans les réseaux d'assainissement agricole et urbain et dans les réseaux d'irrigation localisée. Le thème de recherche se propose d'élaborer des démarches plus rationnelles pour la conception des réseaux basées à la fois sur une bonne représentation des processus hydrauliques et sur une optimisation de leur tracé et dimensionnement. Des approches expérimentales pour la détermination des paramètres de conception et la modélisation pour décrire les processus est adoptée. Ces actions de recherches ont des retombées certaines sur les coûts des réseaux et sur leur fonctionnement hydraulique.
- **Planification et pilotage de l'irrigation** : La planification de l'irrigation dans les périmètres irrigués repose actuellement sur des prévisions statistiques de la pluviométrie et des stocks d'eau dans les barrages. Le pilotage de l'irrigation est basé sur un référentiel de calcul d'évapotranspiration des cultures établis il y a plus de deux décennies dans les principaux périmètres irrigués du Maroc. Le contexte change à la fois pour le climat qui est caractérisé par une succession des années de sécheresse pendant les dernières années et pour les systèmes de cultures qui trouvent leur cycle réduit ou décalé suite à des améliorations variétales ou à des adaptations naturelles. Le développement d'un nouveau référentiel de calcul des besoins en eau des cultures est plus que nécessaire pour assurer une meilleure rationalisation de l'utilisation de l'eau agricole. Des essais expérimentaux dans les stations des expérimentations hydro-agricoles des ORMVAs seront conduits en collaboration avec les ORMVAs. La recherche concerne aussi l'utilisation d'outils notamment sur la télédétection spatiale pour la planification de l'irrigation.
- **Performances de l'irrigation et du drainage** : Depuis l'aménagement des périmètres irrigués au Maroc, la question de leur performance se pose. Si les périmètres irrigués marocains ont été le moteur de développement régional et ont permis au Maroc d'atténuer les effets de la sécheresse, leurs niveaux de production agricole restent en deçà des objectifs escomptés. En outre, les efficacités hydrauliques des systèmes irrigués restent très faibles notamment pour le gravitaire (pratiquée d'une manière traditionnelle) et pour l'aspersion. Dans les périmètres irrigués drainés, le rôle du drainage reste mitigé et son efficacité et efficacité restent faibles. Le thème de recherche s'intéresse à l'amélioration des systèmes d'irrigation et de drainage à

travers l'analyse actuelle des pratiques d'irrigation et de drainage, l'étude de possibilité d'amélioration de l'efficacité hydraulique et de l'efficacité agro-économique de ces systèmes. L'intérêt pour le développement est double d'une part, une économie de l'eau et d'autre part sa valorisation pour assurer une durabilité du fonctionnement des périmètres irrigués.

- **Gestion intégrée des ressources en eau** : Les ressources en eaux du Maroc sont composées des eaux de surface (4/5) et des eaux souterraines (1/5). Si l'Etat contrôle la gestion des eaux de surface à travers leur régulation dans les barrages, l'eau souterraine reste difficilement gérable vu qu'elle est accessible de manière individuelle et à tous les utilisateurs. Les dispositions de loi 10-95 sur l'eau qui réglementent cet accès ne sont pas encore pleinement appliquées. Par ailleurs, le contexte actuel climatique et socio-économique fait que l'eau est devenue une source de conflit entre les différents secteurs (Agriculture, Eau potable, Tourisme, Industrie, Energie, Ecologie. Pour affronter la décennie à venir, le Maroc est en train de se doter des Plans Directeurs d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE) à l'Echelle des bassins hydrauliques pour la planification et l'allocation de ces ressources. La mise en œuvre des PDAIRE nécessite un accompagnement de la recherche pour garantir son succès. Les recherches dans le présent axe consistent en l'utilisation d'approches combinant à la fois les solutions techniques, les aspects environnementaux, les instruments économiques et les arrangements institutionnels pour une gestion intégrée et durable des ressources en eau à travers le développement d'outils et de modèle adéquats. La question de la gestion des ressources en eaux souterraines seule ou conjuguée à l'eau de surface constitue une composante importante de cet axe. Certains aspects de cette recherche traitent de la politique agricole et de sa relation avec la politique de l'eau à travers l'utilisation des outils de gestion et de modélisation économiques.
- **Modélisations hydrauliques** : Des investissements lourds ont été engagés par l'Etat marocain pour la mise en place de réseaux de transfert et l'adduction des eaux vers les périmètres irrigués et les grands centres urbains (canaux principaux des grands périmètres, canaux de transfert d'eau entre bassins, conduite d'alimentation en eau potable). Avec les pénuries d'eau de surface et l'évolution de la demande (reconversion en systèmes d'irrigation localisée, changement des systèmes de cultures, ...) les canaux principaux se trouvent non adaptés pour répondre à ces changements. Les grands canaux adducteurs et de distribution au niveau national sont régulés par des vannes dotées de flotteurs qui leur permettent de maintenir les niveaux d'eau approximativement constants à leur amont ou aval immédiat grâce à l'équilibre qui s'établit entre le moment de la poussée hydrostatique sur le flotteur (force d'Archimède) et le moment du poids du tablier de la vanne. La thématique de la modernisation des systèmes de régulation des canaux se justifie par l'économie d'eau qu'on peut réaliser en éliminant toutes les pertes d'eau en queue de réseau, par le rétablissement d'une certaine équité entre les différents usagers (ou clients), et par la flexibilité qu'auront les usagers à l'accès à l'eau d'irrigation au moment opportun. Aujourd'hui, les nouvelles technologies permettent aux canaux de distribution d'eau de fonctionner à la demande et non au tour d'eau à l'instar des réseaux de distribution d'eau potable. Un tel objectif peut être atteint pourvu qu'on dispose des logiciels appropriés pour le contrôle des vannes, la prévision de la demande en eau journalière, etc. et un système d'acquisition automatiques des données et de traitement.
- **Modélisation hydrologiques et hydrogéologiques** : Ce thème se propose d'analyser les processus hydrologiques et hydrogéologiques à travers la mise en place des modèles adéquats pour approfondir les acquis scientifiques dans ce domaine. Le travail de modélisation touche à la fois aux aspects quantitatif et qualitatif et traite de la modélisation pluie/débit et transfert à l'échelle des bassins versants ainsi que des processus de transfert d'eau et de polluants (sels, nitrates, pesticides, ...) en milieux poreux saturés (nappes souterraines) et non saturés (zone racinaire). Les modèles s'avèrent de bons outils pour l'élaboration de scénarios d'évolution permettant ainsi aux acteurs d'être dotés de plateformes de discussion pour le choix des options de gestion et de variantes d'aménagement.
- **Qualité de l'eau et pollution** : La qualité des eaux superficielles et souterraines est menacée par des pollutions de nature et d'origine diverses et contribue à la réduction des ressources disponibles. La pollution ponctuelle est liée aux insuffisances de l'assainissement et de

l'épuration des eaux usées et des rejets industriels. La pollution et la dégradation des ressources en eaux deviennent cependant préoccupantes et entravent le développement de l'agriculture et d'autres activités économiques. A titre d'exemple, la pollution de l'oued Sebou rend sa ressource difficilement utilisable pour l'irrigation car elle dégrade la qualité des sols et affecte la qualité des produits agricoles assujettis à une certification. Le thème de recherche s'attaque à l'étude des différents types de pollution diffuse par les nitrates et les pesticides et ponctuelle par les rejets industriels, Les aspects de salinité des eaux et des sols suite à l'irrigation par les eaux salées sont abordés en collaboration avec d'autres UFR de l'IAV.

- **Épuration, réutilisation et recyclage de l'eau :** Au Maroc, les rejets des eaux usées sont de l'ordre de 600 Millions de m³ par an et atteindront 900 millions en 2020. Par ailleurs, le taux de raccordement national reste autour de 70% et le niveau d'épuration des eaux usées ne dépasse pas 10%. L'Etat vient de lancer le Plan National d'Assainissement dont l'objectif est de rattraper le retard dans le domaine de l'assainissement et de l'épuration des eaux usées; il est ainsi prévu d'atteindre un taux de raccordement global au réseau d'assainissement de 80% en milieu urbain et de réduire la pollution liée aux rejets des eaux usées d'au moins 60% à l'horizon 2020. Le programme concernera 260 centres (urbains et ruraux) soit une population de 10 millions d'habitants. Les aspects de ce plan auxquels se rattache la recherche menée par l'IAV Hassan II depuis deux décennies sont essentiellement d'ordre technique et technologique. L'on peut ainsi citer : (i) le développement de technologies locales, (ii) l'adaptation des technologies avancées et performantes aux conditions locales, et (iii) l'option pour une réutilisation rationnelle et durable des eaux usées épurées à grande échelle et son intégration au processus de production agricole conventionnel. La poursuite de ces axes de recherche s'avère primordiale et incontournable pour pouvoir tendre vers une autonomie dans le domaine technologique et technique lié à ce secteur.
- **Energie et agroéquipement :** Les thématiques de recherches développées sous cet axe focalisent sur la mécanisation des travaux et des techniques dans les itinéraires de production agricoles depuis la préparation des semis à la récolte et dans les séquences post-récolte. Cela concerne également la mécanisation des procédés en production animale
- **Technologies de positionnement satellitaire :** Etude des caractéristiques des nouvelles technologies de positionnement par satellite et développement de méthodes et d'algorithmes pour une meilleure exploitation dans les domaines suivants : cadastre, construction d'ouvrages d'art, gestion urbaine etc.
- **Systèmes d'information foncière :** Conception de systèmes d'information foncière et cadastrale et étude d'implantation d'infrastructure de données spatiales au niveau national pour la gestion des informations sur le patrimoine foncier et les données géographiques provenant de différentes sources.
- **Systèmes d'information géographique :** Développement de systèmes de décision utilisant l'information géographique et amélioration des techniques de présentation et de visualisation des données géographiques.
- **Industries agricoles et alimentaires et génie des procédés :** Optimisation technico-économique des moyens et des conditions de stockage et de stabilisation des denrées agricoles et alimentaires, Développement de procédés et de produits nouveaux et de technologies appropriées, Protection de l'environnement et valorisation des sous-produits de l'agriculture, de l'agro-industrie, de l'aquaculture et de la pêche, Maîtrise et gestion de la qualité des produits agricoles et alimentaires et évaluation des politiques et des programmes alimentaires.

2. SUJETS DE RECHERCHE PREVUS

- Paramètres de dimensionnement des réseaux d'assainissement agricoles et urbains
- Conception des réseaux de drainage agricole sous système d'irrigation localisée
- Utilisation de la télédétection et des SIG pour la gestion des périmètres irrigués
- Référentiel pour le calcul des besoins en eau des cultures adapté au nouveau contexte climatique et aux nouveaux systèmes de cultures : les méthodes de calcul des besoins en eaux

- Les impacts du programme national d'économie d'eau en agriculture : socio-économiques et environnementaux
- Combinaison des techniques d'irrigation et de drainage pour l'amélioration des performances de l'irrigation en régions à climat humide
- Gestion conjuguée des eaux de surfaces et des eaux souterraines pour l'irrigation
- Gestion des ressources en eau en périodes de pénurie
- Gestion des barrages et des fournitures d'eau aux périmètres irrigués
- Application des outils de la modélisation économique à la gestion de l'eau
- Adaptation des réseaux hydrauliques existants à l'évolution de la demande agricole et à la modernisation des systèmes irrigués
- Modélisation et régulation des canaux à surface libre en vue de leur gestion hydraulique
- La modélisation hydrologique et hydrogéologique régionale en tant qu'outil d'étude d'aide à la gestion des ressources en eau dans les périmètres irrigués
- Développement de technologies locales d'épuration des eaux usées
- Procédés d'épuration adaptés aux petites localités rurales
- Réutilisation rationnelle et durable des eaux usées épurées à grande échelle et son intégration au processus de production agricole conventionnel
- Etablissement d'une méthode de prédiction des besoins énergétiques à partir de la nature du sol et de ses paramètres physiques actuels
- Techniques de semis et de conservation du sol : Introduction du semis direct en conditions réelles : mise au point fine de la technologie, tout en identifiant les facteurs socioéconomiques de blocage et en y recherchant des solutions
- Optimisation des applications des produits phytosanitaires, normalisation et mise en place d'une homologation du matériel d'application
- Poursuite du travail de recherche sur les moyens de réduction des pertes de grain et d'amélioration de la qualité des tubercules récoltés mécaniquement
- Production de l'électricité à petite échelle en tenant compte des contraintes locales. Plus grande intégration des dimensions sociale et environnementale dans les projets de production et de gestion de l'énergie en milieu rural (Utilisation des agrocarburants dans les moteurs thermiques)
- Etude des équipements économes en eau et en énergie et focalisation sur les problèmes de maintenance du matériel
- Mécanisation des procédés en production animale
- Post-récolte et transformation des produits à la ferme : L'effort sera concentré sur l'amélioration de la qualité des produits agricoles
- Logistique en agriculture : L'effort de recherche portera sur la préservation et le stockage des produits agricoles et en particulier la chaîne de froid
- Gestion rationnelle de l'énergie : L'amélioration de l'efficacité énergétique des machines et installations en agriculture à travers des audits énergétiques et des projets d'économie d'énergie
- Recherche de nouvelles méthodes et de nouveaux outils topographiques pour la planification et l'implantation d'infrastructures
- Intégration des nouvelles technologies en géomatique comme les systèmes de positionnement spatiale et les images à très haute résolution spatiale pour la réalisation des ouvrages d'art (routes, barrages, ponts, tunnels...)
- Développement d'outils informatiques et de nouvelles méthodes topographiques d'implantation et de suivi des infrastructures
- Elaboration de concepts pour la planification et la réalisation des projets structurants et les mettre à la disposition des décideurs et des investisseurs
- Développement de systèmes experts et décisionnels dédiés à la géomatique appliquée
- Etude et amélioration de la connaissance du patrimoine foncier
- Gestion des systèmes cadastraux
- Développement de systèmes d'information cadastrale et foncière

- Etude des caractéristiques et des précisions des nouveaux systèmes de positionnement par satellites
- Utilisation des systèmes de positionnement par satellites pour la reconfiguration du réseau géodésique national et les liaisons régionales
- Développement des procédures d'intégration des systèmes de positionnement par satellites pour les applications telles que le cadastre, les routes, la bathymétrie, la géodynamique etc..., pour les adapter au contexte marocain
- Amélioration des procédés thermiques de fabrication dans le sens d'une économie d'énergie, de matière ou de tout autre facteur de production
- Mise au point de nouveaux produits ou de nouveaux procédés qui seront brevetés (exploitation de nouvelles sources de matière première et d'énergie pour alimentation humaine et animale)
- Amélioration des qualités du produit fini et de sa durée de vie (ex : conserve de poisson et congélation)
- Cinétique de détérioration des nutriments (vitamines et acides aminés) : cas des produits laitiers
- Rôle des additifs alimentaires : cas des conservateurs et leurs effets sur la durée de vie des aliments