

Université Cadi Ayyad  
Faculté des lettres et sciences humaines  
Département de la géographie  
Laboratoire des études sur les ressources, les mobilités et l'attractivité  
LERMA

# **Les technologies au service du développement agricole au Maroc :**

**Quelles réponses de l'agriculture intelligente aux défis  
sociaux et environnementaux ?**

*Cas de la plaine du Haouz - région Marrakech-Safi*

**Ellouyty Jihane**

## **Introduction :**

L'agriculture constitue l'un des secteurs les plus importants de l'économie marocaine. C'est un générateur de croissance économique importante du fait qu'il contribue à plus de 14% du PIB national. Cependant, il y'a plusieurs décennies que l'agriculture se confronte à des défis extrêmes de nature environnementale. Ces défis se traduisent essentiellement par des conditions climatiques sévères. Le changement climatique implique un décalage important de période de croissance et favorise la dégradation et la vulnérabilité des ressources naturelles. Pour en faire face, la population rurale préconise le choix entre deux scénarios possible : Soit que les agriculteurs font recours à l'utilisation accrue et non rationnelle des intrants agronomiques pour augmenter le taux de production agricole. Ceci entraîne un épuisement des sols, une pénurie d'eau, une déforestation généralisée et des niveaux élevés d'émissions de gaz à effet de serre. Soit on abandonne carrément les terres et on fait recours à la migration pour assurer une vie meilleure. Cette situation s'avance actuellement comme un enjeu majeur au développement surtout que ce phénomène augmente au fur et à mesure que les conditions climatiques s'aggravent et dépassent la capacité de réponse de la population.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) préconise dans son 5<sup>ème</sup> rapport de mettre en œuvre au plus vite des stratégies d'adaptation dans les activités économiques les plus vulnérables au changement climatique et à leurs tête l'agriculture. Parmi les principaux impacts observés, la modification des rendements agricoles est en première ligne.

La durabilité dans l'agriculture s'avance comme une obligation non seulement en raison de la rareté des ressources naturelles, la croissance démographique et l'augmentation des besoins de la population, mais aussi de l'attention croissante méritée pour le bien-être lié au mode de vie vert. Il est strictement nécessaire de fournir des solutions efficaces aux défis du secteur agricole à travers une approche pluridisciplinaire et intégrée. A ce titre, ***dans quelle mesure l'agriculture intelligente peut répondre favorablement aux grands défis auxquels l'agriculture marocaine est confrontée ? Et comment pourra-t-elle créer une nouvelle voie à un développement agricole plus durable ?***

L'agriculture intelligente est un concept récent qui s'impose actuellement comme une approche de gestion qui exploite l'hétérogénéité des technologies de l'information à la fois dans l'espace et dans le temps. Son fonctionnement dépend de la gestion des informations par la technologie de l'information et de la communication (TIC). En termes plus simple, ce qui était autrefois un système hautement mécanique, avec l'agriculture intelligente il devient un système cyber-physique dynamique (CPS) qui combine le domaine cyber ou numérique avec le domaine physique.

**Ce document représente une petite réflexion du concept. Le but est de démontrer l'utilité de la mise en œuvre de cette nouvelle technique dans le contexte de l'agriculture marocaine en prenant la plaine du Haouz comme exemple d'étude de cas.**

## **Partie I : Etat des lieux et cadre théorique**

### **1. Généralité sur la zone faisant objet du projet: La plaine du Haouz**

#### **1.1. Situation géographique**

La plaine du Haouz s'étend en sud sur la rive gauche de la partie amont de la rivière de Tensift et couvre le bassin d'Oum er Rabia à l'est. Les Jbilet limite la plaine au nord et le haut Atlas au sud. Vers l'est le moyen Atlas et le seuil par où passent oued El Abid et la Tassaout, et le plateau de Chichaoua vers l'ouest. Cette plaine a à peu près 6000 km<sup>2</sup>, au pied des chaînes des Montagnes du Haut Atlas entre 7°-09 et 8°-55 longitudes ouest et entre 31°-09 et 31°-55 latitude nord.

La plaine est divisée en: Haouz oriental, central et occidental. La partie orientale couvre toute la zone appartenant au bassin Oum er Rabia. Le central se situe autour de la ville de Marrakech. Le Haouz occidental est appelé aussi la plaine de Mejjate et couvre principalement les plateaux de chichaoua.

#### **1.2. Cadre climatique et hydrologique :**

Les conditions climatiques de la région de la plaine du Haouz sont soumises au climat continental semi-aride, voire aride. Les températures sont en moyenne d'environ 5°C en hiver et 45°C en été.

Le réseau hydrographique de la plaine est constitué de deux principaux systèmes :

- Tensift qui coule à la cote de 400 au nord de Marrakech et dans lequel se jettent tous les oueds du Haouz central et occidental, issus du versant nord de l'Atlas (notamment le N'Fis, Rheraya, Issil, Ourika, Zat et R'dat ) qui drainent la plaine du sud vers le nord)
- Oued Tassaout et son affluent Oued Lakhdar descendent du versant Nord de l'Atlas et rejoignent Oud Oum Er Rabiaa, en présentant un important système hydrologique au niveau de la plaine du Haouz.

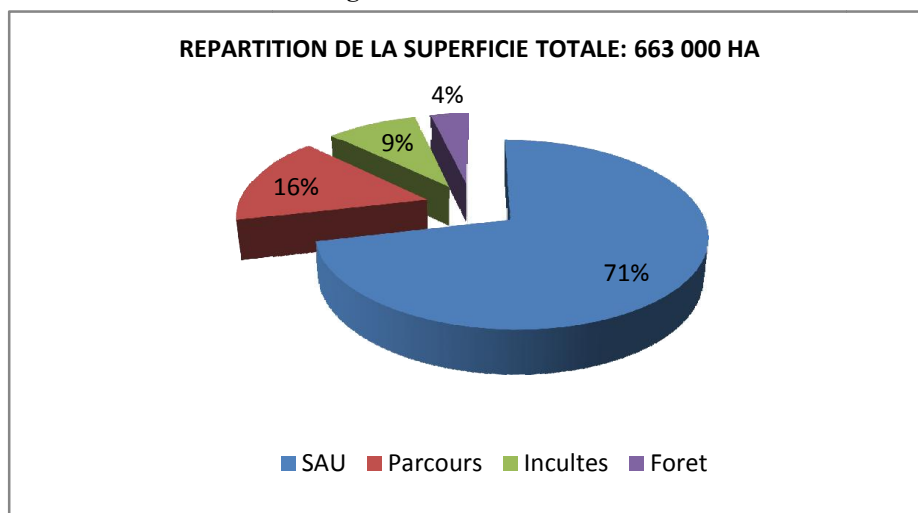
Des précipitations importantes sont constatées le long des montagnes du Haut Atlas situées au sud et au sud-est de la plaine, où la quantité moyenne annuelle des précipitations est de 259 mm qui alimente en eau ainsi une partie de la plaine.

La nappe du Haouz qui s'étale sur une superficie d'environ 6000 km<sup>2</sup> représente le réservoir d'eaux souterraines dans lequel s'accumule ou transitent les eaux pluviales infiltrées. Les potentialités de recharge de la nappe phréatique sont actuellement totalement mobilisées, et surexploitées par des prélèvements importants pour servir à l'irrigation des zones cultivées, qui ont connu une forte extension durant les trois dernières décennies.

### 1.3. Végétations et occupation du sol :

La couverture végétale au niveau de la plaine du Haouz est généralement pauvre. Les types de végétation varient selon l'altitude et la nature des terrains. En termes de ressources en terre, la plaine dispose d'une superficie agricole utile très importante par rapport à l'ensemble de la superficie totale :

Figure 1 : Ressources en terre



Source : *Rapport gestion 2017-  
Conseil administrative de l'ORMVAH*

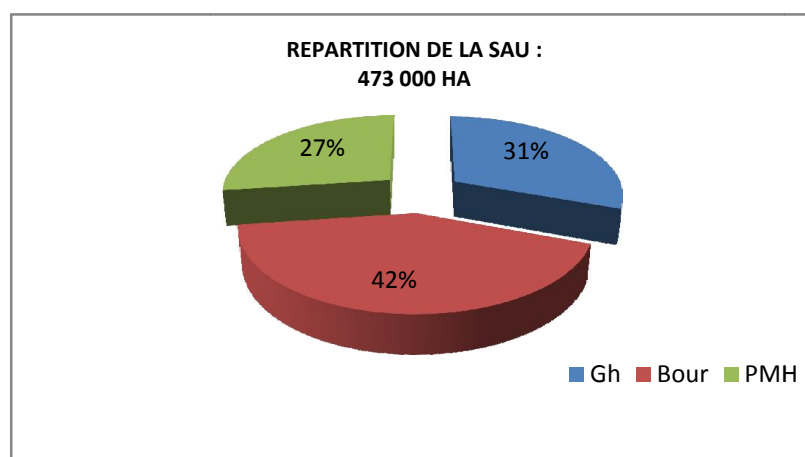
D'un point de vue occupation du sol, la plaine du Haouz est occupée par deux grands types de paysages:

*Le domaine irrigué:* il se localise dans la partie orientale et centrale de la plaine du Haouz, en allant de la limite Est du bassin versant vers Oued N'Fis et se prolonge au sud jusqu'au piémont du Haut Atlas au niveau de la vallée de l'Ourika.

*Le domaine non irrigué (zone bour):* il se situe dans la partie occidentale de la plaine du Haouz, dont les cultures principales sont le blé et l'orge. L'absence d'irrigation



**Figure 2 : répartition de la SAU**



Source : *Rapport gestion 2017-  
Conseil administrative de l'ORMVAH*

Les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation sont constituées essentiellement Des eaux superficielles du bassin versant de l'oued Tensift (N'Fis, Ghiraya, Issil, Ourika, Mellah, Zat, R'Dat et oueds secondaires), des eaux superficielles du bassin de la Tessaout (Lakhdar, Tessaout et oueds secondaires) et des eaux régularisées par le barrage Bin El Ouidane.

La gestion d'eau d'irrigation est assurée par l'office régional de la mise en valeur agricole du Haouz (ORMVAH). La zone d'intervention de l'office est subdivisée en trois zones d'action:

- **Le Haouz central** qui desservie en eau par le canal de rocade et le barrage de Lalla Takerkoust sur le oued N'fis
- **Tassaout amont** desservie à partir du barrage Molay Youssef sur oued Tassaout.
- **Tassaout aval** desservie par le Canal T2 alimenté par le barrage Bin El Ouidane.

## **2.2. Les contraintes environnementales et défis sociaux :**

### ***Contraintes climatiques et hydrauliques :***

Depuis plusieurs décennies, le Maroc fait face à des enjeux environnementaux d'une portée inédite qui se traduisent essentiellement par une sécheresse climatique sévère et une raréfaction accrue des ressources en eau. La question environnementale prend

une dimension importante au Maroc car qu'elle conditionne un secteur clé de l'économie nationale : l'agriculture.

Par son aspect aride, Le climat du Haouz est caractérisé par des pluies faibles et variables, une température moyenne élevée, avec des écarts journaliers et mensuels importants, une hygrométrie faible et une très forte évaporation. En termes de ressources en terre, la plaine dispose d'une superficie agricole utile importante. Les sols sont réputés pour leur bonne qualité agro-pédologique. Cependant, les structures foncières sont caractérisées par la faiblesse de la superficie des exploitations agricoles et leur morcellement. Ce qui constitue une contrainte à une bonne mise en valeur agricole. D'autres part, l'insuffisance des ressources en eau constitue également une contrainte majeure à sa gestion et empêchent d'atteindre des objectifs liés à la satisfaction totale des besoins en eau et au développement agricole.

### ***Défis sociaux :***

Les impacts liés à la sévérité des conditions climatiques sont non seulement escomptés au niveau de la productivité agricole, mais ont été aussi la cause de mouvements migratoires importants dans la région. Avec cette nouvelle situation sociale caractérisée par l'accroissement des besoins et la difficulté d'adaptation à ces différents enjeux environnementaux, il devient de plus en plus difficile d'assurer une stabilité sociale par le risque d'accroître des déplacements forcés de la population. Nous assistons à une situation de migration qui se traduit soit par un exode rural massif soit une migration externe incontrôlée et souvent illégale.

Au niveau de la plaine du Haouz, les terres sont largement touchées par la sécheresse et la baisse du rendement agricole, là où la population locale puise leur nourriture, leurs matières premières, leurs cultes, leurs revenus... On assiste d'abord à une baisse du niveau de vie des personnes directement impactées. Le maintien de la production agricole exige des apports supplémentaires. Plus la dégradation s'aggrave, plus la productivité diminue et la migration augmente.

### **3. Quelles solutions ?**

Devant cette situation, et compte tenu du contexte de sécheresse devenu un paramètre structurel, il s'avère nécessaire d'opérer un changement dans la politique agricole.



Adapter l'agriculture au changement climatique dans le Haouz est donc primordiale et nécessaire pour répondre à ces différents enjeux et défis. A ce titre, plusieurs actions ont été mises en avant pour soutenir la productivité agricole mais restent toujours limitées dont la nécessité d'innover en la matière notamment en termes de réformes, de stratégies, de plans d'actions ainsi que des politiques publiques et territoriales pour faire face à ces différents enjeux particulièrement ceux d'ordre social. Et c'est là où vient le rôle de différents acteurs et organismes de repenser l'innovation de sorte à prévoir les multiples problèmes sociaux et parvenir à des solutions innovantes et radicales, en lien avec le développement durable, la promotion du secteur agricole et l'amélioration des conditions sociales pour les personnes les plus marginalisées et les plus impactées.

Il existe plusieurs sortes de mutation ou d'innovation dans le domaine agricole. Il s'agit à leur tête d'assurer une production répondante aux besoins des agriculteurs tout en s'adaptant au changement climatique et en l'atténuant à travers ce qu'on l'appelle **l'agriculture intelligente**. C'est une démarche intégrée qui prend en compte les paramètres du climat, sa variabilité et son caractère local afin de pouvoir mobiliser les moyens nécessaires pour agir à temps et avec plus d'efficacité et d'efficience.

*La deuxième partie sera donc une présentation générale du concept et expose les différents avantages que nous pourrions tirer en développant les différentes technologies liées à l'agriculture intelligente afin de répondre aux problématiques précitées dans cette partie.*

## **Partie II : L'agriculture intelligente au service du développement agricole**

### **1. Comprendre l'agriculture intelligente :**

Au cours de la dernière décennie, les chercheurs et scientifiques ont favorisé l'émergence de «vision intelligente» où le mot « intelligent» signifie intégré, facile, rapide technologiquement, économiquement, politiquement et culturellement durable à travers une convergence des disciplines dans le processus de décision et de résolution de problèmes.

Le meilleur exemple qui expose le principe de cette vision est la « Smart City » ou la ville intelligente. Au niveau de l'agriculture, le principe est tout simplement transférer

ce qui est déjà réalisé dans la ville intelligente à l'agriculture : introduire un ensemble de méthodologies innovantes et de technologies connectées dans le but d'optimiser les intrants agronomique et améliorer leur efficacité pour une production et la rentabilité durable.

### **1.1. Qu'est ce qu'une agriculture intelligente ?**

Le terme « Smart Farming » ou l'agriculture intelligente reporte sur l'application «intelligente» des technologies de l'information et communication ou ce qu'on appelle l'internet des objets IoT (Internet of Thing). L'objectif est d'assurer de bonnes décisions opérationnelles à court terme, et celles stratégiques au moyen et long terme.

### **1.2. L'agriculture de précision : une forme d'agriculture intelligente.**

L'agriculture intelligente couvre globalement trois thèmes principaux: les systèmes d'information de gestion agricole (FMIS), l'agriculture de précision (PA) et l'automatisation et la robotique dans le secteur agricole.

L'agriculture de précision a pour objectif principale de gérer la variabilité intra-champs existant dans la majorité des champs agricoles. Elle consiste à l'optimisation des quantités d'intrants agricoles tels que les engrais, le fumier, l'eau de l'irrigation... et les appliquer au bon moment dans le bon endroit en utilisant des techniques avancés de modélisation, d'exploration et de contrôle.

La mise en œuvre de l'agriculture de précision dans le secteur de la production végétale est dépendante de la mesure et de la cartographie de la variabilité spatiale et temporelle intra-champ. Cette mesure se réalise généralement à travers deux catégories de détection principales, à savoir la télédétection et la détection proximale (utilisant des véhicules aériens sans pilote (UAV), des vols d'avion ou des satellites), tous couplés avec un système de positionnement global différentiel (DGPS).

Les données à haute résolution sont essentiels pour caractériser à la fois les sols et les cultures et identifier les paramètres liés à la croissance et au rendement des cultures dans le système notamment les conditions météorologiques et topographique. Avec «précision», à faible coût et rapidement, ces caractéristiques doivent être quantifiées pour permettre aux agriculteurs de répondre facilement à la gestion.

## **2. L'agriculture intelligente : Une action intelligente**

Les actions intelligentes permettent l'utilisation efficace des ressources telles que l'irrigation, les engrais, les pesticides...etc. Ces actions sont renforcées par un système d'aide à la décision ce qui aidera les agriculteurs à effectuer correctement les tâches agricoles, assurer des meilleurs rendements et résultats agricoles et à produire avec un impact environnemental minimal. La VRA, la robotique et le CPS sont les technologies les plus récentes et les plus fréquemment utilisées, à cotés des techniques de télédétection, et ont fait preuves de leurs efficacités.

### **2.1. L'application à débit variable (VRA)**

La VRA (Variable Rate Application) ou application à débit variable est une technologie courante dans la plupart des pays développés et elle s'est développée rapidement à travers la mise en disposition des équipements nécessaires à sa mise en œuvre (antennes GPS, contrôleurs électroniques...). Son développement devrait se poursuivre car elle offre plusieurs avantages aux agriculteurs:

- La VRA permet d'augmenter le rendement des cultures et les bénéfices agricoles à travers l'utilisation optimale des quantités d'intrants : on applique uniquement la quantité nécessaire d'intrants (où et quand cela est nécessaire) ;
- Avec VRA, une fois que l'état des plantes est connu, les actions de précision basées sur les besoins des cultures peuvent être prises correctement en temps réel.
- La VRA est une technologie qui a fait preuve d'un moyen alternatif efficace à la réduction des coûts de production

Ces avantages peuvent avoir également une incidence positive sur l'environnement. En effet, l'optimisation des quantités d'intrants permettent la réduction des produits chimiques rejetés dans l'air et les eaux souterraines. En d'autres termes, la VRA contribue à réduire les déchets résultant de la sur/sous utilisation des ressources en intrants agricoles en mettant en œuvre des technologies d'application de précision. De plus, le système d'agriculture à circulation contrôlée assuré par la et de la technologie de direction autonome des véhicules peut minimiser le compactage du sol dans un champ.

### **2.2. Les protocoles de contrôle collaboratifs et le CPS**

Les protocoles de contrôle collaboratifs et le CPS (Cyber-Physical System) ou ce qu'on appelle « CCP-CPS » est une approche qui se définit généralement par un protocole qui peut collaborer entre humains, robots et capteurs, dans un environnement CPS, en appliquant des algorithmes associés, tels qu'un algorithme de recherche adaptative et un algorithme de routage combinés ensemble. Cette approche s'inscrit dans le cadre d'une mise en œuvre réaliste de la robotique et des CPS et a pour finalité d'atteindre les avantages attendus dans l'agriculture de précision intelligente (PA) et répondre aux défis de son application.

L'utilité de cette approche se prouve particulièrement dans les serres, où les agriculteurs font pousser des cultures tout en contrôlant l'environnement agricole. Cependant, elles ne peuvent toujours pas éviter la fluctuation de la variabilité climatique (température, l'humidité,...) mais aussi la probabilité d'apparition de maladies et d'autres risques. Ceci peut conduire à des stress dans les cultures et à la propagation de maladies chez les plantes. Dans ces cas, minimiser les dommages au rendement agricole est donc primordial et faudra avant tout détecter et localiser des cultures ou plantes qui sont désormais infectées. Dans ce sens, les capteurs sont généralement utilisés pour surveiller les conditions climatiques, mais dans la plupart des cas ils ne peuvent pas effectuer cette tâche sans l'intervention humaine, des ordinateurs et des robots d'où la nécessité de la mise en disposition d'un protocole qui collabore avec tous les agents du système pour travailler en harmonie. Cela permet non seulement de limiter les dégâts économiques mais s'avance comme une réponse favorable à l'adaptation de l'agriculture aux aléas climatiques.

### **3. L'agriculture intelligente dans la plaine du Haouz : une nouvelle voie au développement socioéconomique**

Le développement technologique et l'innovation peuvent présenter de nombreux avantages au secteur d'agriculture et le promouvoir notamment au niveau social. Ils peuvent avoir un impact significatif sur les marchés du travail, dans le moment où on assiste à une diminution considérable de la part de la main-d'œuvre agricole par rapport à la population active totale. L'agriculture intelligente et l'agriculture de précision sont des systèmes de gestion qui impliquent des acteurs d'un large champ disciplinaire : des ingénieurs, des pédologues, des géographes, des hydrologues, des agronomes, des experts en télédétection, des programmeurs, des consultants en

environnement, des économistes, des conseillers agricoles et sans doute des agriculteurs avec des connaissances pratiques importantes.

En assurant un nouveau mode de vie et qui accompagne la mutation du développement, cela va pouvoir encourager la population rurale jeune à s'engager massivement. Elle pourra être attirée par l'intérêt pour les technologies des TIC et les pratiques agricoles conventionnelles. Certes, l'agriculture intelligente ne va pas créer nécessairement de nouveaux emplois dans le secteur agricole primaire, mais entraînera une modification de la demande de compétences de la main-d'œuvre agricole. En outre, l'adoption généralisée de l'agriculture intelligente et de l'agriculture de précision augmentera la demande de main-d'œuvre hautement qualifiée avec des salaires plus élevés dans les zones rurales, par exemple, les techniciens, ingénieurs de service...etc. Les étudiants qui hésitaient de poursuivre leurs études auparavant ou à entrer dans le secteur agricole vont être encouragés à s'intégrer. Cela va contribuer non seulement au maintien de la population rurale dans son milieu et limiter l'exode massif et l'émigration mais aussi promouvoir le développement social dans le milieu rural.

L'agriculture intelligente contribuera au développement numérique dans le secteur. Ce développement pourra être conçu comme étant trop éloigné de l'agriculture traditionnelle, surtout pour les générations âgées. Les agriculteurs peuvent ne pas trouver ceci pertinent ou sinon ils n'ont pas l'intérêt ou les compétences pour apprendre ces nouvelles techniques et procédures. Toutefois, cela va pouvoir contribuer en autre part à la naissance d'une nouvelle génération d'agriculteurs qui manipulent de nouveaux types de systèmes d'information agricole avec des services de haute technologie.

#### **4. Expériences réussites et recommandations :**

L'expérience de l'agriculture intelligente n'est pas nouvelle au Maroc. Pas mal d'agriculteurs ont tenté de la développer dans leurs champs et confient leur réussite en la matière.

Parmi les expériences qui ont été prouvés on cite l'expérience d'un propriétaire d'une coopérative sise a Berkane qui avait utiliser des drones sur une centaine d'hectares plantés d'arganiers pour identifier les besoins du sol, de localiser le stress hydrique.

Toujours dans la même ville, on cite également l'expérience d'utilisation des capteurs électroniques plantés dans le sol dans une grande ferme d'agrumes. La plantation de ces capteurs a été faite à différents niveaux du sol dans le but de suivre en temps réel l'état de santé du sol pour pouvoir intervenir efficacement

A Agadir, la fameuse expérience de Meriem Elouafi qui avait développé la nanotechnologie en agriculture, a fait preuve de l'efficacité de l'agriculture intelligente. Cette technique lui a permis d'économiser jusqu'à 80% d'eau par rapport aux systèmes conventionnels utilisés dans l'agriculture et la gestion des espaces verts et des zones arides.

L'utilisation des drones a été également expérimentée par un jeune agriculteur à Sidi Kacem où il a confié l'utilité de cette technique du fait qu'elle a un degré de précision très élevé et permet un traitement homogène sur l'ensemble de la surface.

Réussir l'expérience dans la plaine du Haouz nécessitera obligatoirement l'implication de tous les acteurs à travers une démarche participative. Une étude préalable et une expérience témoin sont également nécessaires pour pouvoir évaluer l'utilité de ces technologies et définir les différentes limites.

La mise en œuvre d'agriculture intelligente nécessite une large connaissance dans le domaine informatique. La formation des agriculteurs va se poser comme un enjeu majeur mais il peut être dépassé si les offices et les organismes étatiques et non étatiques collaborent ensemble pour assurer cette formation dans les meilleures conditions.

Par ailleurs, l'adoption des différents outils de l'agriculture intelligente précités comme VRA est caractérisé par des coûts d'équipement élevés qu'uniquement les grands exploitants agricoles peuvent en bénéficier à court terme. Pour les petits et moyens agriculteurs, elle pourrait être rendu plus largement disponible par des programmes ou des politiques de subvention d'acquisition d'équipement que l'Etat marocain mettra en avant.

Pour les agriculteurs disposant des petites parcelles agricoles, il sera difficile de mettre en œuvre ces technologies. Dans ce cas, la meilleure solution est de partager

ces technologies en regroupant l'ensemble des parcelles dont la superficie de chacune d'elles ne dépasse pas un hectare.

### **Conclusion :**

Aujourd'hui, les agriculteurs tentent constamment de trouver des moyens alternatifs de réduire leurs coûts de production. L'agriculture intelligente pourra apporter une valeur ajoutée en termes de bénéfices (rendement, profit), réduire les impacts environnementaux négatifs dus à une utilisation excessive d'intrants ou apporter un meilleur bien-être animal grâce à une meilleure gestion et décision.

L'application d'agriculture intelligente modifiera les techniques de la production agricole. Cela exigera des agriculteurs qu'ils augmentent leur niveau d'éducation pour travailler avec des outils TIC complexes et également maintenir leurs connaissances sur le terrain qui peuvent les aider à prendre des décisions.

L'agriculture intelligente va constituer également un appui très important aux objectifs escomptés de la stratégie nationale du développement durable et les politiques agricoles notamment dans le cadre du Plan Maroc Vert, et va pouvoir achever les orientations et les directions du Haute Instance.

## **Bibliographie :**

Agence du Bassin Hydraulique du Tensift, *ETUDE DU PLAN DE GESTION INTEGREE DES RESSOURCES EN EAU DANS LAPLAINE DU HAOUZ ROYAUME DU MAROC*, 2007.

Barakat F. & Handoufe A, *Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc*. Sécheresse 9 : 201-208. 1998

Bechar, A., Vigneault, C., *Agricultural robots for field operations: concepts and components*. Biosyst. Eng. 149, 94-111, 2016

Belforte, G., Gay, P., Aimonino, D.R., *Robotics for improving quality, safety and productivity in intensive agriculture: challenges and opportunities*. K.H. (Ed.), Vienna, Austria, 2006.

Cline W.R. *The Impact of Global Warming on Agriculture: Comment*. The American Economic Review, vol. 86, n° 5, pp. 1309-1311, 1996.

Dorigo, W.A., Zurita-Milla, R., de Wit, A.J.W., Brazile, J., Singh, R., Schaepman, M.E., *A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 9 (2), 165-193, 2007

Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx, *Climate change 2014 : Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 2014

Ellinor Zeino-Mahmalat, Abdelhadi Bennis. *Environnement et Changement Climatique au Maroc – Diagnostic et Perspectives –*. 1ère édition, Maroc : Konrad-Adenauer-Stiftung, V, p90, 2012.

Ian Molho, *THEORIES OF MIGRATION: A REVIEW*, Scottish Journal of Political Economy, Vol. 60, No. 5, November 2013.

L. Stour, A. Agoumi, *Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies*, Hydroécol. Appl. Tome 16, pp. 215–232. 2008

Moshou, D., Bravo, C., Wahlen, S., West, J., McCartney, A., De Baerdemaeker, J., Ramon, H., *Simultaneous identification of plant stresses and diseases in arable crops using proximal optical sensing and self-organising maps*. Precis. Agric. 7 (3), 149-164. 2006.

Robson, A., Rahman, M., Muir, J., *Using worldview satellite imagery to map yield in avocado (Persea americana): a case study in Bundaberg, Australia*. Remote Sens. 9 (12), 2017.

Simmons A., *Mondialisation et migration internationale : tendances, interrogations et modèles théoriques*, Cahiers québécois de démographie, 31(1), p. 7-33. 2002