



## Mémoire

# Présenté pour l'obtention du Master

Mention : Eau

Spécialité : Eau et Agriculture

**Analyse des mécanismes de la reconversion collective à l'irrigation localisée dans le périmètre irrigué du Tadla**

Par Sara BOULARBAH

Année de soutenance 2015

Organisme d'accueil : AFEID



OFFICE RÉGIONAL DE MISE  
EN VALEUR AGRICOLE DU TADLA



# **Rapport de stage**

**Présenté pour l'obtention du Master**

**Mention : Eau**

**Spécialité : Eau et Agriculture**

## **Analyse des mécanismes de la reconversion collective à l'irrigation localisée dans le périmètre irrigué du Tadla**

**Par Sara BOULARBAH**

**Année de soutenance : 2015**

**Mémoire présenté le : [04/09/2015]**

**devant le jury :**

**Pierre-Yves VION**

**Jean Stéphane BAILLY**

**Gilles BELAUD**

**Sami BOUARFA**

**Organisme d'accueil : AFEID**

**Enseignant tuteur : Jean Stéphane BAILLY**

**Maître de stage : Sami BOUARFA**

## Résumé

Le Maroc s'est donné pour objectif de redynamiser et moderniser le secteur agricole, notamment à travers l'économie, la rationalisation et la mise en valeur du m<sup>3</sup> d'eau ainsi que la mise en valeur des productions agricoles pour améliorer les revenus des agriculteurs. Les projets de reconversion des systèmes d'irrigation existants vers l'irrigation localisée, qu'ils soient collectifs ou individuels, représentent la pièce maîtresse pour atteindre ces objectifs.

Ces projets de reconversion collective, en comparaison avec les projets de reconversion individuelle, nécessitent un investissement énorme et impliquent un certain nombre de défis à relever pour garantir leur réussite, notamment quant à l'adaptation d'une part, des agriculteurs ayant affaire à une nouvelle technique d'irrigation qui nécessite un changement important des pratiques d'irrigation et des systèmes de cultures pratiqués et d'autre part l'adaptation des agents de l'ORMVAT quant à la gestion et l'entretien du réseau, le paiement des redevances et l'accompagnement des agriculteurs.

Le périmètre irrigué du Tadla constitue un des périmètres agricoles les plus importants au Maroc avec une superficie aménagée en grande hydraulique de 325.000 ha ; il connaît une réelle dynamique en ce qui concerne le passage vers l'irrigation localisée, notamment à travers un projet pilote de reconversion collective du gravitaire au GAG sur une superficie de 10.000ha.

Le présent travail a pour objectif d'analyser cette première expérience de reconversion collective réalisée dans les zones relevant des AUEA Al Omrania et Al Ittihad afin d'identifier les processus de réalisation du projet et formuler des recommandations pouvant guider la réalisation des projets futurs.

Ce projet représente un champ d'expérience basé sur plusieurs hypothèses pour sa mise en œuvre lors de la phase d'étude (concernant les choix techniques) et lors de la phase d'exécution (par rapport à la gestion des irrigations et la relation des agriculteurs avec le GAG).

Les résultats du travail montrent que l'implication des agriculteurs en amont du projet est une condition primordiale pour la réussite des projets de reconversion vers l'irrigation localisée. En effet, l'Office a choisi d'équiper les bornes avec un débit supérieur aux besoins des agriculteurs dans l'objectif de leur garantir une plus grande liberté pour les irrigations, mais puisque ces derniers n'ont pas été impliqués lors de la prise de décision, ils n'ont pas pu saisir les raisons et les conséquences d'un tel choix ni avoir une vision claire des répercussions

d'une mauvaise gestion et organisation.

D'autre part, l'absence de compteurs sur les prises parcelles par peur que les agriculteurs ne les détruisent implique un manque dans la formation de ces derniers qui considèrent cet appareillage comme un simple moyen de comptage des redevances, alors qu'il est surtout un tableau de bord pouvant les aider à gérer leurs irrigations.

Egalement, un accompagnement à long terme garantit une assimilation des pratiques d'irrigation (doses et heures d'irrigation, fertigation, filtration) par les agriculteurs habitués à inonder leurs parcelles afin de diminuer la période de transition, leur permettre de s'adapter au GAG et passer à des cultures à plus haute valeur ajoutée. Mais on remarque qu'une grande partie des agriculteurs, qui s'occupent réellement des irrigations à la parcelle, n'accèdent pas aux formations organisées par l'ORMVAT. En effet, dû à une grande typologie d'agriculteurs et un manque de circulation d'information au sein de l'AUEA, certains se retrouvent à manipuler un système d'irrigation en suivant uniquement les directives du bureau d'étude ou de leurs voisins.

### **Mots clés**

Irrigation, reconversion collective, accompagnement des agriculteurs, Tadla, ORMVAT.

## Abstract

Morocco highlighted its commitment to revitalize and modernize the agricultural sector through the economy and the enhancement of m<sup>3</sup> of water and the development of agricultural production to improve farmers' incomes. Conversion projects of existing irrigation systems to drip irrigation, whether collective or individual, are the centerpiece to achieve these objectives.

These collective conversion projects as compared with projects of individual conversion, require a huge investment and involve a number of challenges to ensure their success, particularly in adapting the one hand, farmers who are dealing with a new irrigation technique that requires a significant change in irrigation practices and cropping systems, also the adaptation of the ORMVAT agents for the management and maintenance of the network and support for farmers.

The irrigated perimeter of Tadla is one of the most important agricultural areas in Morocco with a developed area of 325.000 ha. The perimeter knows a real dynamic regarding the transition to drip irrigation, notably through a collective conversion project in an area of 10.000ha.

The present work aims to analyze this first collective conversion experiment in areas under associations Al Ittihad and Al Omrania to identify the project implementation process and make recommendations to guide the implementation of future projects.

This project represents a field experience based on several assumptions for its implementation during the study phase (concerning the technical choices) and during the implementation phase.

The results of the work show that the involvement of farmers upstream of the project is an essential condition for the success of conversion projects to drip irrigation.

Indeed, the ORMVAT has chosen to equip the parcels with a debit greater than the needs of farmers with the aim of guaranteeing them greater freedom for irrigation, but since they were not involved in the decision making, they could not understand the reasons and the consequences of such a choice or have a clear vision of the impact of poor management and organization.

On the other hand, the absence of counters on plots taken for fear that farmers will destroy them implies a lack in training. The farmers consider this equipment as a simple way of counting fees, while it is especially a dashboard to help them manage their irrigation.

Also, long-term support guarantee assimilation of irrigation practices (doses and times of irrigation, fertigation, filtration) by farmers who are used to flood their fields to reduce the transition period to enable them to adapt to drip irrigation and switch to crops with higher added value. But we notice that many of the farmers who actually occupy the irrigations parcel, do not access training organized by the ORMVAT. Indeed, due to a large typology of farmers and lack of information flow within the association, some find themselves handling an irrigation system only by following the guidelines of the study desk or neighbors.

**Key words**

Irrigation, collective conversion, farmers, Tadla, ORMVAT.

## Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord au Pr. S. BOUARFA pour la richesse et la qualité de son encadrement ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je tiens à remercier sincèrement Pr. A. HAMMANI et Pr. M. KUPER qui se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible. Je les remercie pour leur accueil, leur aide, leur attention et leur gentillesse tout au long de la réalisation du mémoire.

Je remercie également Mr. M. SAAF pour son aide tout au long de ma présence sur terrain à Fkih Ben Salah.

Mes remerciements s'adressent également aux Pr. JS. BAILLY et Pr. G. BELAUD pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Je tiens à remercier Mr Le Directeur de l'ORMVAT, les chefs de Départements des Aménagements, de la Gestion des Réseaux et celui du Développement Agricole. Mes sincères remerciements sont également adressés à tous les agriculteurs et agents de l'ORMVAT et surtout ceux du l'CDA et qui ont accepté de m'offrir un peu de leur précieux temps pour la réalisation des enquêtes.

Je remercie également mon oncle Mr. M. CHAIR ainsi que sa petite famille pour m'avoir chaleureusement accueillie et facilité mon séjour à Montpellier.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

## Table des matières

Résumé.....	3
Remerciements.....	7
Avant-Propos .....	9
Sigles et acronymes .....	11
Introduction.....	12
Matériels et méthodes .....	21
1. L'irrigation localisée : Définition.....	21
2. Composante du système goutte à goutte .....	21
3. Avantages et inconvénients du GAG .....	22
4. Le Tadla : un laboratoire d'innovation.....	26
4.1 Contexte physique du secteur.....	26
4.2 Reconversion individuelle .....	32
4.3 Le projet pilote de reconversion collective .....	35
4.4 Approche participative .....	38
4.5 Choix méthodologiques.....	39
Résultats.....	41
1. Analyse des procédures .....	41
Discussion.....	51
Conclusion .....	58
Références bibliographiques.....	60
Annexe 1 .....	62
Annexe 2.....	64
Annexe 3.....	65
Annexe 4 .....	66

## **Avant-Propos**

Au terme du master eau et agriculture, un rapport de stage doit être remis pour finaliser le parcours. Dans ce cadre, j'ai choisi de travailler sur l'agriculture irriguée, et plus particulièrement le processus de reconversion collective. En effet, ces projets se réalisent avec une cadence plutôt rapide surtout en ce qui concerne les projets de reconversion individuelle. Les travaux de recherches se multiplient en ce sens pour étudier les processus suivis pour la réalisation et les effets socio-économiques et environnementaux résultants de ce changement. Ayant réalisé mon projet de fin d'étude sur les projets de reconversion individuelle dans le Gharb, j'ai choisi pour mon master de me focaliser sur la reconversion collective surtout qu'un projet pilote voit le jour dans le Tadla, un des périmètres hydrauliques les plus importants au Maroc.

Mon travail a été réalisé sous l'encadrement d'une part en France à l'AFEID par monsieur Bouarfa Sami et d'autre part au Maroc à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II par monsieur Hammani Ali et Kuper Marcel.

## Glossaire

Reconversion : Passage d'une technique d'irrigation à une autre, généralement du gravitaire ou de l'aspersion vers l'irrigation localisée.

Office Nationale Conseil Agricole : Créé en vertu de la loi 58-12 promulguée par le Dahir N°1.12.67 du 16 Janvier 2013.

Il est chargé de piloter, de coordonner et de suivre la mise en œuvre de la stratégie du conseil agricole à l'échelle nationale.

Etablissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, l'ONCA est administré par un conseil d'administration et géré par un Directeur Général. Il est chargé d'appliquer la politique du gouvernement en matière de conseil agricole à travers notamment :

- Le conseil agricole.
- L'accompagnement des organisations professionnelles.
- Le soutien des actions entreprises par les autres acteurs de développement agricole.
- L'interface avec la formation et la recherche.

Par ailleurs et conformément aux dispositions de la loi 58-12, l'ONCA intègre de fait les ex Centres de Travaux (CT) et les entités chargées de conseil agricole au niveau des ORMVA (Centre de Mise en Valeur -CMV- et Centre de Développement Agricole -CDA-). Leur personnel est intégré de plein droit à l'ONCA, et leur patrimoine doit être transféré également à ce dernier.

Dirhams : Monnaie du Maroc (1 euro = 11.02 Dirhams)

## **Sigles et acronymes**

ORMVAT : Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Tadla.

ONCA : Office Nationale de Conseil Agricole.

GAG : Goutte à Goutte.

GH : Grande Hydraulique.

PMV : Plan Maroc Vert.

PNEEI : Programme Nationale d'Economie d'Eau d'Irrigation.

Dh : Dirhams

## Introduction

Sous le paradigme de « more crop per drop » et dans un contexte de diminution des ressources en eau surtout pour l'agriculture, l'irrigation localisée se trouve proposée comme réponse pour les grandes crises de l'eau (Postel, 2000 et Bourzac, 2013). C'est une technique de plus en plus utilisée dans le monde car jugée révolutionnaire grâce à ses avantages, notamment son efficacité importante pouvant atteindre 90% ainsi que la possibilité de fertigation.

Les agriculteurs adoptent l'irrigation localisée pour augmenter leurs rendements et passer vers des cultures à haute valeur ajoutée. Ils peuvent soit installer le GAG directement sur leurs parcelles, soit passer d'une technique à une autre (gravitaire ou aspersion). Mais ce passage vers une autre technique d'irrigation, appelé reconversion, implique des changements importants concernant les pratiques d'irrigation et d'assolement pour les agriculteurs. En effet, le goutte-à-goutte demande une grande technicité et une durée d'adaptation relativement longue. Benouniche (2014) a travaillé sur des expériences d'agriculteurs marocains (dans le Saïss) optant, de leur propre initiative, pour une reconversion du gravitaire vers l'irrigation localisée. Ils ont fait preuve d'innovation et de « bricolage » sans pour autant respecter les consignes techniques préconisées généralement par les experts. Les agriculteurs dans ce type de reconversion individuelle étaient équipés de bassin de stockage ou accédaient directement à la nappe, ils ne se retrouvaient donc pas confrontés aux contraintes d'une gestion collective. Ils étaient plus motivés et moins contraints à suivre des règles de gestion précises. Mais d'un autre côté, ces derniers pouvaient consommer 3 à 4 fois plus de volumes que les besoins nécessaires. (Benouniche, 2014)

Le périmètre du Tadla (Maroc) connaît également une dynamique de reconversions individuelles et également une reconversion collective réalisée en partenariat avec l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT). Un projet pilote et innovant qui induit d'autres défis en raison d'une part, l'implication de plusieurs parties prenantes dans le projet avec des intérêts différents (Etat, bureaux d'étude, agriculteurs) ainsi que l'importance de faire des choix techniques réalisables pour une gestion collective moins contraignante. D'autre part, ce passage du gravitaire à l'irrigation localisée est considéré délicat car, contrairement à une installation en GAG dans une terre en bour, il requière un changement majeur des pratiques d'irrigation ainsi que des pratiques culturales.

### Intérêt des projets de reconversion au Maroc

L'agriculture joue un rôle crucial dans l'économie marocaine. Au cours de la dernière campagne agricole, grâce à un climat favorable, ce secteur a représenté 15.6% du PIB, soit la principale contribution à la croissance globale du pays. L'irrigation accroît à la fois le niveau et la stabilité des revenus dans les zones rurales. Le pays possède 1.46 million d'hectares de terres irriguées de façon pérenne, dont 682.600ha font partie de neuf périmètres de Grande Hydraulique gérés par neuf agences publiques de développement agricole (Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole).

D'autre part, le Maroc connaît une diminution des ressources en eau, à cause de conditions climatiques de plus en plus difficiles et de pompages excessifs dans la nappe. C'est pour ces raisons que le pays fournit beaucoup d'efforts afin de moderniser l'agriculture irriguée, à travers principalement le passage vers des techniques d'irrigation plus économes en eau (principalement en termes de consommations sur la parcelle), notamment l'irrigation localisée.

### Les efforts de modernisation à travers différents programmes agricoles :

Le Maroc s'est engagé dans un processus dynamique en vue de renforcer les opportunités économiques et l'inclusion sociale dans le domaine de l'agriculture à travers plusieurs programmes de développement de grande ampleur, notamment le Plan Maroc Vert. Cette stratégie vise à doubler la valeur ajoutée générée par le secteur agricole et à créer 1,5 million d'emplois d'ici 2020, transformant ainsi le secteur en une source stable de croissance, de compétitivité et de développement économique diversifié. Le PMV comprend deux piliers ; le pilier I cible les exploitants commerciaux et leur intégration aux marchés national et international, tandis que le pilier II vise les petits exploitants principalement dans les zones marginales.

Le volume total des investissements requis pour la période 2009-2018 porte sur près de 193 milliards de dirhams dont 121 milliards de dirhams au titre du Pilier I et 20 milliards de dirhams au titre du pilier II. Le reliquat, soit 53 milliards de dirhams concernera les actions de reconversion collective en irrigation localisée et les diverses actions d'appui (Ministère de l'économie et des finances, 2015).

Une autre stratégie clé, agissant en synergie avec le PMV, est le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI) dont le but est de garantir une gestion optimale de l'eau à travers l'économie et la valorisation de cette ressource.

Le PNEEI promeut une utilisation plus productive de l'eau par l'introduction de technologies d'irrigation efficaces (principalement par irrigation goutte à goutte) sur 555.000 ha de terres irriguées d'ici 2020, dont 335.000 ha dans des exploitations privées et 220.000 ha dans les périmètres de Grande Hydraulique. Ce programme, soutenu par le Fond de Développement Agricole (FDA), principal instrument de subvention agricole au Maroc, octroie des subventions allant jusqu'à 100% pour l'adoption de l'irrigation goutte à goutte ou par micro-irrigation.

Ce programme a pour objectif l'économie et la valorisation des ressources en eau ; il consiste en la reconversion des systèmes d'irrigation classiques à savoir le gravitaire et l'aspersion en irrigation localisée.

*Tableau 1 : Objectifs du PNEEI*

	Superficie irriguée (ha)	Reconversion (ha)		
		Collective	Individuelle	Total
<b>Moulouya</b>	670 430	217 940	177 150	395 090
<b>Gharb</b>	77 300	14 200	37 000	51 200
<b>Doukkala</b>	113 400	42 300	23 400	65 700
<b>Haouz</b>	146 000	57 100	23 500	80 600
<b>Tadla</b>	109 000	49 040	39 700	88 740
<b>Tafilalet</b>	28 000	-	2 000	2 000
<b>Ouarzazat</b>	37 600	-	1 500	1 500
<b>Souss Massa</b>	32 730	3 300	6 500	9 800
<b>Loukkos</b>	30 400	12 500	6 450	18 950

Source : PNEEI, 2014

La réalisation de ce programme s'étale jusqu'en 2020, pour un montant global de 5,294 Milliards de DH. Des investissements énormes pour des projets qui parfois n'aboutissent pas forcément.

Selon la nature de distribution, deux cas sont distingués, la reconversion collective et la reconversion individuelle.

### Reconversion individuelle

Pour la reconversion individuelle, deux options sont possibles selon la localisation de la propriété :

- Pour les propriétés situées à l'intérieur des secteurs équipés, les parcelles seront irriguées à partir du réseau existant, moyennant le recours au bassin de stockage afin de pouvoir alimenter en continu l'installation.
- En ce qui concerne les propriétés situés hors secteurs équipés, les parcelles seront irriguées soit à partir de la nappe ou des oueds, moyennant une autorisation de pompage.

La région du Tadla connaît une évolution importante en ce qui concerne la reconversion individuelle car elle représente un certain nombre d'avantages, notamment par rapport à la motivation des agriculteurs. Ces derniers déposent, de leur propre initiative, les dossiers de demande et sont seuls responsables de leurs équipements avec une gestion individuelle du réseau.

Malgré ces avantages, la reconversion individuelle a également des inconvénients surtout par rapport au dépôt du dossier et des démarches administratives pour bénéficier de la subvention. Les agriculteurs (surtout ceux dont la superficie est inférieure à 5ha) se retrouvent face aux bureaux d'étude et sociétés de travaux qui ne sont pas normalisées, la qualité de son étude s'en trouve affectée, se voit rejetée par l'office et doit donc être refaite aux frais de l'agriculteur (Boularbah, 2014). Plusieurs de ces derniers renoncent à l'aménagement, les plus motivés d'entre eux optent pour un GAG « bricolé » réalisé par les intermédiaires, qui ne respectent pas forcément les règles de gestion et les choix techniques adoptés par les ingénieurs et peuvent donc être éventuellement moins efficace en termes de consommation en eau à la parcelle (Benouniche, 2013).

Pour accélérer le rythme des reconversions et impliquer des agriculteurs ayant des difficultés à changer leur système d'irrigation (par défaut de financement ou des problèmes de foncier), l'Etat a mis en place un processus de reconversion collectif.

### Reconversion collective

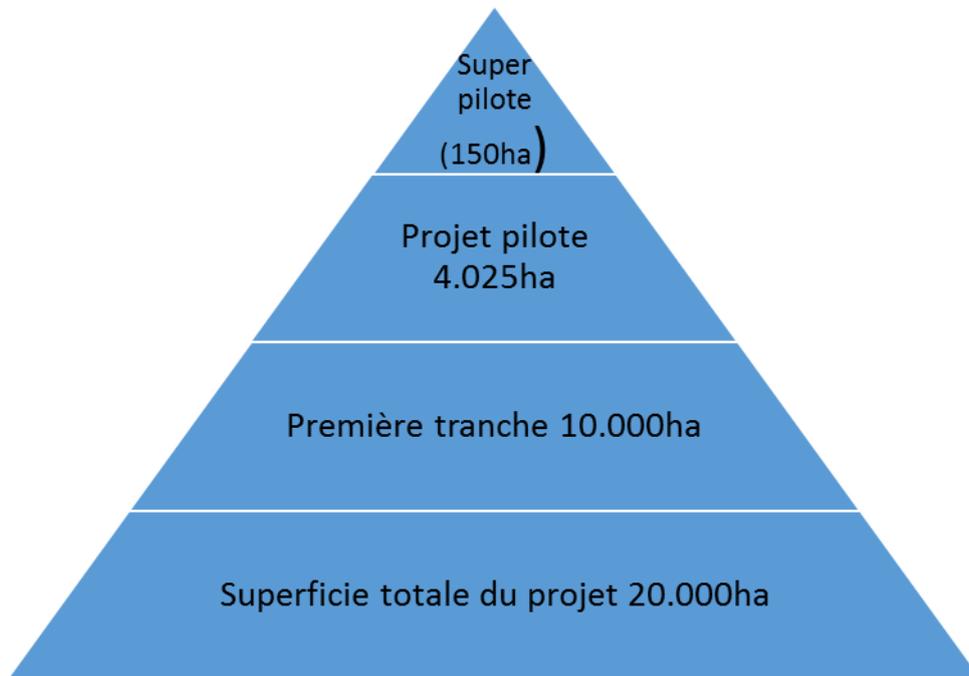
Contrairement aux projets de reconversion individuelle, « les projets collectifs d'irrigation correspondent à un regroupement de plusieurs agriculteurs pour la création et la gestion des infrastructures collectives permettant de desservir l'eau pour l'irrigation localisée. Ces projets engendrent d'autres types de risques différents de ceux induits par la reconversion individuelle: sur le plan organisationnel, il faut construire et concevoir des règles de gestion collectives; sur le plan relationnel, il s'agit d'un groupe d'individus avec différents points de vue et différents intérêts. En contrepartie, ces projets offrent un certain nombre d'avantages, principalement la réduction du coût de l'investissement, l'apprentissage collectif » (Bekkar et al., 2007) et la participation de certaines catégories d'agriculteurs ne pouvant accéder à la reconversion individuelle. La réussite d'un projet de reconversion collective implique des exigences en termes « de capacités de coordination, de communication et de négociation par les dirigeants des groupements d'agriculteurs » (Bekkar et al., 2007).

Compte tenu de leur caractère « collectif » les périmètres de la grande hydraulique constituent un type de système considéré comme opportun par l'Etat pour la mise en œuvre de la reconversion collective.

Au niveau national, le périmètre du Gharb a connu en 2008 un projet de reconversion collective de l'aspersion au localisé (les parcelles en gravitaire étaient reconverties individuellement avec l'initiative des agriculteurs). Les responsables de l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Gharb (ORMVAG) avaient décidé qu'il serait plus favorable de commencer par les secteurs aspersionnels car moins compliqués à réaliser (travaux en amont du réseau moindre par rapport à une reconversion des secteurs gravitaires). Mais on a pu remarquer à travers une évaluation ex-post du projet (après 6 ans), un abandon de l'irrigation par GAG en raison de l'endettement des agriculteurs dû au manque d'intervention des agrégateurs, à une faible motivation des bénéficiaires et un suivi limité du projet par l'assistance technique. (Boularbah, 2014)

Au périmètre irrigué du Tadla, situé dans une région à grand potentiel agricole et irrigué principalement en gravitaire, il est prévu l'équipement d'environ 49.000ha en projets collectifs d'irrigation localisée situés essentiellement dans le périmètre des Béni Moussa bénéficiant d'une pression naturelle. La première phase de ce projet a concerné la mise en place des équipements externes consistant en un réseau sous pression transportant l'eau du canal G vers les secteurs irrigués.

L'étude de faisabilité a mis en évidence 20.000ha à reconvertir sans frais de pompage, la première tranche de 10.000ha a débuté en 2009. Le secteur pilote concerne une superficie de 4.025ha dans la zone des Béni Moussa.



Ce travail se penche principalement sur la reconversion collective qui s'avère être plus compliqué car elle fait intervenir des choix de dimensionnement plus délicats et un certain nombre d'intervenants avec des intérêts et des objectifs différents. En effet, l'irrigation localisée présente une technique nouvelle pour les agriculteurs qui doivent d'un côté s'habituer à des pratiques d'irrigation différentes de celles pratiquées en gravitaire. D'un autre côté, dans un périmètre de GH, ils doivent mettre en œuvre une organisation collective des irrigations pouvant satisfaire les besoins des agriculteurs et être techniquement réalisable.

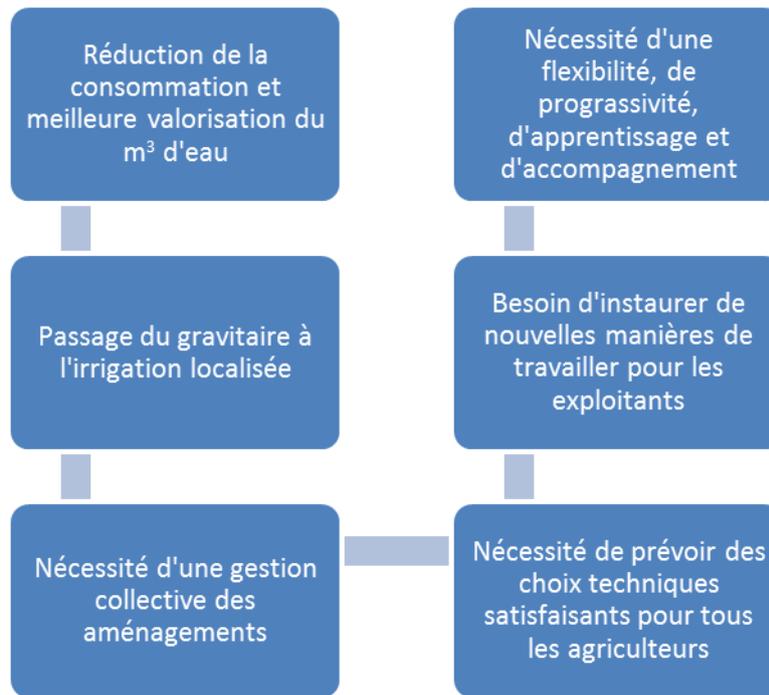


Schéma inspiré du Rapport de capitalisation des acquis du Projet pilote d'économie et de valorisation de l'eau d'irrigation dans le périmètre des Doukkala, 2012

La participation effective des agriculteurs, étant les principaux bénéficiaires, lors de la mise en œuvre des projets de reconversion s'avère primordiale pour la réussite du projet. Des agents de l'Etat ont participé à des ateliers pour la Gestion Participative de l'Irrigation (Abdellaoui, 2003) qui constitue une réponse institutionnelle au problème de la gestion des périmètres irrigués et dont les objectifs sont de (Abdellaoui et El Alaoui, 1999) :

- Permettre une implication et une responsabilisation effective des agriculteurs usagers de l'eau d'irrigation dans l'aménagement, l'exploitation et la maintenance des équipements et ouvrages hydrauliques.
- Favoriser un dialogue et une action concertée entre ORMVA et agriculteurs des périmètres irrigués.
- Donner aux agriculteurs l'occasion de comprendre la portée des choix techniques à faire et leurs conséquences sur la gestion, l'entretien et le renouvellement des équipements (Bekkar et al., 2007).

Des jeux de rôles ont été organisés avant la réalisation du projet pour renforcer l'implication et les choix des agriculteurs dans le projet de reconversion. En effet, un groupe d'agriculteurs et de gestionnaires ont pu expérimenter, d'une manière virtuelle, les différentes étapes de la

mise en œuvre d'un projet collectif, ce qui a permis de formuler les attentes des agriculteurs et mettre en relief les problèmes pouvant se poser lors de la réalisation du projet. « Au Tadla, le transfert de cette approche à des organisations professionnelles locales pourrait permettre le développement des projet collectifs d'irrigation (PCI), et leur accompagnement à plus large échelle, spatiale et temporelle. » (Dionnet et al, 2006)

C'est un projet important car c'est la première expérience de reconversion collective à grande échelle du gravitaire au GAG au niveau national et international. L'ORMVAT a organisé un grand nombre de réunions d'information et de formation ainsi que des enquêtes sur terrain pour recueillir les avis des agriculteurs par rapport aux choix techniques à réaliser mais également par rapport à leurs projets futurs (assolements). Cependant, une partie des agriculteurs n'ont pas pu assister à ces différentes réunions soit pour des raisons de cohéritage (plusieurs agriculteurs gèrent la même exploitation) ou alors à cause d'une faible efficacité des associations d'irrigants (AUEA) en ce qui concerne la circulation de l'information (Hadioui et al., 2014).

Ce projet de reconversion collectif est une première expérience en son genre. C'est un champ d'apprentissage qui s'est basé sur plusieurs hypothèses par rapport notamment aux assolements, aux choix techniques et à la gestion participative des agriculteurs dans le processus de passage vers l'irrigation localisée.

Mais la question qui se pose est comment garantir une implication effective des irrigants, surtout qu'ils font face à un changement radical que ce soit par rapport aux techniques d'irrigation, pratiques culturales ou relation avec les agents de l'office (payement des redevances, mode de desserte, tarif de l'eau) et d'autre part, qu'ils représentent une typologie diversifiée avec des individus motivés par différents intérêts ?

Comment les agriculteurs, habitués à une autre techniques d'irrigation s'adaptent-ils aux systèmes d'irrigation en goutte à goutte ? Est-ce que d'autres alternatives comme un octroi des subventions pour la réhabilitation du gravitaire par la remise en état du nivellement peuvent-elles être considérées ?

D'autre part, les projets de reconversion sont un véritable challenge, du côté technique mais aussi financier, comment s'organisent l'Office et les bénéficiaires pour rester en phase malgré la différence de leurs intérêts ?

Dans cette optique, je me suis donné pour objectif dans le présent travail :

- L'analyse des démarches utilisées dans la reconversion collective allant du choix des variantes d'équipements externes vers l'accompagnement et le suivi des agriculteurs dans ce processus.
- Le diagnostic sur terrain de la manière dont les projets collectifs sont mis en œuvre.
- Formulation de recommandations sur la base des enquêtes et sorties sur terrain.

## Matériels et méthodes

Avant de présenter les résultats du travail, il est nécessaire de présenter la technique d'irrigation localisée avec ses avantages et ses inconvénients, puis présenter la région du Tadla et le projet pilote de reconversion collectif ainsi que les choix méthodologiques pour la réalisation du travail.

### 1. L'irrigation localisée : Définition

L'irrigation localisée consiste à apporter l'eau au voisinage ou au pied des plantes directement à la surface ou à l'intérieur du sol, avec de faibles débits et à des intervalles rapprochés. L'eau est conduite à la plante grâce à un réseau dense de canalisations. Cette eau est filtrée et éventuellement enrichie en fertilisants. Seule une fraction de la surface est arrosée (zone explorée par les racines des plantes). L'apport se fait sous forme de gouttes, de minces filets d'eau ou de mini-jets au travers des dispositifs de distribution variés. (Compaoré, 2003)

Sur le plan international, plusieurs termes sont utilisés pour désigner cette technique :

- Micro-irrigation : terme choisi par la commission international des irrigations et du drainage (CIID) (Téhéran1976 in Benouniche, 2008).
- Irrigation goutte à goutte : terme utilisé par certains auteurs en référence à l'utilisation d'un type particulier de gouteurs.
- Irrigation localisée : terme choisi par l'organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture en raison des apports d'eau effectués au voisinage immédiat des plantes.

### 2. Composante du système goutte à goutte

Selon la FAO : Un système intégral d'irrigation « par goutte à goutte » comprend (FAO, 2008):

- L'ouvrage de tête : Il comprend principalement une vanne de sectionnement, des vannes de contrôle, une unité de filtrage, un injecteur d'engrais.

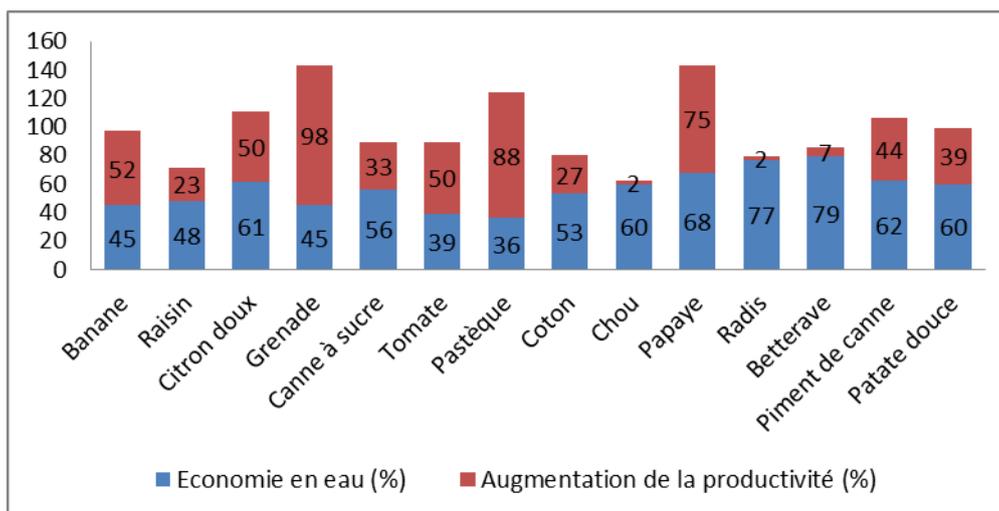
- Des prises bornes : Elles sont branchées sur les conduites principales et secondaires. Elles sont munies de vannes de sectionnement de 2 à 3 pouces, et peuvent fournir tout ou une partie du débit alimentant les adducteurs.
- Porte-rampe : Ce sont des conduites d'un plus petit diamètre. S'ils sont en PEHD (polyéthylène résine à haute densité), ils restent en surface et sont reliés à la borne par des raccords de compression en polypropylène (PP).
- Rampes : Ce sont les conduites de plus petit diamètre du système. Elles sont toujours en PEFD (polyéthylène résine à faible densité) noir flexible. Elles sont branchées sur l'adducteurs, à des positions fixes avec petits raccords en polypropylène, et posées le long des rangées de cultures. Elles sont équipées de goutteurs ou d'autres distributeurs espacés régulièrement.
- Les goutteurs : Sont de petits distributeurs en plastique de haute qualité. Ils sont montés à intervalle régulier sur de petits tuyaux flexibles en polyéthylène. L'eau pénètre dans les goutteurs sous une pression d'environ 1 bar et ressort sans pression sous forme de gouttelette.
- Gaines de micro-irrigation : Il s'agit de lignes de tuyaux à parois mince avec des points d'émission, fournissant de plus faible débit que les goutteurs habituels à de très faibles pressions, ce sont des tuyaux à goutteurs intégrés.
- Tuyaux à parois poreuses : Ces tuyaux de petit diamètre (environ 16 mm) sont des tubes flexibles à parois minces poreuses en fibres de PE, en PVC, en caoutchouc. Ils permettent le passage à basse pression de l'eau et des éléments nutritifs par transpiration au travers du tube qui vont irriguer les plantes. L'application de cette technique est limitée bien qu'elle offre quelques avantages.
- Filtration : La filtration est très importante pour l'application du GAG, ceci en raison du risque élevé du bouchage des goutteurs qui diminue les performances du système. Le type de filtration dépend du type d'impuretés et du degré de filtrage requis.

### 3. Avantages et inconvénients du GAG

L'irrigation localisée présente plusieurs avantages, par rapport à d'autres techniques d'irrigation, notamment :

- Efficience d'application de l'eau à la parcelle : pouvant atteindre 90% et permet de réaliser une économie d'eau. Bien que ce soit l'argument toujours mis en avant lors des discussions à propos du GAG, Benouniche (2014) conclut, à travers son travail, que l'économie d'eau ne représente plus une priorité même pour les agents de l'Etat. Il est donc nécessaire de redéfinir ce concept sur différentes échelles (au niveau du bassin versant, au niveau du périmètre et au niveau de la parcelle). Plusieurs approches ont été développées dans ce sens et un grand débat a été engagé, notamment à travers le travail de Keller et al (1996) qui propose l'approche IWS (Integrated Water Resource Systems) et juge l'efficience globale du bassin versant plus pertinente que les efficience individuelles chez les agriculteurs. L'auteur estime que les efforts et investissements réalisés pour augmenter l'efficience des parcelles ne sont pas forcément justifiés car l'efficience globale du bassin versant reste élevée, dans le cas d'un système ne faisant pas face à des problèmes de salinité, même si les efficience individuelles restent faibles. D'autre part, Gleick (2011) affirme que les efficience élevées à la parcelle permettent non seulement une valorisation du m<sup>3</sup> d'eau mais peut avoir des effets non mesurables notamment par rapport notamment en ce qui concerne l'écosystème, la consommation d'énergie ou la qualité des sols. En effet, diminuer le drainage permettrait de laisser plus d'eau dans les cours d'eau et donc d'une part, limiter les percolations dans le sol qui augmenteraient la salinité de l'eau, et d'autre part diminuer les consommations d'énergie de pompage dans la nappe (Gleick et al, 2011)
- Mise en valeur du m<sup>3</sup> d'eau et meilleure productivité :

Figure 1 : Productivité et économie de l'eau en GAG



Source : Dessai et Sudhakar, 1993

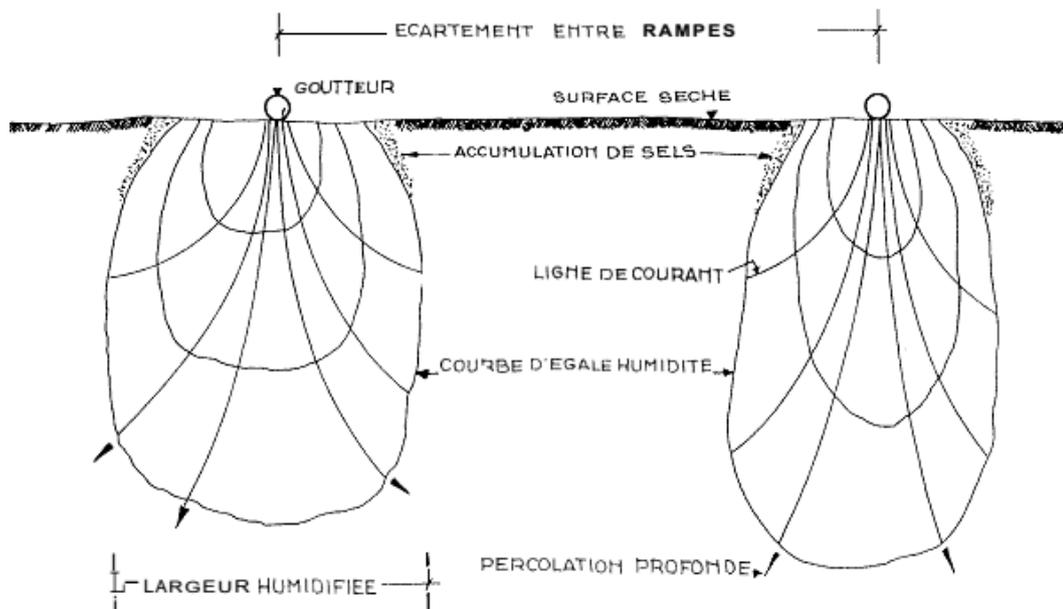
- Facilité d'exécution des travaux culturaux : Les interlignes restent secs et les travaux culturaux ne sont pas gênés par les arrosages, la technique du paillage plastique est facilitée.
- Réduction des maladies : L'air ambiant reste sec, cette sécheresse relative entrave la prolifération des insectes et la propagation des maladies cryptogamiques.
- Possibilité de fertigation : La fertilisation est réalisée par l'incorporation des engrais dans l'eau d'arrosage. Selon l'étude de Cherkaoui sur la pratique de la fertigation dans le périmètre du Tadla, le GAG permettrait une économie de 30% sur les quantités de fertilisants apportés en comparaison avec les apports en irrigué traditionnel. Un autre impact positif indirect réside dans l'atténuation du risque de lessivage des pesticides appliqués sur les plantes étant donnée l'absence d'eaux infiltrées (sauf en cas d'avènement de pluie).

Malgré ces avantages, l'irrigation localisée présente également des inconvénients, principalement :

- L'obstruction des goutteurs : Pour prévenir les risques d'obstruction, il faut assurer une filtration très soignée de l'eau à l'amont du réseau et procéder parfois, à une injection dans les rampes.

- Une accumulation de sels : La salinité a tendance à augmenter entre les goutteurs plus que dans le bulbe. L'accumulation des sels se fait surtout à la périphérie de ce dernier. Les spécialistes en la matière expliquent ceci par le fait que le sel est refoulé à la périphérie du bulbe (FAO, 1997) d'où sa plus grande concentration à la jonction de deux bulbes qui représentent autant de sources de sels.

Figure 2 : Salinité dans le cas du GAG



Source : Comparoé, Cours de micro irrigation, 2003

Ce risque de salinité augmente dans des régions comme le Tadla où la nature du sol et les conditions climatiques peuvent aggraver l'état du sol.

- Les coûts d'investissements : Installer un système d'irrigation localisé requière un financement important pour l'étude et l'installation du matériel.
- Un autre impact environnemental de l'irrigation localisée qui ne reçoit toujours pas l'attention effective est le devenir des matières plastiques utilisées par le système goutte à goutte. C'est un impact qui pourrait avoir des conséquences désastreuses pour le sol et les cultures si les mesures nécessaires ne sont pas prises.

Malgré ces inconvénients, le goutte à goutte reste une technique jugée révolutionnaire qui permet de valoriser le m<sup>3</sup> d'eau.

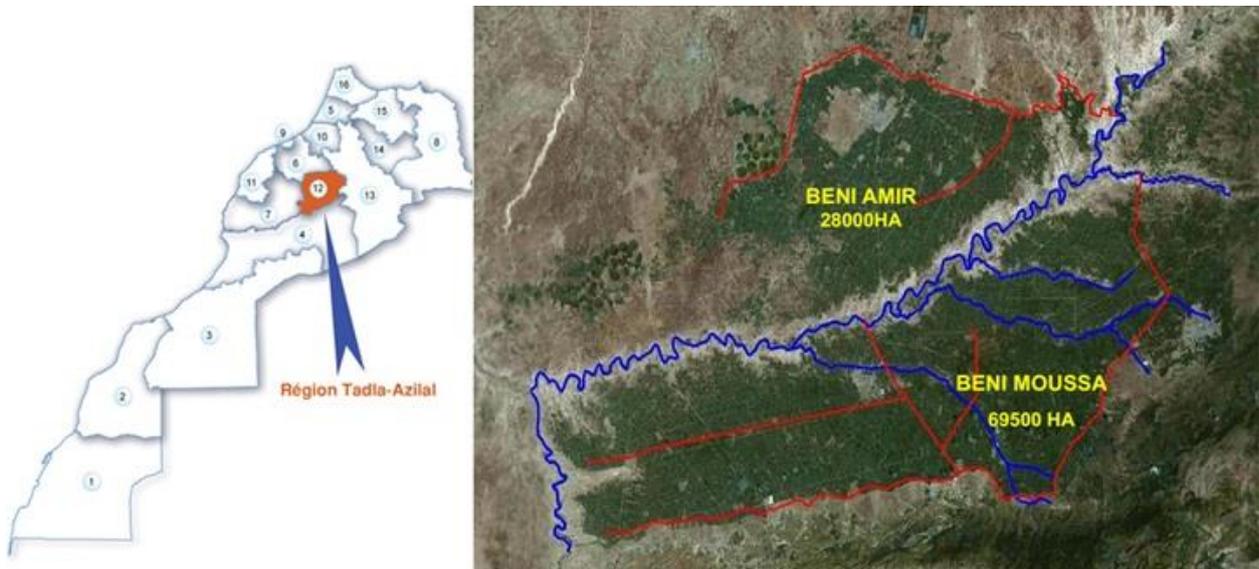
La région du Tadla, un des plus importants et anciens périmètres hydrauliques au Maroc en

raison de ses richesses en eau et en terre, reçoit une attention particulière quant aux projets de reconversion, individuels et collectifs.

#### 4. Le Tadla : un laboratoire d'innovation

##### 4.1 Contexte physique du secteur

La plaine du Tadla se situe à 200 km au Sud-Est de Casablanca, à une altitude moyenne de 400m et couvre une superficie de 3600 km<sup>2</sup> environ. Cette plaine est traversée sur toute sa longueur par l'Oued Oum Rbiâa créant deux périmètres indépendants : les Béni Moussa en rive gauche et les Béni Amir en rive droite. Les Béni Amir sont irrigués à partir des eaux de l'Oum Er Rbia (barrage El Hansali) sur une superficie de 28.800ha et les Béni-Moussa à partir des eaux de l'Oued el Abid (barrage de Bin el Ouidane) sur une superficie de 69.500ha.



Le climat est de type aride à semi-aride avec une saison sèche d'Avril à Octobre et une saison humide de Novembre à Mars. La pluviométrie annuelle est de 300mm. La température moyenne est de 18°C avec un maximum en Août de 38°C et un minimum en Janvier de 3,5 °C. Au niveau des Béni Moussa Ouest, région du projet, la salinité des sols se situe entre 0,78 et 3,75 mS/cm, elle dépasse 2 mS/cm dans 38 % des sites du réseau de suivi de l'ORMVAT (campagne 2007-2008). Cette salinité élevée résulte de l'accumulation des eaux de drainage dans l'aval hydraulique, en plus de l'utilisation des eaux souterraines dont la salinité dépasse les normes de qualité pour les eaux d'irrigation, en effet la conductivité électrique moyenne de ces eaux est de 2,38 mS/cm et atteint 6,44 mS/cm par endroits (Bennouna, 2014). Dans le

secteur pilote du projet, les sols sont de deux types : sols châtaîns sur la partie Est du secteur et sols bruns sur la partie Ouest. (cf annexe 3).

#### Ressources en eau de surface

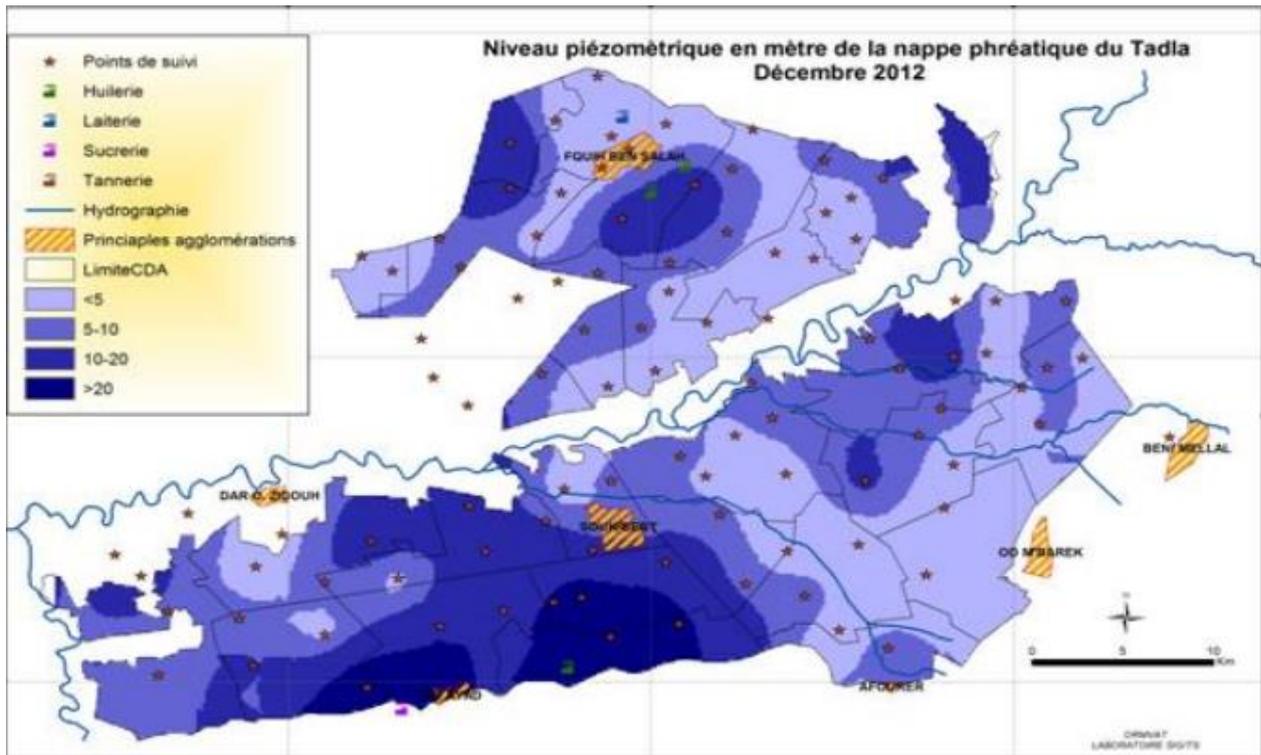
Le secteur pilote appartient au périmètre des Béni Moussa dont le ressource en eau de surface proviennent de l'oued El Abid, le plus important affluent de l'oued Oum Erbia et sur lequel est érigé le barrage Bin El Ouidane. La dotation en eau moyenne annuelle est de l'ordre de 7 000 m<sup>3</sup>/ha.

En plus de ces ressources en eau superficielles, les agriculteurs du périmètre des Béni Moussa recourent massivement aux eaux souterraines. En effet, dans le secteur pilote, on compte environ 291 forages, 376 puits, 70 puits/forages répartis sur 4 183ha. (Chahri et Saouabe, 2014).

#### Eaux souterraines

L'alimentation naturelle de la nappe est constituée par les précipitations et une faible partie des eaux de crues issues des bassins versants dominant les Béni-Moussa qui s'infiltrant au niveau du piémont. Les apports artificiels sont constitués par la percolation des eaux d'irrigation. L'irrigation gravitaire a profondément modifié la nappe phréatique en provoquant des remontées parfois spectaculaires (plus de 20 m) du niveau piézométrique. Dans certaines régions de Béni Moussa, notamment à l'ouest, et donc dans la région où sera fait le projet, il arrive que la nappe remonte à moins de 2 m du sol après les irrigations ou les pluies.

Figure 3 : Profondeur de la nappe phréatique du Tadla 2012 (ORMVAT)



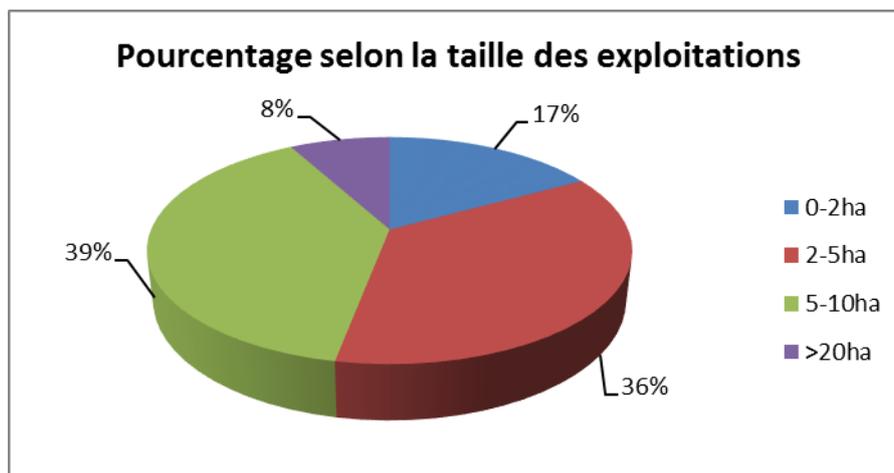
Source : Bennouna, 2014

### Structure foncière

Le secteur pilote est caractérisé par la dominance du statut foncier Melk à 94%.

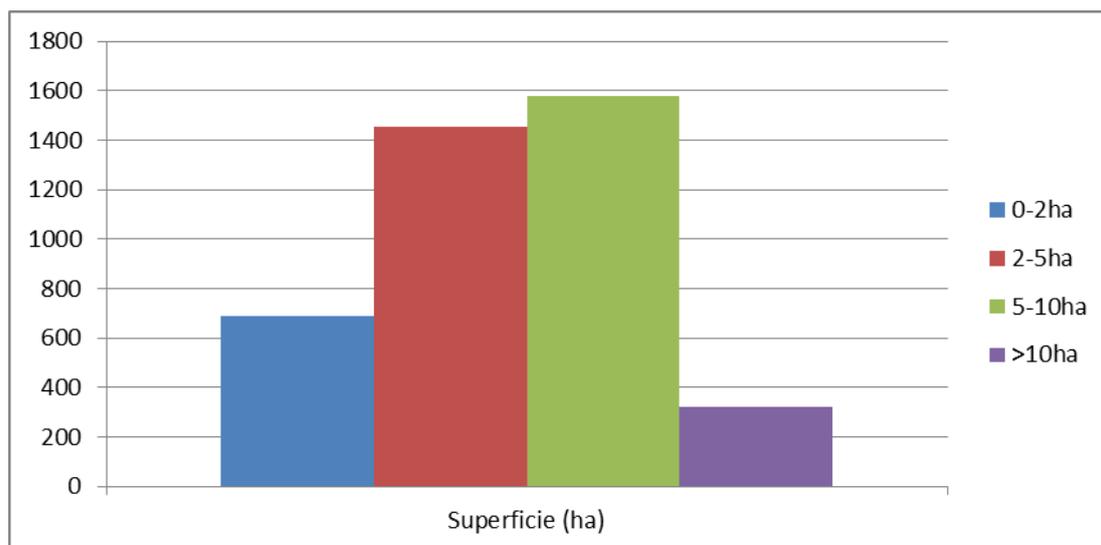
La structure foncière dans le secteur pilote est donné comme suit :

Figure 4 : Répartition en % selon la taille des exploitations



Source : ORMVAT, 2010

Figure 5 : Répartition en ha selon la taille des exploitations



On remarque que les exploitations de taille entre 2 et 10ha sont les plus dominantes dans la zone que ce soit en pourcentage qu'en superficie, ce sont des exploitations plutôt familiales que destinées pour une grande production.

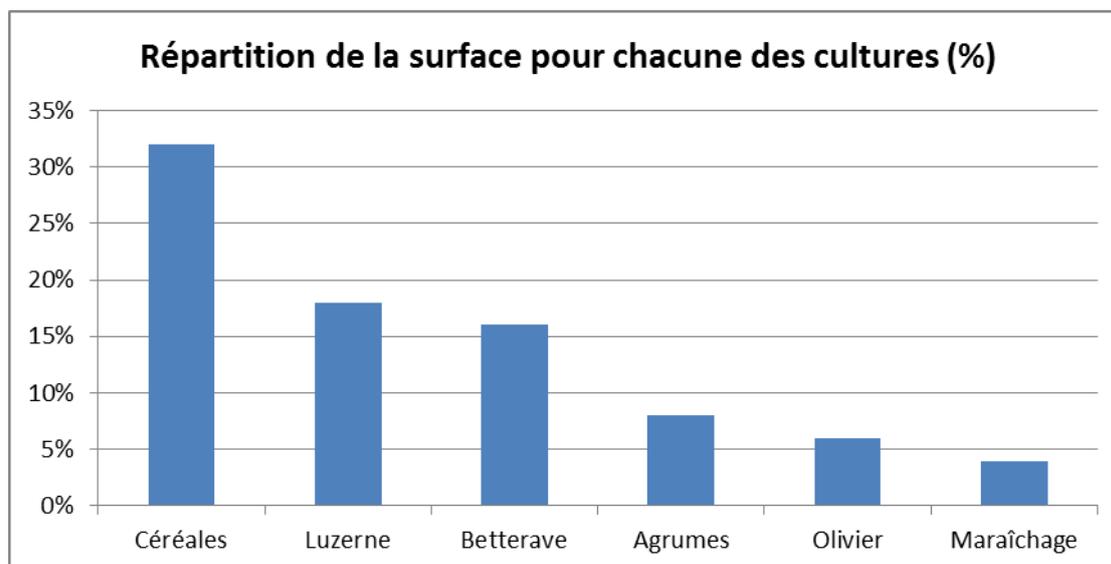
### Assolement

L'occupation du sol sur les 5 dernières campagnes agricoles est caractérisée par :

- Les cultures annuelles irriguées : elles sont représentées par les céréales, la betterave, les cultures fourragères (luzerne et maïs fourrager) et les cultures maraîchères. Ces dernières sont moins présentes en raison d'une insuffisance des eaux d'irrigation ce qui nécessitent un recours à l'eau souterraine. Quand les agriculteurs ont accès à la nappe, cela leur permet la réalisation de ces cultures.
- Les plantations : les principales espèces arboricoles sont l'olivier, qui se trouve généralement en inter-soles des petites à moyennes exploitations dans les exploitations agricoles, et les agrumes dans des exploitations à grandes superficies.

L'assolement existant ans le secteur est comme suit :

Figure 6 : Répartition de la surface pour chacune des cultures



Source : ORMVAT, 2009

#### Assolement futur

L'assolement futur a été précisé selon les attentes des agriculteurs à travers des ateliers, des rencontres et des enquêtes avec les agriculteurs réalisés par les agents de l'ORMVAT et du bureau d'étude.

Se basant sur les éléments correspondant aux secteurs hydrauliques des deux associations « alittihad » et « alomrania » d'une superficie totale de 4.045ha, l'assolement futur, serait :

Tableau 2 : Assolement actuel et futur

Cultures	Assolement actuel		Assolement futur		
	Superficie (ha)	(%)	Grandes exploitations (49%)	Petites exploitations (51%)	Moyennes pondérée
<b>Céréales</b>	1294	32	20	30	25
<b>Luzerne</b>	728	18	10	10	10
<b>Mais fourrager</b>	0		15	15	15
<b>Betterave à sucre</b>	647	16	20	16	18

<b>Agrumes</b>	324	8	25	5	15
<b>Olivier</b>	243	6	18	18	18
<b>Maraichage</b>	162	4	8	12	10
<b>TIC</b>	3398	84	113	103	111

Source : ORMVAT, 2009

Les céréales, la luzerne et le maïs fourrager continueront à jouer un rôle central dans l'assolement au moins dans un premier temps, surtout pour subvenir aux besoins de l'élevage. En effet, la région du Tadla dispose d'un important cheptel laitier avec 55.000 vaches laitières, dont plus de 85% de races améliorées et contribue à la production nationale à 11% en ce qui concerne le lait. (ORMVAT, 2015)

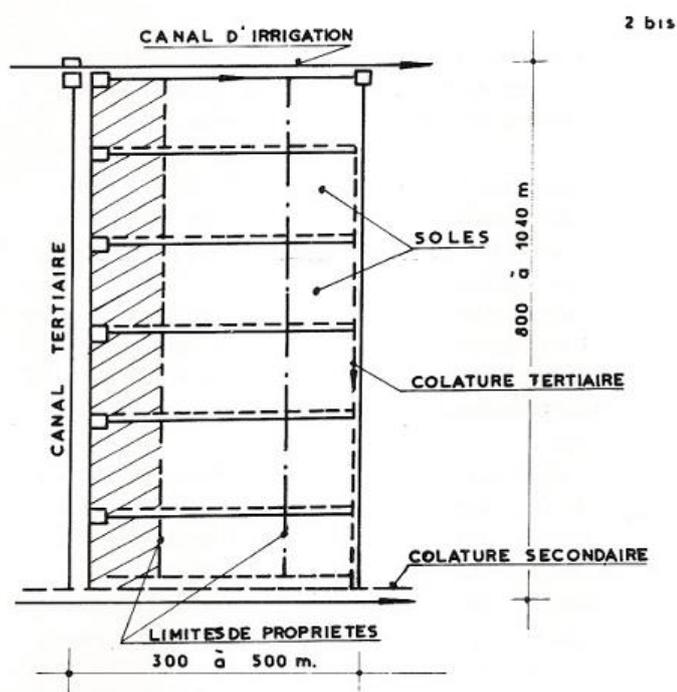
Selon ce scénario, le passage vers de nouvelles cultures dépendrait de la durée de la phase de transition, période durant laquelle les agriculteurs s'adapteraient à l'irrigation en GAG et pourraient, « s'aventurer » vers des cultures à plus haute valeur ajoutée, surtout que la question des débouchés et de la commercialisation est une contrainte fréquemment citée par les agriculteurs s'agissant du développement du maraîchage et de l'arboriculture, ce qui pourrait éventuellement ralentir ce changement d'assolement. Le problème est posé au sein de l'Office qui prévoit « une réflexion sur la commercialisation, le stockage, la transformation, l'organisation du marché intérieur et la qualité des produits ». Il pourrait s'avérer nécessaire que l'Etat intervienne dans la régulation et l'orientation de la production pour éviter l'inondation du marché.

#### Trame existante

Au niveau du périmètre Beni Moussa, la trame existante est la trame B pour l'irrigation en gravitaire principalement (trame adaptée en 1967).

La surface est divisée en bloc qui comprend un nombre de sols prévues pour l'assolement. Les propriétés sont découpées perpendiculairement aux soles de culture (d'une dimension transversale entre 100 et 150m) chaque propriété peut pratiquer ainsi toutes les cultures constituant l'assolement. Chacune des soles est dominée par un canal arroseur, alimenté directement par un canal tertiaire ou, parfois, par l'intermédiaire d'un canal quaternaire. Ainsi les irrigations pouvaient être gérées collectivement, mais après la libéralisation des assolements cette gestion collective est devenue plus délicate en raison de la variabilité des paramètres à l'intérieur de la sole et plus encore d'une sole à l'autre.

Figure 7 : Trame en irrigation gravitaire



#### 4.2 Reconversion individuelle

La région du Tadla connaît une évolution importante quant à la reconversion individuelle. Le tableau suivant présente l'évolution de cette reconversion entre 2009 et 2014.

Tableau 3 : Evolution de la reconversion individuelle au Tadla (2009-2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Superficie équipée</b>	1 447	2 907	1 567	1 520	1 377	2 048
<b>Coût par ha (dh)</b>	45 000	40 234	46 380	47 000	40 000	43 348
<b>Coût total (Millions dh)</b>	65,11	116,96	72,67	71,44	55,08	88,77
<b>Nombre de dossier déposé au guichet unique</b>	73	188	230	122	147	102
<b>Nombre de dossier réglé</b>	87	65	110	112	103	77

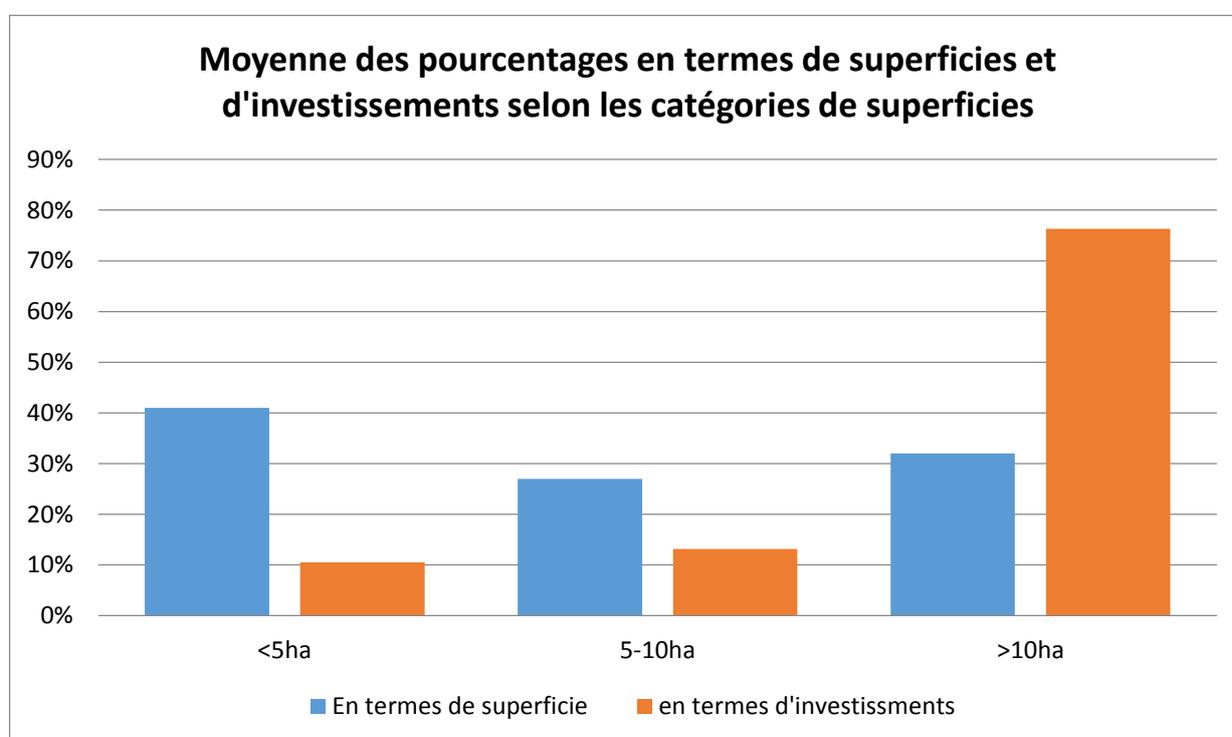
Source : ORMVAT, 2015

Tableau 4 : Pourcentage des catégories de superficie en termes de superficie équipée et d'investissements

	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Sup	Invest										
≤5ha	34%	8%	25%	3%	37%	11%	38%	10%	48%	15%	57%	16%
5ha - 10ha	34%	14%	28%	6%	28%	17%	32%	16%	29%	16%	17%	10%
≥10 ha	32%	78%	47%	91%	35	72%	30%	74%	23%	69%	26%	74%

Source : ORMVAT, 2015

Figure 8 : Pourcentage des catégories de superficies (2009-2014)



Source : ORMVAT, 2015

Bien que les superficies inférieures à 5ha soient dominantes en termes de superficie, ce sont les superficies >10ha qui sont majoritaires en termes d'investissements. Ces superficies sont mieux équipées car destinées aux grandes cultures contrairement aux petites superficies qui se contentent généralement des équipements nécessaires. Mais on peut remarquer sur le tableau 4 une augmentation pour ces petites superficies en termes d'investissements.

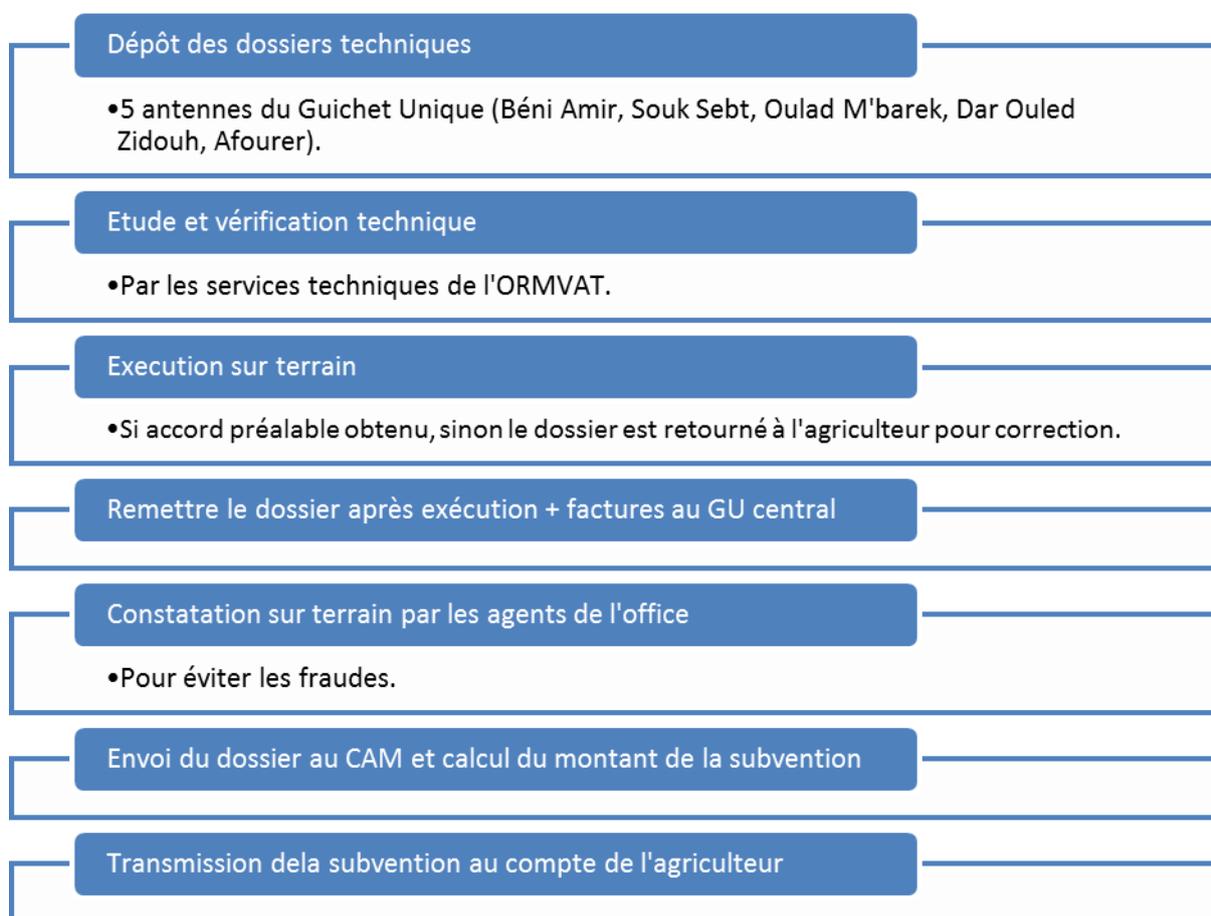
D'autre part, d'après le Tableau 3, on remarque une augmentation des superficies équipées en

raison à l'augmentation du taux de subvention ayant atteint 100% pour les superficies inférieures à 5ha. En 2009, il y a eu un dépassement du nombre de dossiers réglés par rapport au nombre de dossiers déposés au Guichet Unique, dû au traitement de dossiers antérieurs.

Procédure d'obtention des subventions :

Les dossiers sont déposés au guichet unique et après approbation, il est remis à la direction technique à l'office qui étudie la faisabilité du projet. Si l'agriculteur reçoit l'accord, il bénéficie d'une année pour réaliser le projet ; en cas de changement il dépose une demande et la durée est prolongée de 6 mois. L'agriculteur récupère le montant de la subvention après que l'office ait réalisée une constatation sur terrain pour éviter toute tentative de fraude.

Le schéma suivant résume la procédure d'octroi des subventions :



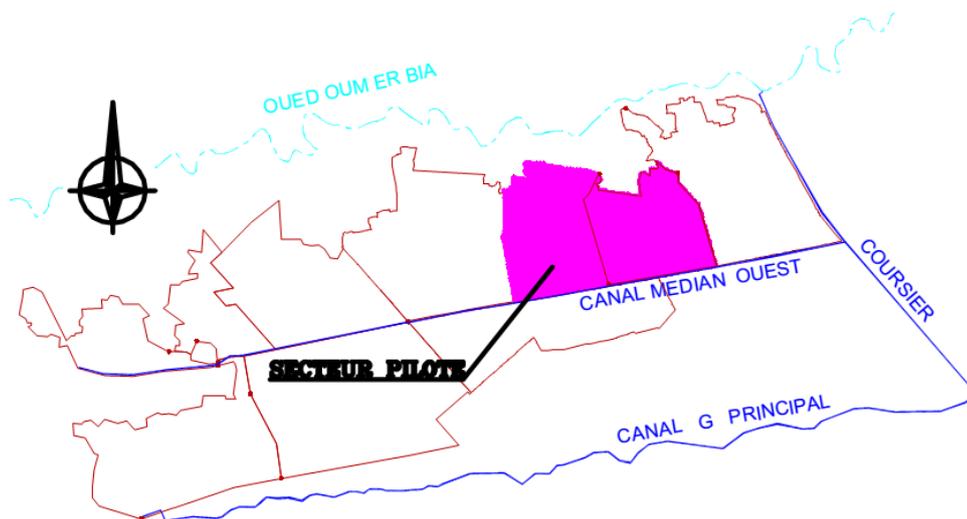
\*CAM : Crédit Agricole du Maroc.

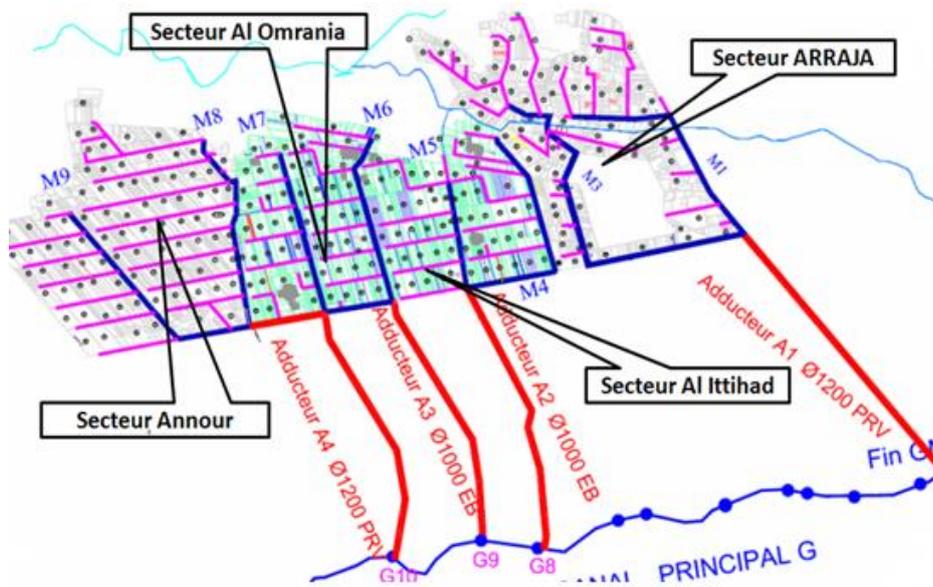
### 4.3 Le projet pilote de reconversion collective

La région du Tadla a pour objectif la reconversion de 49.000ha en irrigation localisée dans la zone des Beni moussa. Une étude de faisabilité se basant sur différents critères a permis d'identifier 20.000ha comme reconvertible sans recours à l'énergie de pompage, la zone sera en effet desservie par gravité. Ces critères sont :

- Hydrauliques: Exigence d'une dénivelée entre le secteur et la source d'alimentation pour concevoir un réseau sous pression sans recourir au pompage.
- Fonciers: La taille et le statut de propriété.
- Agronomiques: Concerne les types de spéculations pratiquées.
- Socio-économiques: le niveau d'éducation des exploitants et le degré d'organisation des agriculteurs.
- Etat du réseau: le degré de dégradation des canaux.
- Salinité de la nappe: La qualité des eaux souterraines.

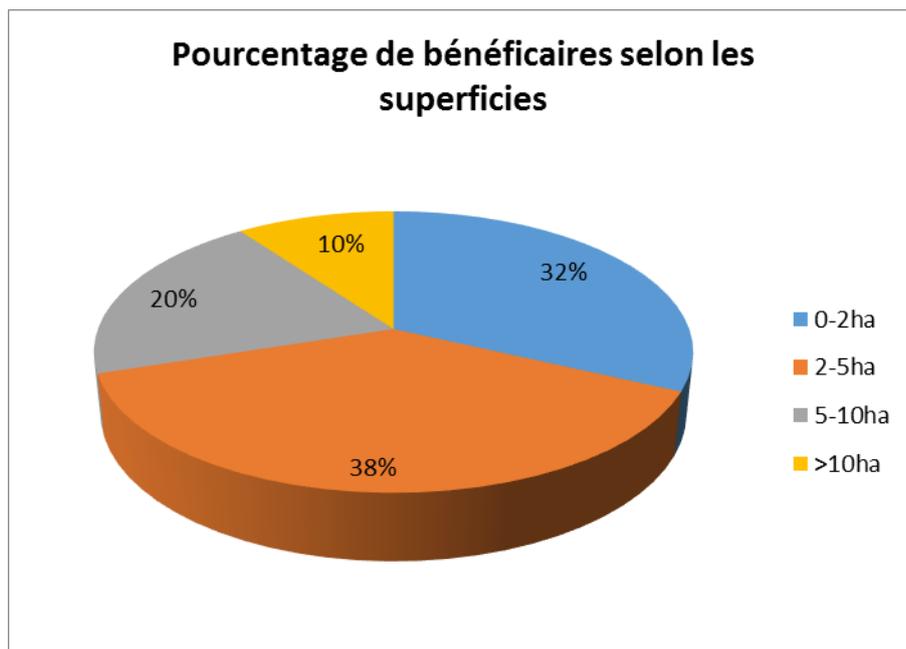
Une première tranche du projet concerne une zone de 10 235ha. La zone correspond aux secteurs hydrauliques desservis par les canaux secondaires M1 et M9 renfermant les AUEA : Arraja, Al Ittihad, Al Omrania et Annour. Cette zone est limitée au sud par le canal médian ouest, à l'Est par le canal coursier, au nord par l'oued om er rbia et à l'ouest par le reste des secteurs desservis par les canaux M10 à M18.





Le pourcentage des bénéficiaires selon les superficies est présenté dans le graphe suivant :

Figure 9 : Pourcentage des bénéficiaires



Source : ORMVAT, 2015

Tableau 5 : Les superficies équipées pour la reconversion collective pour la première tranche de 1500ha

Catégorie	Nombre de bénéficiaires	Superficie	Superficie moyenne
<2ha	199	207,56	1,04
2 - 5ha	172	508,23	3,37
5-10ha	92	564,92	6,14
>10ha	12	151,69	12,64

Le tableau suivant présente les superficies ainsi que les coûts des projets de reconversion collectifs :

Tableau 6 : Coûts de la reconversion collective au Tadla pour 2014

Reconversion	Superficie (Ha)	Coût équipement externe	Coût équipement interne	Coût total
<b>Collective</b>	10 235			890,89 millions dhs
<b>1<sup>ère</sup> tranche</b>	1500	487.49 millions dhs	54.00 millions dhs	
<b>2<sup>ème</sup> tranche</b>	8735		349.40 millions dhs	

Source : ORMVAT, 2015

La majorité des agriculteurs ciblés par le projet sont de petits exploitants, travaillant sur des superficies de moins de deux ha en moyenne.

Cette catégorie d'exploitations présente généralement des difficultés d'accès à la reconversion individuelle en raisons de problèmes de statut foncier ou des problèmes financiers, d'où l'intérêt d'un projet de reconversion collectif qui permet de les intégrer dans ce processus de modernisation de l'agriculture irriguée. C'est un projet coûteux (87.000 Dhs/ha) et important pour la région, il bénéficie d'une attention particulière, ce qui rend sa réussite « primordiale », selon un responsable de l'ORMVAT. D'un côté, cette zone pilote représente un champ d'expérience que les autres agriculteurs de la région suivent de près afin de décider, selon leurs propres intérêts (rentabilité, facilité de gestion, devenir des installations), de la pertinence de passer à une nouvelle technique d'irrigation. D'un autre côté, le périmètre du Tadla est un des plus anciens et plus importants périmètre

du Maroc ; il accueille pour la première fois un projet de reconversion collective du gravitaire au localisé. Ce projet s'est basé sur plusieurs hypothèses (concernant l'assolement, l'engagement des agriculteurs et l'organisation des irrigations) et sur la base desquelles les autres régions du Maroc vont éventuellement réaliser leurs projets.

#### 4.4 Approche participative

“Tu me dis, j'oublie. Tu m'enseignes, je me souviens. Tu m'impliques, j'apprends.”

Benjamin Franklin

Un des objectifs lors de la réalisation des projets de reconversion (en plus de la faisabilité technique, de la simplicité d'utilisation du GAG et de l'efficacité de la technique) est la pérennité du projet. Des études montrent que la participation d'acteurs liés par un bien commun à une réflexion collective, permet d'élaborer des solutions de gestion partagées (Beuret, 1999 ; Beuret et Mouchet, 2000 ; D'Aquino, 2002 ; Imache, 2009).

En effet, l'implication des usagers dans le processus peut avoir des effets positifs notamment par rapport à la motivation, l'implication et l'appropriation de l'irrigation localisée de la part de l'agriculteur.

Conscient du fait qu'un projet collectif de reconversion en irrigation localisée présente un changement important tant sur le plan technique qu'organisationnel, l'ORMVAT a organisé des jeux de rôles afin de permettre aux différentes parties prenantes d'expérimenter, d'une manière virtuelle, les étapes de la mise en œuvre d'un projet de reconversion collectif.

Ce genre de simulation donne l'occasion aux agriculteurs de « formaliser leurs attentes et de révéler les questions problématiques » (Dionnet et al, 2006).

Pour cette première expérience de projet de reconversion collective du gravitaire à l'irrigation localisée sur grande échelle, l'Office a choisi d'impliquer les agriculteurs dans la mise en œuvre du projet. En effet, tout au long de la réalisation de ce dernier, des ateliers ont été organisés pour prendre en compte l'avis des agriculteurs. Mais le problème qui se pose est relatif au nombre d'intervenants dans la gestion des parcelles, l'office invite souvent un représentant des héritiers, un propriétaire ayant loué sa parcelle ou qui ne s'occupe pas des irrigations lui-même ; on se retrouve donc avec des personnes véritablement responsables de l'irrigation sur la parcelle qui n'ont pas eu accès aux formations. Généralement, ces personnes suivent les conseils des agents du bureau d'étude présents sur les parcelles quant aux fréquences d'irrigation et doses de fertilisants.

Le défi qui reste donc à relever est l'implication et la motivation des agriculteurs d'une part. D'autre part, relever le dynamisme des AUEA, intermédiaire entre l'Etat et les agriculteurs et principal outil de circulation de l'information.

#### 4.5 Choix méthodologiques

##### *a. Introduction*

Dans un contexte où on cherche une optimisation économique et durable des ressources, les problèmes posés à la recherche sont de plus en plus difficiles à résoudre. En effet, les solutions recherchées nécessitent de tester une vaste gamme de scénarios possibles dans des milieux très divers et font appel à des processus biophysiques et socio-économiques complexes (Bouazzama, 2013). D'où l'importance des modélisations avant et après la mise en œuvre des projets dans le but d'apporter des données préalables pour leur réalisation et aider à la gestion du projet notamment par rapport à la conduite des irrigations et des cultures.

Etant donné le fait que le projet de reconversion collectif du Tadla est récent, les agriculteurs sont encore en phase de découverte du GAG, leurs irrigations et leurs pratiques ne sont pas encore stables, il s'avère donc être difficile de récolter une série de données fiable pour lancer des simulations et comparer ainsi les pratiques des agriculteurs et celles jugées optimales par les ingénieurs responsables du projet. Ce type d'analyse pouvant faire l'objet d'une évaluation ex-post notamment dans le cadre d'une thèse.

Pour réaliser ce type de simulations, il existe des modèles visant à tester les différentes stratégies d'irrigation et évaluer l'efficacité d'utilisation de l'eau à la parcelle qui permettent d'éviter les expérimentations aux champs souvent longues ou coûteuses. L'utilisation de modèles « fondés sur l'organisation des connaissances acquises et des résultats expérimentaux, permettent de simuler, de façon rapide et peu coûteuse, les effets de nombreux choix techniques sur les rendements et la qualité des produits agricoles. Le choix d'un modèle de cultures est fonction des objectifs de l'utilisateur d'une part et d'autre part de la disponibilité des paramètres nécessaires pour son exploitation» (Bouazzama, 2013).

PILOTE est un des modèles pouvant être utilisé dans ce cas. C'est un logiciel assez simple à utiliser, il fait intervenir un nombre limité de paramètres notamment la réserve maximale d'eau dans le sol, les dates de semis et les données climatiques (précipitation, évapotranspiration de référence, radiation, température journalière moyenne), judicieux

pour la région du Tadla en raison d'absence de données propres à la région. D'autre part, il a été testé dans des régions aux conditions climatiques similaires au Tadla.

Les données de sorties du modèles sont nombreuses, notamment le rendement des cultures (à travers l'indice foliaire LAI) et le stock hydrique dans le sol, il nous permet également de suivre l'impact environnemental des stratégies d'irrigation et culturales choisies à travers le taux de nitrate dans le sol. Aussi, la version automatisée du logiciel permet de lancer plusieurs simulations en même temps.

*b. Les enquêtes*

L'outil utilisé lors du travail sur terrain est les enquêtes, à travers un guide d'entretien (annexe 2) réalisées auprès des agriculteurs de la zone pilote et plus précisément les agriculteurs ayant fini l'équipement des parcelles et commencé à irriguer en premier sur une superficie de 149ha. Les premières sorties sur terrain ont été aléatoire puisque je me déplaçais sur la zone pilote pour enquêter les agriculteurs présents sur place et découvrir le secteur. Après avoir récupéré les données et les cartes de la région auprès de l'ORMVAT, j'ai ciblé les agriculteurs ayant effectivement commencé l'irrigation en GAG (47agriculteurs).

Le guide d'entretien c'est basé sur les motivations et les attentes des agriculteurs ayant commencé l'irrigation en GAG mais également leurs voisins (suivant de près l'évolution des et les changements des pratiques d'irrigation) qui attendent toujours soit l'installation des équipements sur leurs parcelles ou qui préfèrent commencer l'irrigation en GAG pour la nouvelle campagne agricole. A travers les entretiens je me suis également penchée sur leurs rôles et le degré de participation tout au long des étapes du projet.

J'ai réalisé des enquêtes également auprès d'une part les agents de l'ORMVAT (département des aménagements, guichet unique, département chargé du Fond de Développement Agricole (FDA), CDA 536 relevant de la zone pilote) et d'autre part les techniciens et ingénieurs du bureau d'étude. Ces enquêtes m'ont permis de me pencher sur les choix techniques sur lesquels s'est basé le projet et en discuter avec eux, mais aussi les obstacles et les défis qu'ils ont dû relever pour la conception, l'exécution et la gestion du projet, surtout que ce dernier c'est le premier projet de reconversion du gravitaire à l'irrigation localisée dans la région et u niveau national.

## Résultats

### *1. Analyse des procédures*

#### *a. L'ORMVAT : ses objectifs, rôles et attentes dans le projet*

Ce projet de reconversion a été initié par l'Office de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT) dans le but d'une part d'atteindre les objectifs du PNEEI en matière de reconversion collective et d'autre part d'augmenter la productivité de la région en passant vers des cultures à plus haute valeur ajoutée tout en valorisant le m<sup>3</sup> d'eau.

Avant le lancement des appels d'offres relatifs aux grands travaux d'aménagement à l'amont des parcelles, l'ORMVAT, maître d'ouvrage du projet, organise, avec l'appui d'un bureau d'études, des séances d'information et de sensibilisation des agriculteurs sur le bien-fondé du projet ainsi que sur ses apports notamment, en matière d'amélioration des revenus pour pouvoir les convaincre de signer les accords préalables, (au moins 70% des agriculteurs concernés par le projet), conditions nécessaires pour débloquer le financement de la part de la Banque Mondiale (bailleur de fonds du projet).

Une fois les travaux d'aménagement amont achevés et l'intérêt des agriculteurs sécurisé, l'ORMVAT lance un appel d'offre au nom des AUEA et choisit, en concertation avec ces derniers, les sociétés qui seront chargées de la réalisation des équipements internes.

#### *b. Bureau d'étude : choix techniques et analyse des contraintes de gestion*

Le rôle du consultant est de réaliser l'étude en tenant compte des besoins et des attentes des agriculteurs dans la limite de l'enveloppe budgétaire allouée au projet et en appliquant des choix techniques réalisables. Le bureau d'étude peut, dans certains cas, sous-traiter des parties de réalisation du projet, notamment le suivi et l'accompagnement ou éventuellement, la réalisation des travaux sur les parcelles.

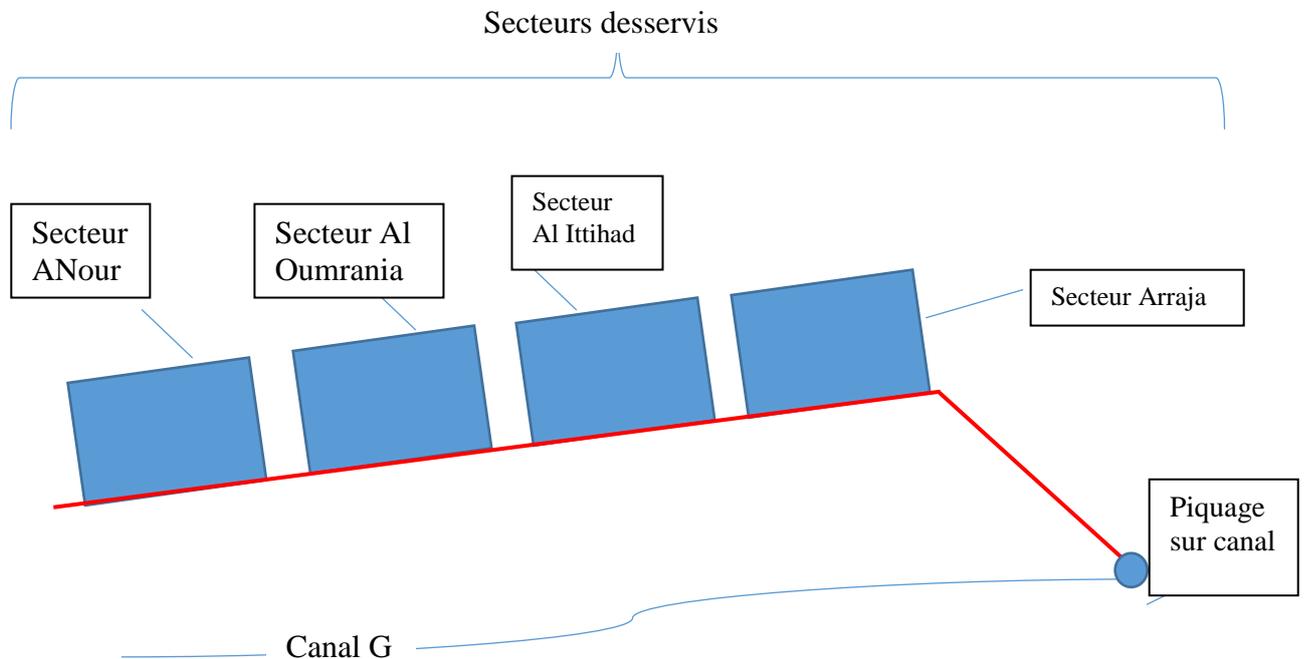
Les choix techniques concernant l'amont du projet proposés par le consultant sont discutés avec les agents de l'office et les experts de l'irrigation localisée de la Banque Mondiale. Ces choix techniques sont présentés ci-dessous.

## Adduction

Une analyse des différentes options d'adduction a été réalisée dans la phase d'étude afin de permettre une alimentation commune en eau des secteurs faisant partie des 20.000ha concernés par le projet de reconversion :

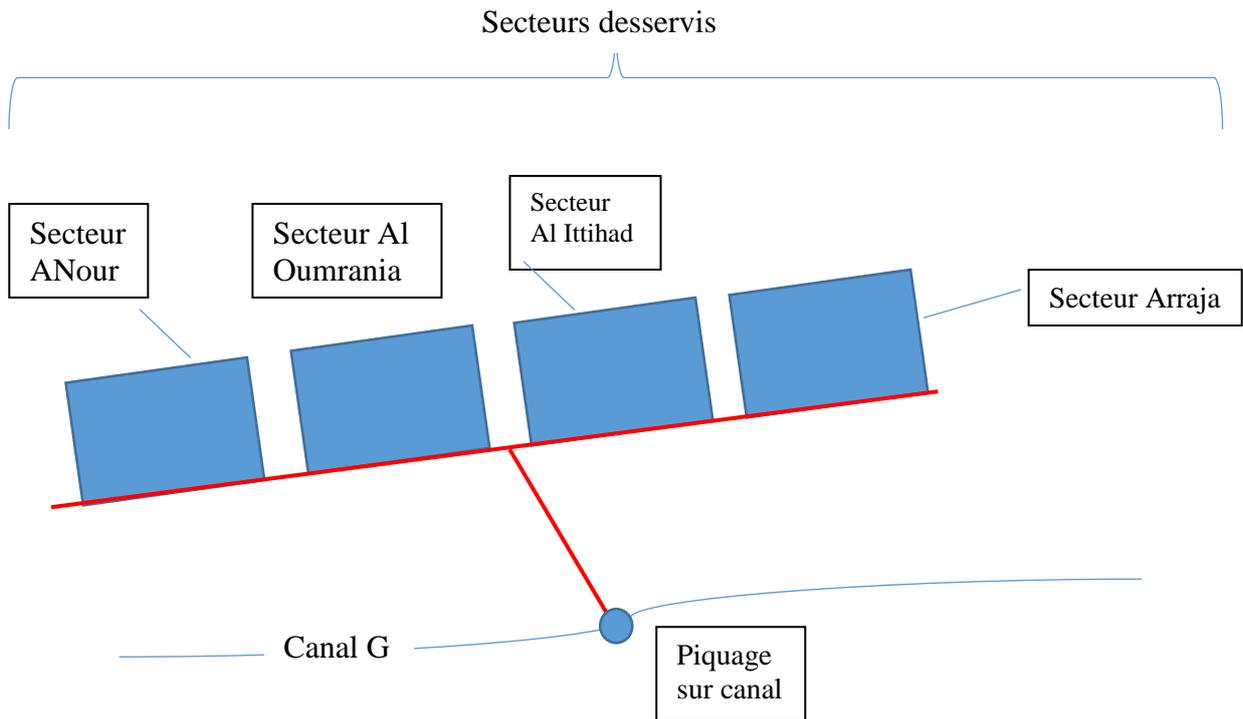
- Variante 1 : dite « grand L » prévoit une seule prise et une seule adduction pour tous les secteurs. Le piquage est situé au départ du canal principal G et une seule adduction s'étend jusqu'à la conduite secondaire située le plus à l'ouest.

*Figure 10 : Variante 1, canal d'adduction en rouge*



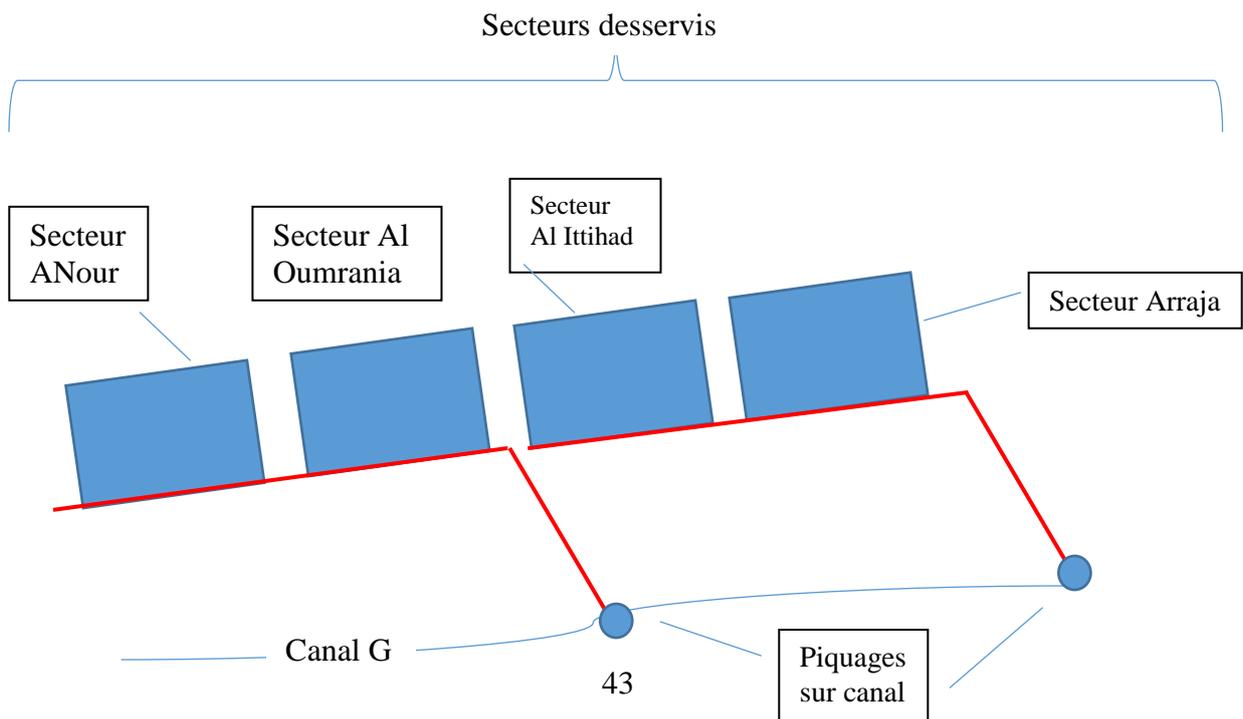
- Variante 2 : La zone est alors divisée en deux parties. La prise de la conduite d'adduction est prévue au départ de la jonction entre le canal G et le canal secondaire G10 : il s'agit de la variante dite en « T ».

Figure 11 : Variante 2, canal d'adduction en rouge



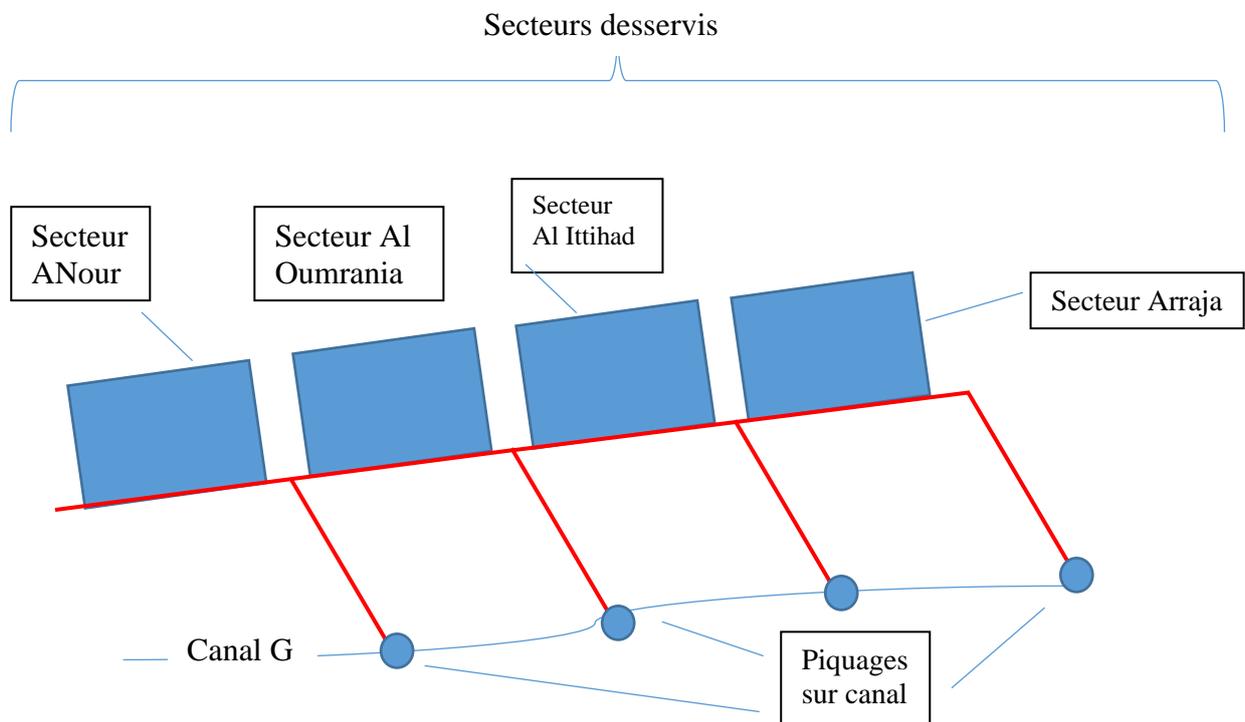
- Variante 3 : « en deux L » considère les deux parties délimitées dans le cas de la variante 2 mais assure leur alimentation via deux adductions indépendantes piquées sur le canal G : une au départ du canal G et la deuxième au niveau du piquage de la conduite secondaire G10.

Figure 12 : Variante 3, canal d'adduction en rouge



- Variante 4 : a été établie en tenant compte de l'individualisation des prises par secteur hydraulique. Ainsi chacune des zones encadrées par les AUEA sera alimentée en eau à partir d'une conduite d'adduction indépendante : 4 adducteurs au total sont prévus le long du canal G sur sa partie amont uniquement. En effet, le branchement sur la partie aval du canal G ne procure pas de charge importante au niveau des secteurs compte tenu de la topographie du terrain.

Figure 13 : Variante 4, canal d'adduction en rouge



Ce tableau présente le coût de chacune des variantes ainsi que la longueur totale des conduites correspondante :

Tableau 7: Coûts des variantes

Variante	Coût (en million de Dh)	Longueur des conduites (en Km)
1	542	88.1
2	283	55.1
3	284	68.1
4	230	68.3

Le choix s'est porté sur la variante 4, car elle est la moins couteuse. Aussi, cette variante permet la desserte individuelle des secteurs hydrauliques, ainsi si un problème se présente pour une branche, la desserte en eau des autres branches ne sera pas interrompue.

#### Mode de desserte

Trois modes de dessertes sont envisageables dans un réseau de distribution :

- Desserte au tour d'eau : l'irrigant dispose d'un débit pendant une certaine durée et selon une certaine périodicité.
- Desserte à la demande : l'irrigant est libre d'utiliser sa prise aux heures et aux jours qui lui conviennent sans avoir à prévenir l'organisme de gestion.
- Desserte en continu : un débit continu (égal ou légèrement supérieur au débit fictif continu) est délivré en tête de chaque exploitation pendant toute la durée de la campagne. Le débit est trop faible pour pouvoir être utilisé directement avec commodité, obligeant l'irrigant à mettre en place un réservoir tampon en tête de son exploitation.

L'irrigation au tour d'eau risque de ne pas convenir à une irrigation localisée caractérisée par un apport d'eau fréquent en petites doses. En effet, ce mode de desserte suppose que tout le débit disponible en tête du bloc soit délivré successivement à chaque propriété selon un certain calendrier d'irrigation, ce qui pourrait conduire à surdimensionner les conduites de raccordement des prises propriétés et de l'équipement interne aux propriétés. Quant à l'irrigation à la demande, elle sera réalisée à travers une répartition du débit disponible en tête du bloc. Pour garantir un débit minimum permettant d'assurer une irrigation convenable à la parcelle, le concepteur devra surdimensionner tout le réseau de

distribution en amont des prises blocs. Ce mode d'irrigation permet une souplesse de gestion mais avec un coût d'investissement très élevé.

Des solutions intermédiaires peuvent être envisagées, comme la « distribution à la demande restreinte » qui est basée sur les principes suivants :

- Le débit affecté à la prise bloc est la somme des débits des prises propriétés correspondantes à un groupe d'irrigants. Tous les blocs ont la possibilité de fonctionner à la demande. Aucun tour d'eau n'est prévu entre les branches du réseau.
- La prise propriété peut être utilisée librement à l'intérieur de certaines tranches horaires. Deux groupes pourront être ainsi définis au sein du bloc, les prises appartenant au groupe 1 irriguent pendant la matinée, celle du groupe 2 l'après-midi.
- Le débit affecté à chaque prise propriété est fonction de la superficie de la propriété à irriguer. Ce débit est contrôlé par un limiteur de débit installé sur la prise propriété. Un limiteur de débit sera également installé sur la prise bloc pour empêcher, en cas de destruction des limiteurs de débits des prises propriétés, que la desserte des autres branches ne soit affectée.

Cette solution, celle adoptée, a été considérée comme étant la plus pratique car elle permet d'offrir aux agriculteurs une liberté concernant les irrigations.

Les secteurs hydrauliques ont été subdivisés en bloc de 30ha environ et sont alimenté par des prises bloc à partir d'une conduite tertiaire. Cette prise alimente une conduite de raccordement enterré en PVC sur laquelle un nombre de prises propriétés seront branchées. Dans chaque bloc, les agriculteurs sont répartis en deux groupes (A et B). Pour un débit d'équipement de 1.5 l/s/ha et une durée d'irrigation de 18h, le groupe A pourra irriguer 9 h le matin et le groupe B 9h le soir, en établissant une durée d'arrêt d'irrigation pour les opérations de maintenance. Cette décision a été prise en concertation avec les agents de l'office et les experts en irrigation localisée de la Banque Mondiale.

Ce mode de desserte permet d'avoir plusieurs avantages notamment par rapport à une diminution du temps d'irrigation et un degré de liberté plus grand pour les agriculteurs. Mais nécessite une gestion optimale entre agriculteurs. En effet, en absence de moyens pour faire respecter ces règles d'irrigation, les agriculteurs des 2 groupes risquent d'ouvrir leurs vannes en même temps (surtout en période de pointe) ce qui pourrait causer des baisses de pressions et débits sur tout le réseau si le cas se produit au niveau de plusieurs bornes. C'est pour cette raison que dans le Gharb, il a été décidé que le débit à affecter à

chaque prise propriété serait désormais fonction de la superficie de la propriété à irriguer et du limiteur de débit commercialisé. Le débit sera de 1 l/s/ha. Le débit de chaque prise propriété sera égale à la valeur du limiteur de débit légèrement supérieur au débit calculé :  
Superficie parcelle \* Q.

Cette règle est appliquée tant que la superficie concernée est inférieure à 100ha. Si elle est supérieure, on utilise la loi de foisonnement. Si cette règle n'est pas appliquée, on se retrouvera avec des conduites d'amenées énormes ce qui engendrerait des surcoûts.

Pour faciliter la gestion des irrigations et pouvoir intervenir dans les plus brefs délais en cas d'un problème dans le réseau, un projet de télégestion est en cours de réalisation. Les agents de l'office pourront à partir de leurs bureaux surveiller le fonctionnement du réseau (pression et débit), arrêter l'accès à l'eau dans les bornes et envoyer des techniciens réparer les pannes éventuelles. Ce projet de télégestion prévu permettra une plus grande sécurité des ouvrages, avec la capacité de détecter des anomalies et de réagir rapidement afin d'atténuer les dégâts en cas de problème. Mais la question qui se pose est d'assurer entre temps une gestion optimale afin d'éviter des problèmes éventuels pouvant décourager les agriculteurs.

#### Calcul des besoins en eau et débit d'équipement

Les besoins en eau ont été calculés à partir de l'évapotranspiration maximale estimée à partir de l'évapotranspiration de référence évaluée par les formules de Blaney-Criddle (FAO24), Penmann-Monteith (FAO56) et Hargreaves (FAO24). La formule adoptée pour le calcul des besoins en eau est la formule de Penmann-Monteith. Un coefficient de réduction  $K_r$  a été appliqué car l'irrigation localisée permet d'avoir une bonne uniformité de distribution et de faibles pertes par évaporation directe à partir du sol.

Au premier stade, le calcul des diamètres des branches terminales et des conduites au niveau du bloc a considéré tous les blocs occupés par la culture la plus exigeante pendant le mois de pointe, il s'agit du maraîchage avec un besoin brut en mois de pointe estimé à  $61\text{m}^3/\text{ha}/\text{jour}$ . Sur la base de ce besoin et d'un fonctionnement de 18h/24h, le débit de dimensionnement était de 1 l/s/ha au niveau du bloc.

Tableau 8 : Paramètres de base pour le choix du débit de dimensionnement

<b>Maraîchage</b>	
<b>Besoin du mois de pointe (Juillet) en mm/j</b>	6,1
<b>Débit des goutteurs (l/h)</b>	2
<b>Espacement goutteurs (m)</b>	0,4
<b>Espacement rampes (m)</b>	0,8
<b>Pluviométrie fictive du goutteur (mm/h)</b>	6,25
<b>Nombre de goutteurs /ha</b>	31250
<b>Débit calculé/ha (l/s)</b>	17,36
<b>Nombre de groupe d'irrigants/bloc</b>	2

Néanmoins, le choix d'une desserte à la demande restreinte étant fait, un module de débit unitaire de 1,5 l/s/ha a été adopté. En effet, ce débit a été adopté après avoir réalisé des simulations et décidé en concertation avec l'expert en irrigation localisée de la Banque Mondiale et l'équipe de l'ORMVAT. Selon le bureau d'étude, ce choix permettra « une souplesse de gestion de l'irrigation entre les propriétés au sein du bloc » et augmentera le degré de liberté de l'agriculteur. En effet, ce dernier est servi par un grand débit lui permettant d'irriguer librement pendant la période qui le satisfait. Mais ce choix implique également une rigueur d'organisation des irrigations (comme montré dans le paragraphe précédent). Les agriculteurs n'ont pas été consultés lors du choix des débits. En effet, dès que l'organisation des irrigations leur a été communiquée, ils s'y sont opposés, trouvant ce mode de gestion contraignant. Pour les satisfaire et les aider durant cette phase de transition, l'ORMVAT a choisi de leur laisser l'accès à l'eau durant 24h.

#### Tracé du réseau

Le tracé des conduites du nouveau réseau a été établi en suivant la configuration du réseau existant : les conduites seront installées parallèlement aux canaux existants. En effet, cette solution a été retenue au cas où le réseau existant continuerait à assurer l'irrigation des quelques propriétés n'ayant pas encore procédé à l'installation du système localisé (période de transition, de même qu'en période des travaux pour l'ensemble du secteur).

Cette période de transition risque de tarder si les agriculteurs continuent à hésiter ou s'opposent carrément au projet surtout que l'engagement pris au début du projet n'a pas de poids juridique les obligeant à le respecter.

Depuis Janvier dernier, une trentaine d'agriculteurs pour une superficie de 150ha ont fini l'équipement interne et ont commencé l'irrigation, bien que le projet n'ait été réceptionné qu'en mi-mai, les agriculteurs ont eu accès à l'eau pour éviter de rater la campagne agricole.

#### Assolement

Filali, 2008 a identifié les différents changements d'assolement motivés par la reconversion du système d'irrigation. En effet, pour les agriculteurs pratiquant l'arboriculture, il n'y aura pas de changements mais une amélioration du travail du sol et de la fertilisation après la reconversion. Par contre, les agriculteurs ayant pratiqué des cultures plus traditionnelles (céréales, betterave, cultures fourragères) choisissent soit de passer vers des cultures à haute valeur ajoutée (agrumes, vignes ou olivier) soit introduire progressivement des cultures maraichères. Les agriculteurs avec un système de culture plus diversifiés préfèrent soit intensifier le maraîchage ou passer vers l'arboriculture. Dans notre zone de travail, ce changement n'a pas pu être vérifié puisque le projet est récent. Les agriculteurs préfèrent expérimenter le GAG avec leurs systèmes de cultures actuel, le changement d'assolement est prévu d'être réalisé graduellement jusqu'à ce que les agriculteurs se soient adaptés à l'irrigation localisée. L'ONCA est l'entité chargée d'accompagner les agriculteurs dans ce changement en assurant des formations et des séances de sensibilisation.

#### *c. Les agriculteurs*

Les agriculteurs enquêtés sont ceux du secteur pilote qui ont pu commencer l'irrigation en GAG en premier sur une superficie de 149 ha (6 blocs). Durant une première phase, le choix s'est porté sur les irrigants toujours présents sur leurs parcelles, dont certains en plus d'être propriétaires louent également des parcelles dans un bloc voisin.

Une répartition des trajectoires des agriculteurs a été dégagée de cette première phase d'enquêtes. Cette répartition est basée sur les motivations et l'implication des agriculteurs dans le projet d'une part. D'autre part, leur présence sur la parcelle et leur statut foncier.

### **1. Propriétaire gérant lui-même la parcelle :**

- C'est généralement le type d'agriculteur qui est le plus en contact avec l'office pour avoir le maximum d'informations par rapport au GAG afin de faire réussir le projet sur ses terres.
- Il prend plus de temps pour s'occuper au mieux du matériel et appliquer les consignes de la société de travaux et de l'office (ouverture des vannes, état des goutteurs,...)

### **2. Locataire gérant lui-même la parcelle :**

- A déjà travaillé dans des exploitations équipées en GAG, prêtent beaucoup d'attention à la gestion et maintenance de leur réseau.
- font souvent appel à la société de travaux pour les pannes éventuelles

### **3. Ouvrier travaillant soit chez un locataire ou chez un propriétaire**

- Peut-être un ouvrier saisonnier ou un irrigant payés par le rendement des cultures (1/8 par exemple).
- Le locataire visite la parcelle quelque fois pour s'assurer du bon fonctionnement. Quant au propriétaire, il est souvent installé en ville ou travaille dans un autre secteur.
- L'irrigant qui la plupart du temps a déjà travaillé dans des exploitations équipées en GAG soit dans le secteur individuel ou à l'étranger, juge que ses connaissances sont bonnes et ne suit pas forcément les consignes de l'office.
- Il peut être propriétaire d'autres parcelles.
- le propriétaire assiste parfois aux séances de formations mais pas les ouvriers.

On peut également distinguer entre les agriculteurs toujours présents sur leurs parcelles et d'autres présents momentanément pour lancer l'irrigation vu la proximité du douar aux terres.

Chacun des agriculteurs de chaque type a eu une approche différente quant à la réalisation et gestion du projet de reconversion. En effet, les agriculteurs du premier et deuxième groupe sont des propriétaires et locataires qui entretiennent de « bonnes » relations avec l'office, ils participent aux ateliers qu'organise l'ORMVAT, ils aident à la prise de décisions, ce sont principalement eux qui signent et acceptent les choix d'aménagement. Ils essaient d'appliquer toutes les consignes sur leurs parcelles tout en gardant un œil critique par rapport à ces pratiques, par exemple un des agriculteurs de ce groupe s'est porté volontaire pour donner 2 ha de ces parcelles comme parcelle témoin pour les travaux

d'accompagnement organisés par le bureau d'étude. Les consignes données par ce dernier et pratiquées sur la parcelle témoin étaient d'irriguer 1h, mais n'étant pas convaincu, il a continué à irriguer 2h (sinon jusqu'à remarquer que le sol est bien mouillé). Après une période, il a pu noter la différence entre la parcelle témoin et la parcelle qu'il cultive lui-même ; « la parcelle témoin était en meilleur état, j'ai donc commencé à suivre les conseils du bureau d'étude » affirme-t-il.

Les agriculteurs du troisième groupe sont un peu plus différents des précédents. En effet, ces derniers sont plus distants par rapport aux décisions officielles, ils participent moins et leurs formations proviennent soit de leurs anciennes expériences dans les grandes exploitations (à l'étranger, au Tadla dans les grandes exploitations d'agrumes ou au Souss) soit de la présence sur terrain des techniciens de l'ORMVAT et du bureau d'étude.

Une partie des agriculteurs, surtout les ouvriers et les irrigants, ont déjà au moins vu, sinon travaillé sur le GAG dans les grandes exploitations de reconversion individuelle dans la région. D'autres ont un membre de la famille qui a utilisé le GAG à l'étranger, (Espagne et Italie) et qui aide en offrant des critiques sur la qualité du matériel ou l'aménagement des parcelles. En général, la connaissance de ce type d'irrigants en GAG reste primaire surtout pour cette première expérience. Les agriculteurs vont s'adapter au GAG petit à petit. Pour les aider à accélérer cette phase de transition, l'accompagnement devrait être plus ciblé (quant aux différentes catégories d'agriculteurs) et durer tout au long de cette phase et pas uniquement en début de projet.

## **Discussion**

D'après nos enquêtes et les entretiens réalisés, nous avons constaté que l'ORMVAT a opté pour une gestion participative dans ce projet de reconversion afin d'impliquer les agriculteurs, étant les principaux bénéficiaires de ce projet. Mais ces derniers n'ont pas été intégrés à la prise de décision durant l'aménagement externe, leur participation jugée inutile.

Dans un deuxième temps, les AUEA ont été redynamisées pour représenter le lien entre l'ORMVAT et les agriculteurs. Le renouvellement des membres de l'association a été réalisé de manière « participative et démocrate » selon les agriculteurs (Hadioui et al., 2014). Mais on a pu remarquer que le niveau de circulation de l'information, surtout durant la phase de l'aménagement interne, était faible. Ceci est principalement dû à une

importante typologie d'agriculteurs et un manque de moyens humains et financiers pour assurer la circulation d'information.

Pour accompagner les agriculteurs dans ce passage vers l'irrigation localisée, et surtout pour les mettre en confiance par rapport à l'utilisation du GAG pour des cultures telles que la luzerne et les céréales, l'ORMVAT et l'assistance technique ont installé une vingtaine d'essais de démonstration pour ces différentes cultures chez les agriculteurs relevant des secteurs de la première phase et des zones limitrophes, entre juillet 2012 et juin 2013 (Hadioui et al., 2014). Des visites sur terrain ont été également organisées mais la plus part des irrigants de la zone pilote n'ont pas pu y participer.

Après avoir effectué une première phase d'enquêtes dans le secteur pilote, les agriculteurs enquêtés expriment leur satisfaction par rapport au GAG comparé au gravitaire en raison d'une facilité d'irrigation, d'un rendement plus important et une diminution des consommations en eau. Ces deux dernières sont des hypothèses formulées par les agriculteurs basées sur les expériences de ceux ayant réalisés une reconversion individuelle (ils ont commencé les irrigations en janvier et ne possèdent pas encore de récolte pour pouvoir juger). Bien que le projet n'ait pas encore été réceptionné, les agriculteurs ainsi que l'office n'ont pas voulu rater la campagne agricole actuelle, l'accès à l'eau a été libéré pour une trentaine d'agriculteurs dans le secteur pilote.

A travers cette première expérience, l'office a voulu intégrer les agriculteurs afin qu'ils puissent s'approprier la technique mais on a pu remarquer qu'il y a eu une séparation entre deux phases du projet la conception et la gestion. En effet, les choix réalisés durant la première phase influencent la gestion, qui sera réalisée par les agriculteurs.

Il est donc nécessaire de garantir une continuité entre la conception et la gestion ceci en intégrant toutes les parties prenantes (agriculteurs y compris) dans les étapes du projet.

### *Difficultés de gestion collective : desserte par demande restreinte*

L'office a préconisé une irrigation de 18h par bloc et a séparé les agriculteurs en groupe du matin et du soir (9h chacun). Les agriculteurs préféraient être encore plus indépendants de sorte à avoir l'accès à l'eau d'irrigation sans contrainte de tranche de journée. En effet, ils précisent en disant qu'à travers ce mode de gestion ils devaient être présents durant lesdites tranches et ils ne pouvaient donc plus s'occuper d'autres travaux car s'ils rataient leur tour d'irrigation, ils devraient attendre le prochain tour, ce qui posait problème surtout en période de pointe et avec une technique nécessitant des irrigations régulières.

Au moment de nos enquêtes, l'office avait décidé de leur laissé un libre accès à l'eau pendant cette période d'essai, les agriculteurs de ce secteur pilote ont accès à l'eau 24h/24h les jours pairs du mois pour le groupe 1 et 24h/24h les jours impairs pour le groupe 2. Cette gestion leur permet d'avoir un grand degré de liberté pour pouvoir s'accommoder avec le GAG, qui reste pour une grande partie des agriculteurs enquêtés une technique nouvelle. Si durant cette période il n'y a pas de grand problème de gestion, on peut émettre l'hypothèse que c'est parce qu'une partie des agriculteurs n'a pas encore commencé l'irrigation (photo 1) (ils ont déjà commencé la campagne agricole en gravitaire et préfèrent la finissent avec le même système d'irrigation) aussi ce n'était pas le mois de pointe, il est possible qu'une fois tous les agriculteurs prêts à irriguer et durant le mois de pointe (Juillet), il y ait des problèmes de chute de pression et débit si une meilleure gestion et coordination entre les agriculteurs n'est pas mise en application.

*Photo 1 : Deux parcelles voisines avec deux systèmes d'irrigation différents*



On remarque sur la photo 1 que les deux parcelles sont équipées en GAG, mais celle de droite est irriguée en GAG tandis que celle de gauche est irriguée en gravitaire.

L'office pour l'instant les laisse « découvrir » le réseau et l'irrigation en GAG car ils ont besoin de convaincre et encourager les autres agriculteurs de la région pour accélérer le rythme des reconversions sur les parcelles, ils sont donc « obligé » de faire réussir cette première expérience.

L'ORMVAT a prévu une vanne libre dans les prises propriétés pour l'irrigation en

gravitaire. Pour l'instant, cette vanne n'est pas utile pour les irrigations et les agriculteurs ne comptent pas l'utiliser mais sa présence peut poser problème plus tard surtout en période de pointe.

### *Des changements, mais pas seulement techniques*

Un des problèmes d'installation remarqué sur le terrain est l'absence de compteurs sur les prises propriétés, ils doivent attendre les agents de l'office ou ceux de la société pour ouvrir la prise borne et vérifier leurs compteurs. La raison avancée par l'ORMVAT justifiant ce manque est la destruction des compteurs par les agriculteurs pour fausser les redevances. Cela prouve un manque d'une part un manque de formation des agriculteurs quant à l'irrigation localisée car un compteur, bien plus qu'un outil de comptage des factures, c'est un « tableau de bord » pouvant aider les agriculteurs à gérer leurs irrigations. La présence d'un compteur sur les parcelles s'avère être donc primordiale.

L'absence de cet appareillage sur les prises parcelle est d'autant plus contraignant dans le cas d'héritiers qui gardent une seule exploitation reconnue par l'office mais irriguent de façon indépendante. En effet, ils se partagent le même compteur et doivent donc avant et après chaque irrigation vérifier leur consommation pour séparer les factures d'eau. D'autre part, cette destruction de compteur est due à un manque de communication et de confiance entre l'ORMVAT et les agriculteurs. Ce manque de communication a été plus clair lors de nos enquêtes concernant le nouveau mode de facturation.

Les agriculteurs n'avaient aucune idée par rapport au tarif de l'eau qu'ils appellent « l'eau du GAG », ils se doutaient pourtant qu'il y aura une augmentation, 100% des agriculteurs enquêtés ont exprimé leurs appréhensions à ce sujet. Les agriculteurs qui possèdent des puits et forages comptent y faire appel si les redevances en eau sont jugées trop élevées, certains ont déjà branché leurs réseaux de GAG à la pompe pour irriguer directement à partir du puits (photo 2). Ces projets de reconversion peuvent donc avoir un effet négatif sur la nappe et encourager les agriculteurs à pomper plus d'eau, surtout dans le cas où ces derniers ne seront plus satisfaits du service de l'eau fournis par l'Office.

*Photo 2 : Raccordement entre le forage et le réseau d'irrigation*



L'office pour sa part a appliqué une augmentation des tarifs de l'eau en 2009 qui a été refusée par les agriculteurs et donc reportée à une date ultérieure, mais un responsable à l'Office nous a confié que selon lui, il n'y a pas d'intérêt à augmenter les prix de l'eau pour l'instant car ils veulent gagner la confiance des agriculteurs afin de les encourager à reconverter leurs parcelles, surtout dans le risque que les agriculteurs, au moins en cette phase de transition, consomment plus d'eau en GAG (cf annexe 3) ce qui se traduira par des redevances plus élevées. Par contre, si une économie en eau au niveau de la parcelle est atteinte, l'augmentation des tarifs de l'eau pourrait éventuellement mieux passer chez les agriculteurs. Ce dialogue prouve qu'il reste des efforts à faire pour assurer un échange effectif et concret entre les agriculteurs et les agents de l'Etat.

#### *Le « bricolage » réalisé dans le cas d'insatisfactions*

Le maraîchage a été la culture sur la base de laquelle le dimensionnement du réseau a été réalisé, étant la culture la plus consommatrice en eau, mais pour les agriculteurs

l'espacement prévu (80cm entre rampes et 40cm entre goutteurs) reste élevé pour des cultures telles que les céréales et la luzerne. Un des agriculteurs a trouvé une solution, il utilise une jonction pour diminuer l'espacement entre rampes à 50cm, les autres agriculteurs soit déplacent les rampes ou irriguent plus que nécessaire pour assurer une « bonne » irrigation des cultures. Ceci peut avoir pour conséquence la réduction des débits des goutteurs et la perturbation de l'uniformité des arrosages.

*Photo 3 : Exemple d'utilisation optimale des rampes (onions)*



D'autre part, l'aménagement a été réalisé de sorte que les rampes soient disposées sur la largeur des parcelles ce qui pose problème pour les parcelles avec une petite largeur quant à la semence de cultures en ligne. En effet, utiliser des machines pour semer devient moins rentable et plus délicat. Ce problème a été pris en considération par la société de travaux pour les autres secteurs à aménager.

### *Impacts du projet*

#### a. Impacts environnementaux

Deux types de déchets devraient être générés en plus grandes quantités : les déchets agricoles dus à l'augmentation de la production et les déchets de plastique dus au remplacement des équipements de goutte à goutte. Selon les équipementiers, le poids total de plastique pour l'équipement d'un hectare en goutte à goutte s'élève à 0,48 tonnes et la durée de vie moyenne des équipements est de trois à quatre ans en moyenne. Ce qui laisse prévoir la génération d'environ 5800 tonnes de déchets de plastique tous les trois ans entre les deux secteurs (Benouna, 2014). Les déchets de plastique non évacués peuvent avoir un

impact négatif non négligeable sur les sols (caractéristiques physico-chimiques) et sur le paysage.

b. Impacts sur les ressources souterraines

Lors de la période de sécheresse de 1981-1982, l'office n'ayant pas été en mesure de fournir les dotations d'eau suffisantes, les agriculteurs ont été encouragés à creuser et à équiper des puits pour l'irrigation en mélangeant l'eau du barrage à celle de la nappe. Cette dernière apparaît ainsi comme un moyen de pallier l'irrégularité et l'insuffisance des apports d'eau de surface par le réseau hydraulique. Un des objectifs du projet de reconversion est d'encourager les agriculteurs à pomper moins, mais le problème qui risque de se poser est que les agriculteurs, habitués à inonder leurs parcelles et insatisfaits du GAG, ne consomment encore plus d'eau.

En améliorant l'efficacité d'application de l'eau à la parcelle par le GAG, le volume des eaux infiltrées diminuera induisant ainsi un probable rabattement de la nappe qui pourrait être éventuellement évité si le recours aux nappes par pompage diminue.

Bekkar et al (2009) a réalisé une étude sur les stratégies des agriculteurs concernant la gestion des ressources en eaux souterraines. Son étude s'est basé sur 3 cas (Souss, Tadla, Berrechid) et montre que les agriculteurs ont une vision assez claire du fonctionnement de la nappe et montrent une capacité à gérer l'eau souterraine dans les cas de pénurie ce qui peut encourager un dialogue pour mieux gérer l'eau de la nappe.

Plusieurs arrangements ont eu lieu au sein des communautés des agriculteurs pour la gestion de l'eau de la nappe. Des arrangements informels qui permettent de sauver les petites agricultures et sécuriser l'exploitation (Bouadjellal et al, 2011).

## Conclusion

Les projets de reconversion collectifs sont très importants pour le développement de l'agriculture irriguée car ils permettent d'impliquer une certaine catégorie d'agriculteurs et accélèrent le rythme des reconversions. Ces projets nécessitent une étude détaillée, des choix techniques pouvant satisfaire tous les irrigants ainsi qu'une gestion optimale des irrigations.

Les agriculteurs de ce premier secteur sont motivés pour changer de mode d'irrigation et réussir le projet, comme le précise un des agriculteurs enquêtés « le GAG est similaire au téléphone portable, ce n'est plus un luxe mais une nécessité ». Malgré cela, ils trouvent encore quelques difficultés à s'adapter à un nouveau système d'irrigation et adopter de nouvelles pratiques agricoles, surtout qu'ils sont habitués à une irrigation gravitaire différente sur tous les aspects (techniques et organisationnels).

Pour cela, l'ORMVAT a mis en place un processus pour assurer une gestion participative et en intégrant les agriculteurs dans le projet. Mais leurs avis et choix n'ont été pris en compte qu'à partir de l'aménagement interne, leur participation à l'aménagement externe jugée non nécessaire. Des séances de formation et de sensibilisation à l'irrigation localisée (fertigation, pratiques culturales, irrigations) ont été organisées en faveur des agriculteurs mais on remarque que certaines catégories n'ont pas pu y assister en raison d'un manque de circulation de l'information au sein des AUEA d'une part et d'autre part, en raison d'une typologie d'agriculteurs variée au sein du secteur.

Cette première expérience d'approche participative, bien qu'ambitieuse et innovante car c'est le premier projet de reconversion collective du gravitaire au goutte à goutte, reste encore défailante sur quelques aspects. En effet, on a pu remarquer une absence de continuité entre la conception et la gestion, l'ORMVAT considérant l'implication des agriculteurs avant l'aménagement interne inutile. Ceci n'a pas permis aux agriculteurs de mieux cerner l'étendue des choix de gestion ou de participer à l'élaboration de ces choix. D'autre part, des efforts peuvent être fournis en matière de circulation de l'information pour pouvoir viser toute, sinon une plus grande partie des agriculteurs concernés par le projet. Premièrement en réalisant une catégorisation plus détaillée des agriculteurs selon leurs statuts et leurs niveaux d'expérience. Ceci permettra une meilleure qualité de formation et une implication plus effective des agriculteurs dans le projet. Dans un

deuxième temps, cette catégorisation pourra servir pour mieux guider les séances d'information, de formation et de participation entre les parties prenantes (stakeholders). Ce projet pilote est très important pour la région, d'un côté pour convaincre et mieux former les agriculteurs des autres secteurs, d'un autre côté pour avoir un premier set de résultats et d'expérience pour mieux adapter les prochaines reconversions collectives que ce soit dans la région ou dans les autres périmètres irrigués du royaume.

## Références bibliographiques

Bekkar. Y, Kuper M., Hammani A., Dionnet M., Eliamani A., 2007, Reconversion vers des systèmes d'irrigation localisée au Maroc : Quels enseignements pour l'agriculture familiale ? Revue HTE, n°137, pp 38-51.

Bennouna Y., 2014, Etude d'impact environnemental du projet de modernisation de grande hydraulique, Rapport de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) Rome, 250p.

Beuret JE. Petits arrangements entre acteurs... Les voies d'une gestion concertée de l'espace rural. Natures Sciences Sociétés 1999 ; 7 : 21-30.

Beuret JE, Mouchet C. Pratiques agricoles, systèmes de production et espace rural: quelles causes pour quels effets? Cah Agric 2000 ; 9 : 29-37

Bourzac, K. (2013). Water: The flow of technology. Nature, 501(7468). DOI:10.1038/501S4a

Bouazzama B., 2013, Amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau chez les principales cultures fourragères au Tadla- Maroc. Thèse doctorale, Université de Liège-Gembloux agro-bio tech, Belgique, 144p.

Chahri R., Saouabe T., 2014, La reconversion collective à l'irrigation localisée dans le Tadla : Analyse de l'approche de l'équipement interne et impact sur les prélèvements à partir de la nappe. Mémoire 3ème cycle de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

Cherkaoui F.Z., El Iamani A., El Mansouri L., 2005, Développement et pratique de la fertigation dans le périmètre irrigué du Tadla, Revue H.T.E. N° 131 - Mars / Juin 2005.

Compaoré, 2003, cours de micro-irrigation, pp10.

Dionnet M., Kuper M., Garin P., Hammani A., Eliamani A., 2006 Accompagner les acteurs dans le changement de leur système : un jeu de rôles pour des projets collectifs d'irrigation au Tadla (Maroc). 3ème Séminaire Wademed "L'avenir de l'agriculture irriguée en méditerranée-Nouveaux

arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau”, France. 11 p.

Fabre J., 2013, Un outil de simulation adapté à la gestion des ressources en eau du territoire dans le cadre d'une démarche participative, Sciences Eaux & Territoires, n° 11, p. 60-63.

Hadioui M., Faysse N., Kemmoun H., 2014, Participation des agriculteurs à la conception d'un projet de reconversion à l'irrigation localisée dans le périmètre du Tadla, Alternatives rurales, [www.alternatives-rurales.org](http://www.alternatives-rurales.org)

Keller A., Keller J., Seckler D., 1996. Integrated water resource systems: Theory and policy implication. International Irrigation Management Institute. Research report N°3.

Peter H. Gleick, Juliet Christian-Smith & Heather Cooley (2011) Water-use efficiency and productivity: rethinking the basin approach, Water International, 36:7, 784-798

Postel, S.L. (2000). Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. Ecological applications 10 (4) : 941-948

## **Annexe 1 : Réseau d'adduction**

L'adduction d'eau d'irrigation se fait donc par secteur hydraulique, à partir du canal principal G comme suit :

- La première branche prend le départ à l'amont du canal principal G juste à côté de son départ pour desservir la zone d'action de l'AUEA Arraja (M1, M2, M3). L'adduction se fait par une seule conduite de diamètre 1200mm sur 8,5km.
- La seconde branche prend le départ à la jonction du canal principal G avec le canal secondaire G8, elle part en parallèle du G8, rencontre le canal médian ouest pour desservir la zone d'action de l'AUEA Al Ittihad (M4, M5). L'adduction se fait par 1 seule conduite de diamètre 1000mm sur 7,4km.
- La troisième branche prend le départ à la jonction du canal principal G avec le canal secondaire G9 elle part en parallèle du G9, rencontre le canal médian ouest pour desservir la zone d'action de l'AUEA Al Omrania (M6, M7). L'adduction se fait par 1 seule conduite de diamètre 1000mm sur 7,1km.
- La quatrième branche prend son départ à la jonction du canal principal G avec le canal secondaire G10 pour desservir la zone d'action de l'AUEA Annour (M8, M9). L'adduction se fait par une seule conduite de diamètre 1200mm sur 9,3km.

Les secteurs pilotes sont desservis par les canaux M4 à M7 et gérés par les AUEA Al Ittihad et Al Omrania. Cette zone couvre une superficie de 4 045ha.

Le réseau d'irrigation projeté comportera :

- Une conduite d'adduction (A2 pour Al Ittihad et A3 pour Al Oumarania) à partir d'une prise située sur le canal G.
- Une station de filtration collective des eaux d'irrigation située à l'aval de cet adducteur.
- Une première chambre de vanne où prend départ les deux secondaires M4 et M5 (pour Al Ittihad) et M6 et M7 pour Al Omrania juste avant la traversée du canal médian ouest.
- Des chambres de vannes sont prévues sur le réseau de distribution. Au total 4 chambres de vannes sont prévues pour le secteur M4M5 (Al Ittihad) et M6M7 (Al Omrania).
- Des conduites tertiaires prenant départ de chaque conduite secondaire pour alimenter les blocs. Le départ se fait à partir d'une chambre de vannes ou d'un regard équipé d'une vanne et une ventouse ou une vidange.
- Un équipement inter-bloc est prévu en fonction de la spécialité de chacun (superficie et nombre de propriété). Des prises blocs (bornes) alimentent l'ensemble des prises propriétés au sein du bloc à travers des conduites de raccordement.

Tableau 9 : Paramètres pour le choix du débit d'équipement

Débit d'équipement (l/s)	Superficie optimum du poste (ha)	Débit du poste (l/s)	Temps d'irrigation /poste	Nombre de secteurs d'irrigation /ha	Débit du secteur d'arrosage (l/s)	Temps d'arrosage /ha
0,5	588	1	58	17	1	17
0,6	714	1	58	14	1	14
0,7	833	1	58	12	1	12
0,8	909	2	58	11	2	11
0,9	1000	2	58	10	2	10
1	1111	2	58	9	2	9
1,1	1250	2	58	8	2	8
1,2	1429	2	58	7	2	7
1,3	1429	2	58	7	2	7
1,4	1667	3	58	6	3	6
<b>1,5</b>	<b>1667</b>	<b>3</b>	<b>58</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
1,6	2000	3	58	5	3	5
1,7	2000	3	58	5	3	5
1,8	2000	3	58	5	3	5

Pour identifier les débits de dimensionnement des tronçons desservant des superficies importantes (conduites secondaires et primaires), une loi de réduction de débit a été appliquée ; le débit d'équipement à partir de la prise bloc est de 1,5l/s/ha pour arriver à un débit à partir du canal G de 0,6l/s/ha. La transition entre les débits est basée sur la part occupée par les cultures envisagées dans l'assolement adopté.

Tableau 10 : Loi de réduction de débit adoptée

superficie (ha)	débit d'équipement (l/s/ha)
30	1.5
60	1.31
90	1.12
120	1.01
150	0.96
200	0.9
250	0.85
300	0.8

400	0.75
500	0.69
750	0.65
1000	0.6

## Annexe 2

### Guide d'entretien

#### ORMVAT :

Les motivations pour le projet de reconversion (qui a eu l'idée ? Qui a pris l'initiative ? Quels problèmes ? Quelles opportunités ?)

Les étapes suivies, les acteurs concernés.

Les problèmes rencontrés lors de l'étude, la réalisation et l'exécution.

Schéma d'aménagement établi.

La fréquence de réalisation des rapports d'évaluation.

La méthode suivie pour la résolution des problèmes (entretien avec les agriculteurs, discussion au sein de l'ORMVAG, délais d'exécution des décisions)

Les moyens mis en œuvre pour l'accompagnement des agriculteurs.

Les aspects positifs et négatifs de la reconversion.

#### Agriculteurs :

Motivations pour la reconversion : problèmes rencontrés avec le système d'irrigation précédent.

Moyens d'information.

Les étapes suivies pour la réalisation du projet.

Les problèmes au cours de la constitution du dossier, de l'exécution et l'exploitation du système.

Les moyens utilisés pour la résolution desdits problèmes.

Degré de participation et rôle tout au long de la réalisation du projet.

Les assolements effectués avant la reconversion, après la reconversion.

Les quantités d'eau consommées avant la reconversion, après la reconversion.

La conduite de l'irrigation : calendriers d'irrigation et calendriers culturaux.

Rendements avant et après reconversion.

Avis sur la gestion actuelle et propositions pour l'améliorer.

Raison d'agir collectivement ou pas.

## Annexe 3

### Consommation en eau du premier trimestre dans le secteur pilote

Prise bloc	Sup(ha)	PU(Dhs)	m3/ha
29	1,47	0,2996	346,26
29	7,4247	0,2996	1237,36
29	4,23	0,2996	1443,26
29	1,235	0,2996	1347,37
29	2,07	0,2996	1269,57
38	3,21	0,2996	820,25
38	3,25	0,2996	1265,85
38	3,22	0,2996	1027,33
38	1,68	0,2996	1323,81
38	2,9252	0,2996	430,74
38	1,9502	0,2996	334,32
31	5	0,2996	238,80
31	5,22	0,2996	1040,42
31	2,23	0,2996	778,92
31	2,9	0,2996	497,93
31	2,52	0,2996	2318,25
31	4,1726	0,2996	192,93
31	1,29	0,2996	1917,05
31	4,1	0,2996	1654,63
31	4,75	0,2996	1593,47
40	5,0685	0,2996	1236,46
40	1,4262	0,2996	1327,30
40	1,67	0,2996	954,49
40	3,0348	0,2996	1044,88
40	2,99	0,2996	1353,85
40	1,8078	0,2996	744,55
40	1,4473	0,2996	926,55
40	0,9648	0,2996	1369,20
33	5,48	0,2996	1449,27
33	6,53	0,2996	1339,20
33	2,46	0,2996	1935,37
33	2,87	0,2996	479,44
33	5,68	0,2996	1256,69
33	5,9371	0,2996	1375,08
35	3	0,2996	1033,00
35	1,4473	0,2996	735,85
35	2,29	0,2996	882,53
35	4,1062	0,2996	1263,70
35	6,4	0,2996	468,59375

<b>35</b>	1,9502	0,2996	1633,16583
<b>35</b>	3,38	0,2996	1985,79882
<b>35</b>	1,0034	0,2996	3313,73331
<b>35</b>	0,5645	0,2996	735,163862
<b>37</b>	6,14	0,2996	1800,4886
<b>37</b>	3,6	0,2996	294,166667

## **Annexe 4 : classification française des sols**

### Sols peu évolués (AC)

Caractérisé par un faible degré d'altération, horizon humifères s'identifient rapidement, structure souvent peu affirmée.

- Sols peu évolués climatiques : cryosols et déserts.
- Sols peu évolués d'érosion.
- Sols peu évolués d'apports : alluviaux et colluviaux.
- Sols peu différenciés humifères désaturés

Insolubilisation rapide de complexes organo-métalliques abondants, incorporation profonde de matière organique insolubilisé, donnant l'apparence d'un profil A1C (types les plus évolués)

Sans allophanes ou pauvres en allophanes : RANKER (évolution "crypto-podzolique" des types les plus évolués)

Riches en allophanes : ANDOSOLS.

### Sol calcimagnésiques

Blocage de l'humification à un stade précoce par CaCO<sub>3</sub>, forte incorporation d'humus peu évolué dans le profil, altération peu poussée (milieu neutre ou alcalin), dominance d'argiles héritées.

- Humifères: A1C : rendzine et pararendzine.
- Peu humifères : (B) d'altération bien développé : Sols calcimagnésiques brunifiés (intergrade sols brunifiés).
- Très humifères : profiles A0A1C (ou A1(B)C): Sol humocalcaire et sol humocalcique.

### Sols isohumiques

Incorporation profonde, par voie biologique, de matière organique stabilisée par un processus de maturation climatique prolongée, dominance d'argiles 2/1 (illites, montmorillonites).

À complexes saturés : A1C : chernozem, sols châtain, sols bruns de steppe.

À complexe désaturés : intergrade brunifiés A(B)C ou ABtC : Brunizem.

Intergrade isohumique - fersiallitique : horizon calcaire ou pétrocalcaire en général épais : sols marrons, sols sub-arides.

À régime aride : Siérozem.

### Sols vertiques

Sols à argile gonflante, incorporation profonde, par mouvements vertiques, de complexes organo-métalliques très stables, de couleur foncée, intégration du fer résultant d'altération dans les argiles de néoformation et dans les composées humiques très polymérisés.

Sols vertiques foncés :

peu évolués : argiles héritées.

évolués : argiles néoformées.

Sols vertiques colorés :

à caractère vertique peu marqué : Pélosol vertique.

à caractère vertique très marqué : Sol brun eutrophe vertique.

### Sols brunifiés à profils A(B)C ou ABtC

Humus à turnover rapide résultant du processus d'insolubilisation par le fer (MULL), formation par "acidolyse" d'un horizon (B) d'altération où dominent les argiles "transformées", et associées à du fer hydraté en grande partie amorphe

Sols bruns à horizon (B) d'altération : sols bruns eutrophes ocreux.

Sols lessivés à Bt de type argillique : sols bruns lessivés, sols lessivés acides, sols lessivés glossiques.

Sols lessivés continentaux et boréaux : sols dernovo-podzoliques et gris forestier.

### Sols podzolisés

Matière organique peu évoluée (MOR ou MODER), formant des complexes organo-métalliques mobiles (Al-Fe), altération par complexolyse dominante, différenciation des horizons elluviaux et illuviaux (à l'inverse de l'évolution crypto-podzolique)

- Sols podzolisés non ou peu hydromorphes : sols ocre podzolique, sol podzolique, podzol.
- Sols podzolisés hydromorphes :

- Podzols hydromorphes tempérés : Podzols humiques, podzols à alios.
- Podzols hydromorphe tropicaux : Podzols de nappe.

### Sols fersiallitiques

Évolution particulière des oxydes de fer (rubéfaction), argiles 2/1 dominantes (smectites) (capacité d'échange supérieure à 25 m.e /100 g d'argile)

### Sols ferrugineux

Dominance des oxydes de fer cristallisés (goethite ou hématite), altération encore incomplète des minéraux primaires, Argiles 1/1 (néoformation) dominantes, (capacité d'échange comprise entre 16 et 25 m.e/100 g d'argile)

### Sols ferrallitiques

Altération des minéraux primaires (sauf le quartz), argiles 1/1 exclusives, teneur élevée en sesquioxides goethite (hématite) et gibbsite (capacité d'échange inférieur à 16 m.e/100 g d'argile)

### Sols hydromorphes

Sols à ségrégation locale de fer par processus d'oxydo-réduction.

- Processus d'oxydoréduction marqué. Présence d'une nappe.
- Sols apparentés, oxydo-réduction atténuée, imbibition capillaire d'un matériau argileux, appauvrissement superficiel.

### Sols salsodiques

Évolution conditionnée par l'ion  $\text{Na}^+$ , sous ses deux formes salines et alcalines.

- Sols à profil AC ou AG : forte salinité et faible alcalinité (ou nulle) : sols salins.
- Sols à profil A(B)C ou ABC : faible salinité (ou nulle) : alcalinisation saisonnière marquée ( $\text{pH} > 8,5$ ) : sols alcalin