

Développement et Pratique de la Fertigation dans le Périmètre Irrigué du Tadla

F.Z. Cherkaoui, A. El Iamani, L. El Mansouri
Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla - MAROC

RESUME

Depuis sa mise en eau pendant les années quarante, le périmètre irrigué du Tadla reste dominé par l'irrigation gravitaire. La valorisation de l'eau d'irrigation, qui devient de plus en plus rare, exige l'amélioration des rendements et de la qualité des produits agricoles, ce qui impose l'optimisation de la conduite des cultures. Avec le recours à l'irrigation fertilisante, l'alimentation hydrominérale de la plante devrait être mieux maîtrisée. Ainsi, la fertigation permet une meilleure efficience d'utilisation des engrais.

Dans le périmètre du Tadla, la première parcelle équipée en système d'irrigation localisée a été installée en 1986. Cependant, l'extension de ce système n'a été marquée qu'à partir de 1996. En dix ans, les superficies équipées par le système d'irrigation localisé ont été multipliées par douze.

Actuellement, 5.500 ha (5.7 % de la superficie totale irriguée) sont équipés en irrigation localisée, dont 90 % de cette superficie est conduite sous fertigation. Le bond enregistré durant la campagne 2002-03 (plus de 2000 ha) est le résultat du programme national d'économie d'eau et des subventions offertes par l'état pour la reconversion ou l'équipement des parcelles en système d'irrigation goutte à goutte. Toutes les cultures fertiguées sont pratiquées en plein champ, à l'exception de 30 ha de melon qui sont conduits sous tunnel nantais.

Une première évaluation de ce système de culture a montré qu'en pratiquant la fertigation les apports d'engrais ont été réduits de 30% en moyenne. Ses avantages sont très nombreux, mais son potentiel ne peut être atteint que moyennant une conception, une gestion et un entretien continu du système.

L'ORMVA du Tadla déploie un grand effort en matière de vulgarisation des techniques de fertigation. Il assure l'encadrement rapproché et l'élaboration du conseil agronomique pour les agriculteurs adoptant les techniques d'irrigation localisée, en vue de rationaliser les apports d'eau et d'engrais, faire le bon choix du type d'engrais à appliquer, le mode de fractionnement et le moment d'apport. Les engrais les azotés les plus utilisés sont : le Sulfate d'ammonium, l'Urée, l'Ammonitrate et l'Acide nitrique. Pour le potassium, il est appliqué sous forme de Sulfate de potassium et de Nitrate de potassium. Quant au phosphore, il est généralement apporté sous forme de mono ammonium phosphate ou d'acide phosphorique.

La pratique de la fertigation a permis aux agriculteurs de mieux gérer les apports d'engrais, notamment le potassium. L'adéquation des apports de potassium aux besoins de la plante permet l'amélioration des rendements et la qualité de la production. Les cultures concernées par ce système d'irrigation sont principalement les agrumes, les rosacées et le maraîchage.

1. Introduction

Au Maroc, les conditions naturelles ont fait de l'irrigation un impératif technique incontournable qui a acquis des dimensions économiques et sociales indéniables. L'irrigation est aussi devenue une voie privilégiée du développement agricole et bénéficie d'une attention particulière des pouvoirs publics. Par ailleurs, il a été jugé nécessaire de gérer, de manière efficace et rationnelle, les ressources en eau du pays dans le but de protéger et capitaliser les investissements réalisés dans le cadre des projets d'irrigation.

Si l'irrigation contribue à l'amélioration des rendements et de la qualité de la production, son extension est toujours accompagnée de sérieuses menaces sur la qualité des ressources en eau et en sol. La gestion quantitative et qualitative de ces ressources revêt une importance capitale dans la durabilité du système de production.

Au niveau du périmètre irrigué du Tadla qui est l'un des plus anciens périmètres aménagés par l'état la gestion rationnelle des ressources en eau est assurée par la mise en place d'une stratégie, qui s'insère dans le cadre du programme national d'économie d'eau. Parmi les actions entreprises :

- Amélioration de la gestion du système d'irrigation
- Renforcement de la maintenance du réseau d'irrigation
- Introduction de nouvelles techniques d'irrigation à économie d'eau
- Implication des usagers dans la gestion de l'eau
- Renforcement de la viabilité de l'environnement
- Encouragement de la recherche en matière d'économie d'eau

L'introduction prometteuse de techniques d'irrigation localisée dans le périmètre par le biais de démonstrations chez les agriculteurs a permis :

- Une réduction substantielle des consommations d'eau allant de 20 à 30%
- Une augmentation de 30 % des rendements.

La pratique de la fertigation, qui consiste à introduire les éléments fertilisants par l'intermédiaire du réseau d'irrigation localisée, a permis :

- une économie en intrant et en main d'œuvre de 10 à 50 %
- Préservation des ressources en eau

Pour encourager les agriculteurs à adopter les techniques d'irrigation à économie d'eau, l'état a instauré des subventions très incitatives dont les montants sont fixés de 30 à 40 % du coût de l'opération, en fonction de la localisation des aménagements et de la nature des opérations. Toutefois, ces montants sont plafonnés à 12.000,00 DH par hectare aménagé. Ce plafond peut être porté à 23.000,00 DH en cas de nécessité de recours à la construction de bassins pour le stockage de l'eau d'irrigation, pour s'affranchir du tour d'eau à l'intérieur du périmètre irrigué..

2. Présentation du périmètre irrigué du Tadla

2.1. Situation géographique

Le périmètre irrigué du Tadla est situé à 250 Km au Sud Est de Rabat et à une altitude moyenne de 400 m.. La plaine du Tadla est limitée au Nord par le plateau des phosphates , à l'Est se

rétrécie entre le plateau d'Oued-Zem et la retombée Atlasique, à l'Ouest, l'oued El Abid est pris comme limite régionale et hydrogéologique avec la Bahira et au Sud, elle est limitée par la chaîne montagneuse du moyen Atlas. Le périmètre irrigué est traversé par l'oued Oum Er Rbia et se trouve ainsi divisé en deux sous périmètres de superficie inégale qui offrent des caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques différents (figure 1) :

- Béni Amir en rive droite d'une superficie de 27.000 Ha irrigués par les eaux régularisées du barrage Ahmed El Hansali (800 Millions de m³ de capacité) sur l'oued Oum Rbia.
- Béni Moussa en rive gauche d'une superficie de 69.500 Ha irrigués par les eaux régularisées du barrage Bin El Ouidane (1.5 Milliards de m³ de capacité) sur l'oued El Abid.

2.2. Climat

Le climat de la région est de type méditerranéen, aride à semi-aride à caractère continental avec une saison sèche d'avril à octobre et une saison pluvieuse de novembre à mars. La pluviométrie moyenne annuelle est de 350 mm avec une forte variation dans le temps et dans l'espace. L'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 1.800 mm.

Les températures connaissent des variations saisonnières de très importantes avec un maximum en août de 40 °C et un minimum en janvier de 3 °C

2.3. Sols

Les principaux types du sol qui règnent dans le périmètre du Tadla sont présentés par :

- Sols isohumiques, qui représentent la majorité des sols du périmètre (83%), ils comprennent :
 - sols bruns subtropicaux modaux
 - sols bruns subtropicaux salins et salsodiques
 - sols châtaîns modaux
- Sols calcimagnésiques comprenant les sols bruns calcaires (11%) et les rendziniformes.
- Sols ferralitiques à sesquioxydes de fer
- Sols hydromorphes et sols peu évolués

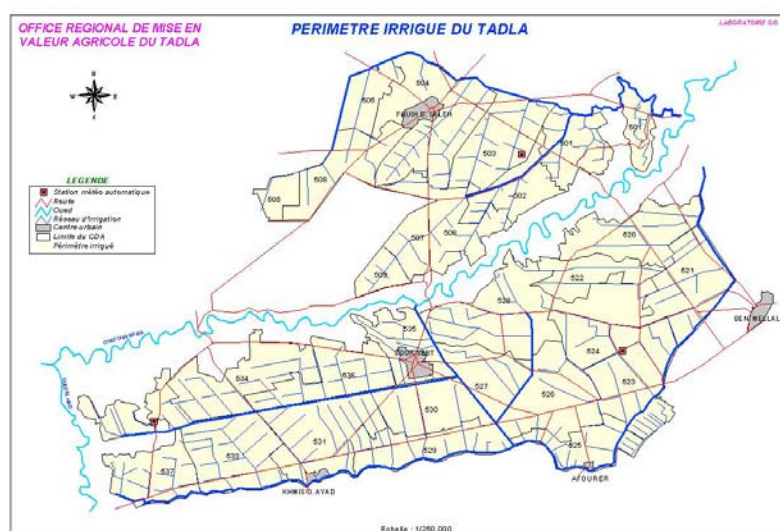


Figure 1 : Périmètre irrigué du Tadla

2.4. Hydrologie

Le principal cours d'eau dans la région du Tadla est l'oued Oum Er Rbia, issu des hauts plateaux du moyen Atlas. Son débit moyen est $38.6 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un maximum de $1700 \text{ m}^3/\text{s}$ et un minimum de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Les eaux de l'oued Oum Er Rbia sont relativement salées, avec un résidu sec de $1\,700 \text{ mg/l}$, en raison de leur origine. Par contre, l'oued El Abid véhicule des eaux de bonne qualité chimique avec un résidu sec de 300 mg/l .

2.5. Hydrogéologie

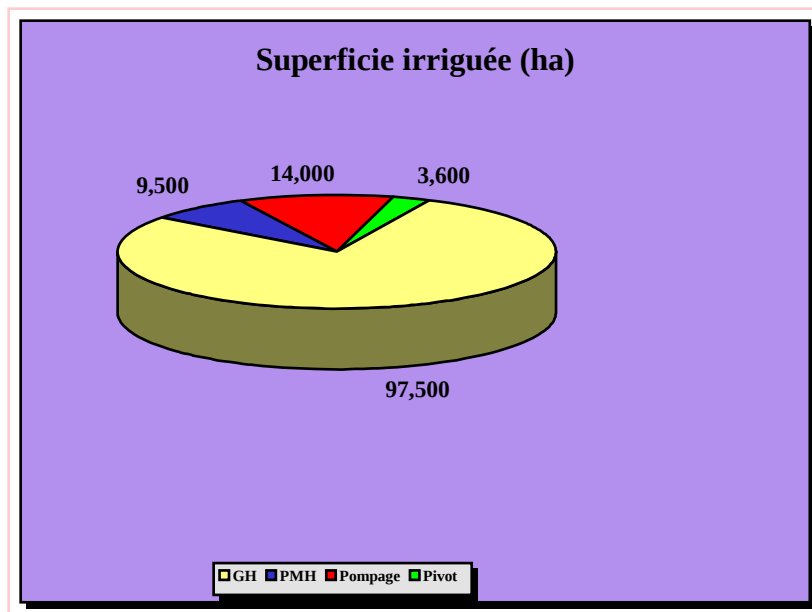
Les structures et les caractères diversifiés des formations géologiques de la plaine du Tadla ont donné naissance à une succession de couches aquifères d'importance hydraulique variable et présentant des contrastes de perméabilités entre niveaux. Les principales nappes dans la région du Tadla sont :

- Nappe phréatique circulant dans des formations Plio-Quaternaires.
- Nappe des calcaires de l'Eocène
- Nappe des calcaires Turoniens.

2.6. Aménagements hydro agricole

Les travaux d'aménagement ont été entamés en 1929 dans les Béni Amir, et la mise en eau des premiers secteurs remonte à 1938. Au Béni Moussa, les travaux d'aménagement ont commencé en 1949 et la première mise en eau fut réalisée en 1954.

Le périmètre irrigué du Tadla couvre une superficie irriguée d'environ $124\,600 \text{ ha}$ répartie entre la grande hydraulique, PMH (Petite et Moyenne Hydraulique), le pompage diffus, et les Centres Pivot (Figure 2). Le mode d'irrigation dans le Tadla est essentiellement gravitaire. Cependant, il existe d'autres systèmes d'irrigation : irrigation par centre pivot et irrigation localisée.



**Figure 2 : Répartition de la superficie irriguée
Périmètre du Tadla**

2.7. Mise en valeur agricole

Depuis la création du périmètre irrigué du Tadla, l'activité économique ne cesse de se développer. En effet l'introduction de l'irrigation a fait révolutionner un mode de vie ancestral basé sur une agriculture extensive soumise aux aléas d'une pluviométrie insuffisante et irrégulière. Des méthodes modernes de production ont été introduites, des cultures industrielles, arboricoles et maraîchères ont été développées.

Une industrie de transformation des produits agricoles a été installée et elle est en voie d'expansion, ainsi on peut citer les unités suivantes: sucreries et raffineries, huileries, usines d'égrenage du coton, tanneries, unités de transformation d'aliment de bétail, conditionnement etc.

3. Conception et équipement du système d'irrigation localisée

3.1. Conception du système

Le dimensionnement d'un système d'irrigation fertilisante nécessite la réalisation d'une étude préliminaire pour connaître la taille et la forme de la surface à irriguer, sa topographie, son type du sol, en plus des sources d'eau disponibles et leurs caractéristiques. Les données climatiques de la région environnant le domaine à irriguer doivent être connues pour estimer les besoins en eau des cultures à installer.

3.2. Equipement du système

3.2.1. Système d'irrigation

Les systèmes de micro-irrigation sont définis comme étant des systèmes à pression qui livrent directement l'eau aux plantes, par le biais d'un ensemble d'équipements de régulation du débit d'eau, tels les goutteurs et les micro-jets. Les besoins en eau dépendent de différents facteurs : précipitations, sols, cultures, matériel utilisé, etc.

L'installation comprend une station de pompage pour pressuriser l'eau du système. L'eau est alors charriée à travers la conduite principale vers les secteurs opérationnels. A cette conduite principale sont connectées les rampes qui assurent le transport de l'eau. Enfin les rampes sont dotées de mécanismes d'émission appelés goutteurs permettant la distribution de l'eau à un débit de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les agrumes.

La filtration est nécessaire pour améliorer la qualité physique de l'eau et préserver les appareils d'émission contre le bouchage et les maintenir en bon état de fonctionnement. La première filtration doit être effectuée à l'amont du système. Le matériel de filtration peut être un filet à maille, une série de disques ou un filtre à sable à travers lequel l'eau doit passer sous pression.

3.2.2. Système de fertigation

Le réseau d'irrigation localisé peut être utilisé pour distribuer l'engrais aux cultures, grâce à un injecteur d'engrais, le matériel d'injection utilisé est la pompe doseuse hydraulique, la pompe doseuse électrique ou l'injecteur de type venturi permettant l'injection de l'engrais par différentiel de pression. L'apport d'engrais bénéficie donc des avantages de la micro irrigation :

- Intervention possible à tout moment ce qui permet la correction des carences même au cours du cycle,
- Localisation des apports à proximité des racines

- Meilleur contrôle des quantités apportées, ce qui évite les pertes par lessivage, par fixation ou par rétrogradation et accroît l'efficacité des engrais.

3.3. Avantages de la fertigation

Les avantages de la fertigation sont très nombreux, mais son potentiel ne peut être atteint que moyennant une conception, une gestion et un entretien continu du système. Parmi ces avantages on peut citer :

- Augmentation du rendement
- Amélioration de la qualité de production
- Diminution de la main d'œuvre nécessaire pour l'irrigation et la fertilisation.
- Amélioration de l'efficacité de l'irrigation (diminution du volume d'eau utilisée)
- Amélioration de l'efficacité d'utilisation des engrais par les cultures.
- Augmentation de la fréquence des apports d'engrais.
- Application précise des engrais au sol
- Correction d'une déficience en phosphore au cours du cycle de la culture ce qui n'était pas possible en fertilisation traditionnelle.
- Préservation de la qualité des eaux souterraines en limitant le lessivage des sels et des nitrates.
- Possibilité d'utiliser les terres marginales qui présentent une pente forte, une texture grossière ou à forte pierrosité.

3.4. Problèmes liés à la fertigation

La micro-irrigation exige un investissement initial considérable. Il opère avec une très faible marge d'erreur et requiert la maîtrise de nouveaux concepts, tels que l'injection de l'engrais et des acides. Il exige également un régime de maintenance rigoureux, comprenant le nettoyage des filtres et la purge des goutteurs.

3. Etablissement d'un programme de fertigation

Pour établir un programme de fertigation trois méthodes peuvent être utilisées :

3.1. Méthode des équilibres

Cette méthode est basée sur l'établissement des équilibres entre les éléments fertilisants (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium) selon les exigences de la culture, sa physiologie et son stade de développement. Les équilibres sont obtenus sur la base de la fertilisation azotée. L'azote étant le pilier, il est désigné par le chiffre 1, le phosphore est exprimé en terme de P_2O_5 et le potassium en terme de K_2O . Pour le calcium et le magnésium, ils sont exprimés sous forme de CaO et MgO respectivement.

3.2. Méthode des normes

Elle consiste à donner à la plante des solutions nutritives qui ont été établies sur la base des besoins en fonction des stades végétatifs. Ces solutions ont un niveau de fertilité croissant en azote ammoniacal et nitrique (10, 12, 14.4 et 18 milliéquivalent par litre).

Les réserves en éléments fertilisants existant dans le sol et les quantités apportées par l'eau d'irrigation doivent être soustraites des doses préconisées.

3.3. Méthode basée sur la conductivité électrique

La méthode de la conductivité électrique (CE) n'est pas nutritionnelle, mais elle sert à garder une CE adéquate pour un bon développement des plants. Cette méthode nécessite la connaissance chaque semaine de la CE du sol déterminée dans un extrait $\frac{1}{2}$ et la CE de la solution nutritive au niveau des injecteurs à l'aide d'un conductivimètre. Avec une telle méthode on peut profiter de la charge en sels de l'eau d'irrigation et du sol, ce qui permet de faire des économies en engrais. L'eau d'irrigation apporte le calcium et le magnésium, le reste est apporté sous forme d'azote, de phosphore et de potassium en respectant le rapport N/K égal à 1 ou 2, pour avoir une CE voulue. Une CE élevée au début de la plantation stimule la fructification et la formation des racines, et à la fin améliore la qualité du fruit.

4. Pratique de l'irrigation localisée dans le périmètre du Tadla

4.1. Importance de la superficie équipée par le système d'irrigation localisée

Dans le périmètre du Tadla le premier système d'irrigation localisée a été installé en 1986. L'extension de ce système n'a été marquée qu'à partir de 1996. Le graphe N°1 illustre l'évolution des superficies équipées par le système d'irrigation localisé.

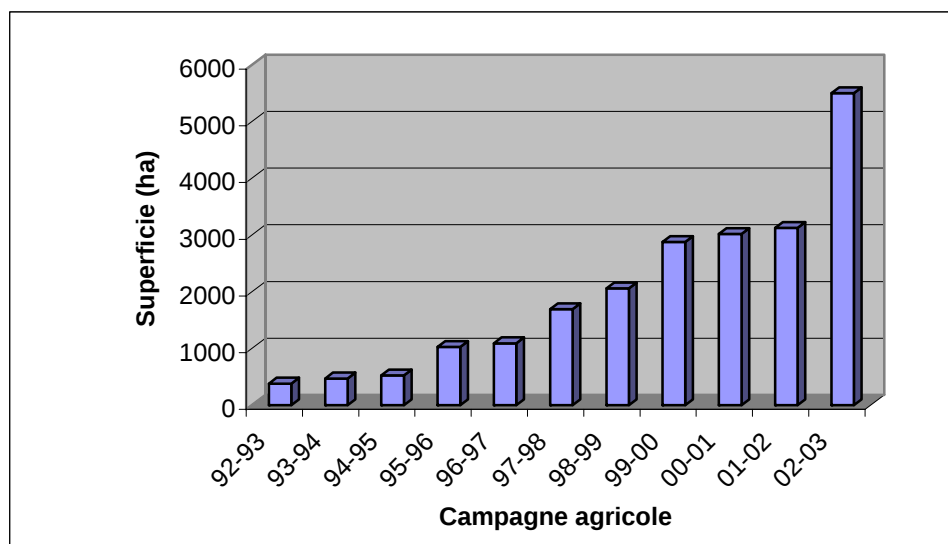


Figure N° 3 : Evolution des superficies équipées par le système d'irrigation localisée

La superficie équipée par ce système concerne près de 5.7 % de la superficie totale irriguée à l'échelle du périmètre, soit 5.500 ha. La superficie est très variable d'une exploitation à l'autre, elle se situe entre 1 ha et 225 ha. La moyenne est de 22 ha avec un coefficient de variation de 70 %. La répartition de différentes classes de taille est reportée dans le tableau N°1.

Tableau N°1 : Répartition des classes de taille des exploitations équipées par le système d'irrigation localisée

TAILLE DE L'Exploitation (ha)	NOMBRE D'EXPLOITATIONS	%
<5 ha	48	21.7
5-25 ha	115	52.0
>25 ha	58	26.2
TOTAL	221	100%

Les exploitations de taille moyennes sont les plus dominantes elles représentent 52 %. Au niveau de Béni Moussa Ouest 41 % des exploitations présentent une superficie supérieure 25 ha, les exploitations de faible taille (<5 ha) se localisent principalement au niveau de Béni Moussa Est.

4.2. Cultures concernées par l'irrigation localisée

Les cultures concernées par ce système d'irrigation sont principalement les agrumes, les rosacées et le maraîchage (Graphe N°2).

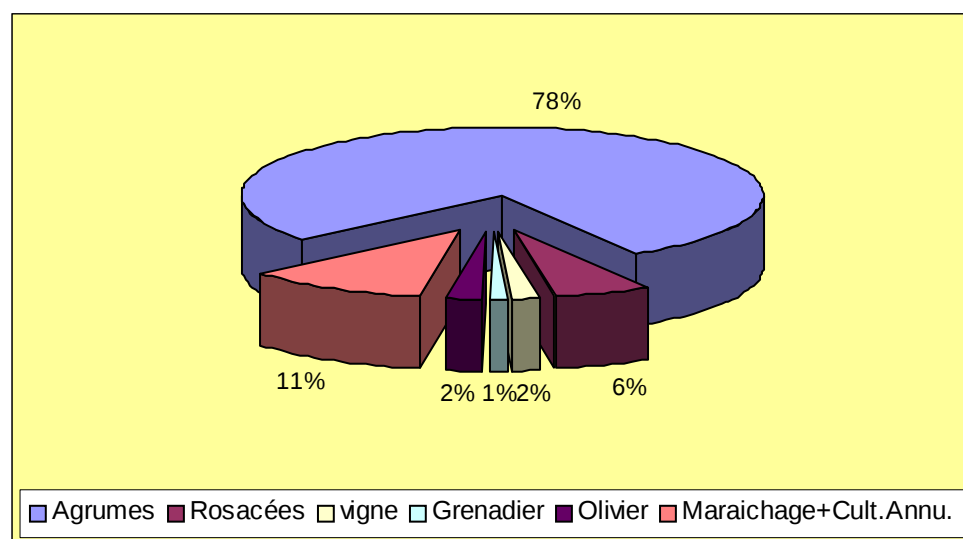


Figure N° 4 : Cultures concernées par l'irrigation localisée

Les agrumes constituent 78 % de la superficie total équipée en système d'irrigation localisé. Les rosacées représentent 7 %. Pour le maraîchage, il représente 11 % de la superficie totale en plus de la superficie pratiquée en intercalaire avec les arbres fruitiers.

4.3. Engrais utilisés

A l'échelle du périmètre les principaux types d'engrais utilisés en fertigation sont :

- Engrais azotés : Sulfate d'ammonium, Urée, Ammonitrate, Acide nitrique
- Engrais phosphatés : Mono ammonium phosphate, Acide phosphorique
- Engrais potassiques : Sulfate de potassium, Nitrate de potassium

5. Essai de fertigation sur agrumes

La recherche permanente de l'amélioration des rendements et de la qualité des produits impose de tout mettre en œuvre pour optimiser au mieux la conduite des cultures. Avec le recours à l'irrigation fertilisante on peut maîtriser l'alimentation hydrominérale de la plante.

Au niveau du périmètre du Tadla un essai sur la conduite de la fertigation a été installé chez dix agriculteurs, dans le but de voir les pratiques des agriculteurs en matière de fertigation et l'impact sur les rendements et sur la qualité de la production. L'essai a concerné une parcelle d'un hectare par exploitation.

5.1. Matériel et méthode

Les parcelles d'essai ont reçu les doses d'engrais suivantes :

- 2 quintaux d'ammonitrate
- 2 quintaux de MAP
- 2 quintaux de sulfate de potassium

Ces doses ont été ajustées selon les résultats des analyses du sol

Pour savoir les réserves initiales du sol en éléments fertilisants, des prélèvements d'échantillons du sol ont été effectués au niveau de chaque parcelle sur une profondeur de 40 cm. Ces échantillons ont fait l'objet d'analyse de la fertilité. Les résultats obtenus ont servi de base pour l'élaboration du programme de fertigation.

Des échantillons de la plante ont été prélevés au niveau de la pousse du printemps âgée de six, sur les branches non fructifères, et ont servi pour la détermination de l'azote, du phosphore et du potassium.

Une fiche enquête a été préparée et distribuée aux agents du terrain pour collecter les informations relatives à la conduite de l'irrigation et de la fertigation par les agriculteurs objet de l'essai, ainsi que le suivi de l'état végétatif des arbres.

A la récolte sont déterminés le calibre des fruits et le rendement à l'hectare.

Le traitement statistique des données a été effectué par le logiciel STATGRAPHICS. Les cartes sont élaborées par le système d'information géographique (ARCVIEW et ARCINFO).

5.2. Résultats et discussion

5.2.1. Présentation des sites de suivi :

Les exploitations concernées par l'essai présentent des superficies de 1 à 63 ha. La densité de plantation est de 238 à 500 arbres par hectare (Tableau N°2).

Tableau N° 2 : Données générales sur les parcelles d'essai

Nom de l'agriculteur	CDA	Mle	Superficie Agrume (ha)	Variété	Densité Arbre/ha
EL AMRAOUI HAMID	520	8920	13,35	Clémentine	500
KHALDOUN EL MAATI	522	9356	3	Maroc Late	238
AMRANI NAJIA	523	621	63	Navel	238
CHEBBAK MUSTAPHA	523	333	38	Navel	500
SEHA Ouled Gnaou	524	-	1	Maroc Late	415
SERGHOCHNI MOULOUD	524	BM48	21	Maroc Late	500
BELAIDI MOHAMED	526	2029	7	Navel	333
BEN BAIBOUDA ABDESSAMED	528	804C	8,63	Navel	400
LAHMAM KADDOUR	530	4088	10,8	Navel	278
MABROUK ALI	534	103	58	Sanguine	333

5.2.2. Conduite de l'irrigation

La dose moyenne d'irrigation appliquée est de 5 900 m³/ha (Tableau N°3). On assiste à une réduction de la consommation en eau de 26 % en la comparant cette dose avec celle appliquée en système d'irrigation gravitaire qui est de 8 000 m³/ha.

Tableau N° 3 : Données générales sur la conduite de l'irrigation

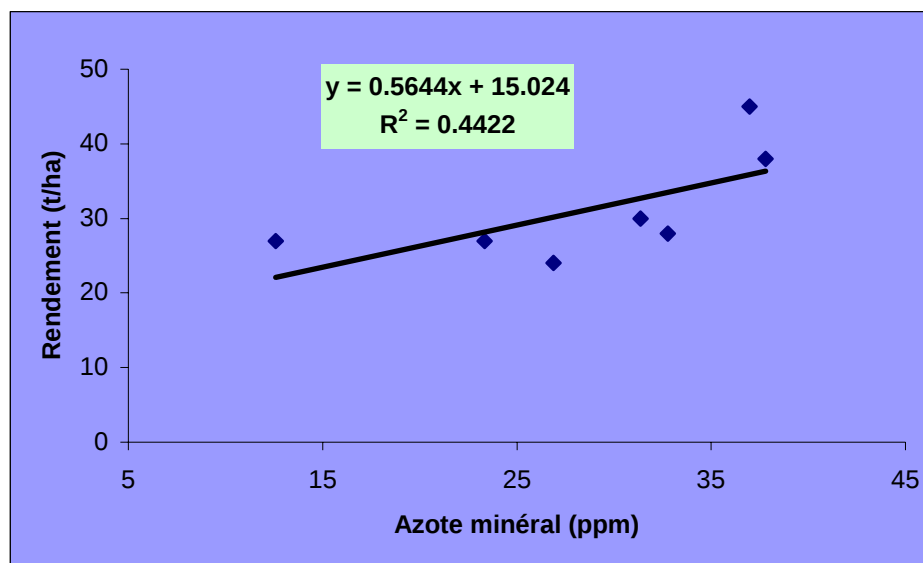
Nom de l'agriculteur	Dose Moyenne par irrigation (m ³ /ha)	Nombre d'irrigation	Dose appliquée (m ³ /ha)
LAHMAM KADDOUR	50	120	6 000
BELAIDI MOHAMED	45	130	5 850
SEHA Ouled Gnaou	22	290	6 380
MABROUK ALI	40	140	5 600
AMRANI NAJIA	55	109	5 995
SERGHOCHNI MOULOUD	21	290	6 090
CHEBBAK MUSTAPHA	23	290	6 670
EL AMRAOUI HAMID	20	290	5 800
KHALDOUN EL MAATI	38	140	5 390
BEN BAIBOUDA ABDESSAMED	35	150	5 250
MOYENNE	34,9	195	5 903

5.2.3. Analyse du sol

Les résultats des analyses (Tableau N°4) révèlent que les sols sont moyennement pourvus en matière organique, en azote minéral, et en phosphore assimilable. Ils sont riches en potassium assimilable.

Tableau N° 4 : Résultats des analyses du sol :

Nom de l'agriculteur	MO (%)	NO3 (ppm)	NH4 (ppm)	P assimil. (ppm)	K assimil. (ppm)
LAHMAM KADDOUR	1,28	26,32	5,04	2,42	322
BELAIDI MOHAMED	3,12	7,28	5,32	19,25	468
SEHA Ouled Gnaou	2,6	8,96	4,48	6,99	415
MABROUK ALI	1,31	18,76	18,2	8,77	755
AMRANI NAJIA	1,28	10,92	26,88	8,56	1090
SERGHOCHNI MOULOUD	2,56	9,52	17,36	22,12	368
CHEBBAK MUSTAPHA	2,22	13,44	24,64	17,16	1304
EL AMRAOUI HAMID	2,64	12,32	11,02	5,80	284
KHALDOUN EL MAATI	1,73	17,36	22,96	21,04	196
BEN BAIBOUDA ABDESSAMED	2,88	20,16	12,6	32,49	774
MOYENNE	2,16	14,50	14,85	14,46	598



L'expression du rendement en fonction de l' azote minéral, du phosphore assimilable et du potassium assimilable sont reportés dans les figures 5, 6 et 7.

Figure N° 5 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en azote minéral dans le sol

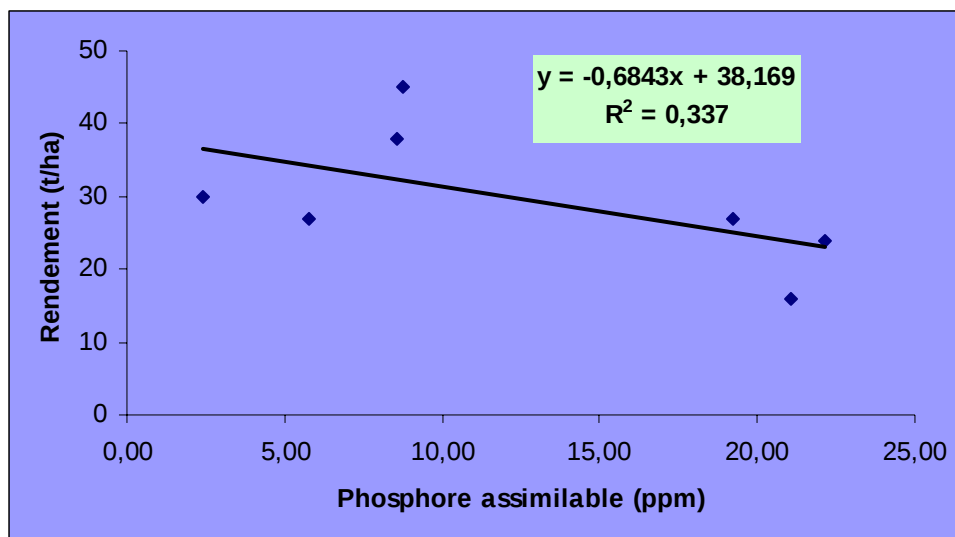


Figure N° 6 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en phosphore assimilable dans le sol

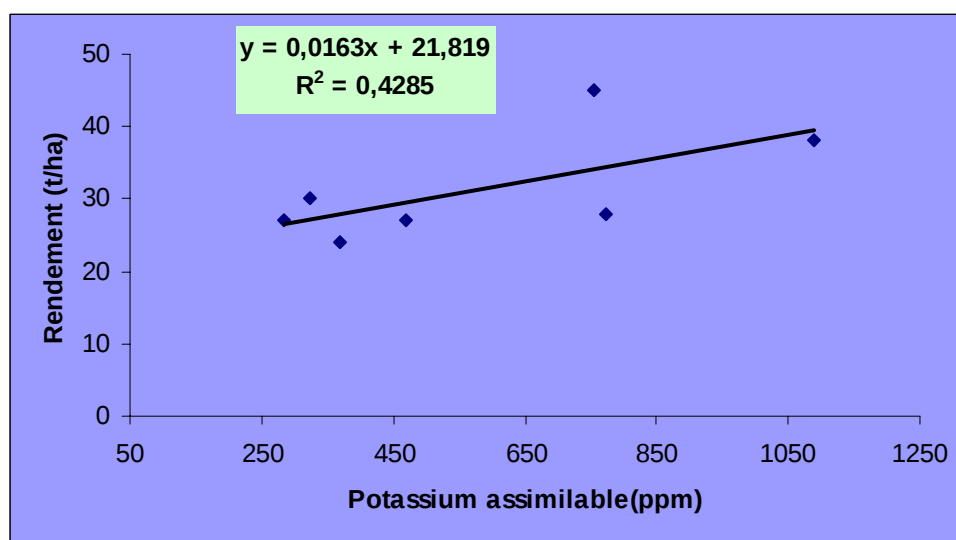


Figure N° 7 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en potassium assimilable dans le sol

La réserve initiale du sol en azote minéral seul, a pu expliquer 44 % de la variation du rendement. Avec l'analyse de la régression linéaire multiple, intégrant les facteurs : azote minéral, phosphore assimilable et potassium assimilable, 85 % de la variabilité du rendement peut être expliquée. Les coefficients de l'équation exprimant le rendement en fonction des résultats de l'analyse de la fertilité sont relatés dans le tableau N° 5

Tableau N° 5 : ANALYSE DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

Variable dépendante : Rendement (t/ha)
Variables indépendantes : - Azote minéral - Phosphore assimilable - Potassium assimilable
Coefficient de détermination multiple : 0,85

	Coefficients
Constante	22,35
Azote minéral	0,17
Phosphore assimilable	-0,33
Potassium assimilable	0,02

5.2.4. Analyse foliaire

Les résultats des analyses foliaires (Tableau N°5) révèlent que les arbres se trouvaient dans des conditions optimales de croissance.

Tableau N° 6 : Résultats des foliaires :

Nom de l'agriculteur	Azote (%)	Phosphore (%)	Potassium (%)
LAHMAM KADDOUR	2,39	0,182	0,89
BELAIDI MOHAMED	2,80	0,186	1,40
MABROUK ALI	2,86	0,212	0,89
AMRANI NAJIA	2,64	0,186	1,11
SERGHOCHNI MOULOUD	2,23	0,189	1,69
CHEBBAK MUSTAPHA	2,11	0,169	1,11
EL AMRAOUI HAMID	2,68	0,253	0,89
KHALDOUN EL MAATI	2,02	0,098	0,23
BEN BAIBOUDA ABDESSAMED	2,63	0,133	1,40
MOYENNE	2,48	0,179	1,07

L'analyse de la régression linéaire simple du rendement en fonction des teneurs des feuilles en azote, phosphore et potassium totaux est représentée par les figures 8, 9 et 10.

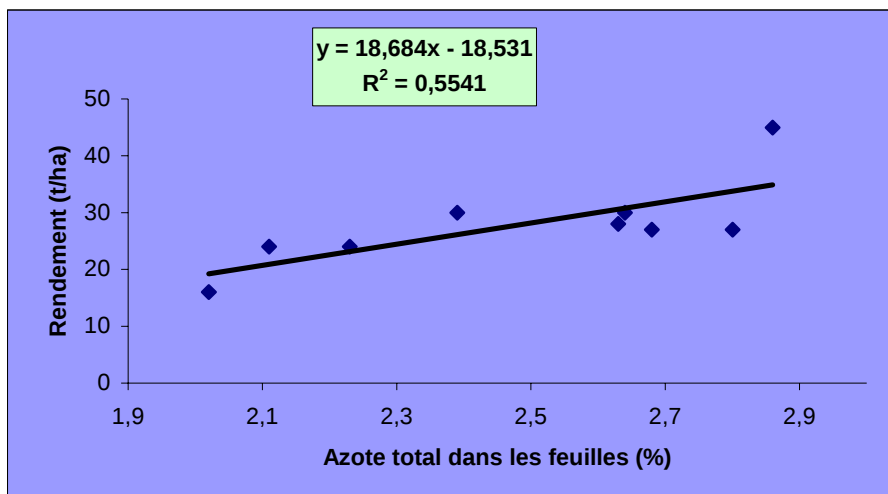


Figure N° 8 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en azote total des feuilles

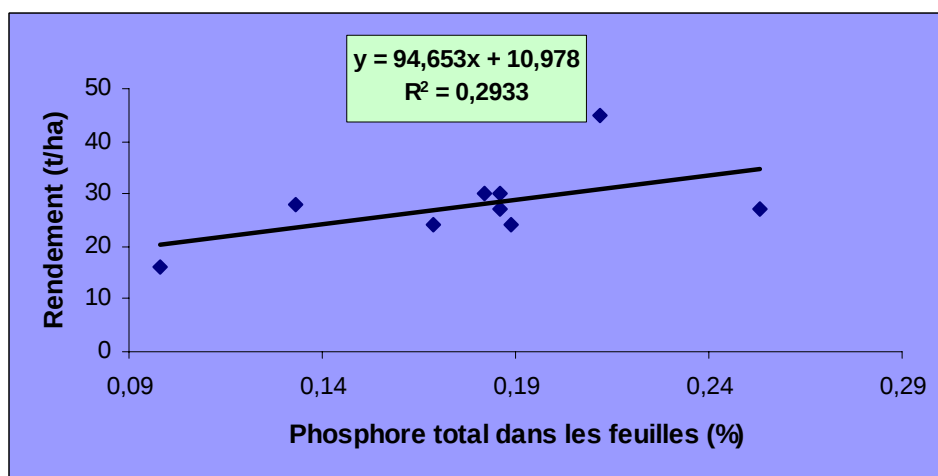


Figure N° 9 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en phosphore total des feuilles

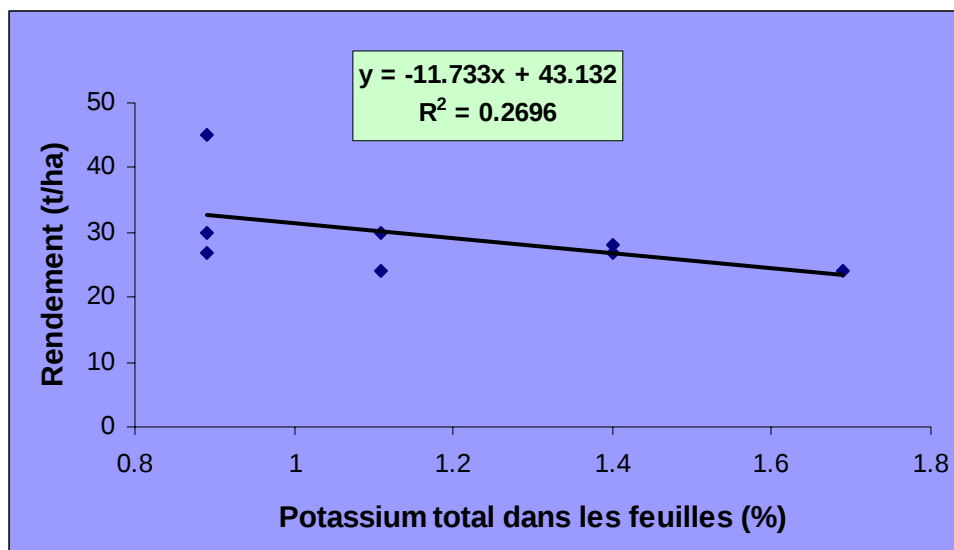


Figure N° 10 : Rendement des agrumes en fonction de la teneur en potassium total des feuilles

La teneur des feuilles en azote total, a pu expliquer 55 % de la variation du rendement. Avec l'analyse de la régression linéaire multiple, intégrant les trois facteurs : azote, phosphore et potassium, seul 69 % de la variabilité du rendement peut être expliquée. Les coefficients de l'équation exprimant le rendement en fonction des résultats de l'analyse de la fertilité sont relatés dans le tableau N° 7

Tableau N° 7 : ANALYSE DE LA REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

Variable dépendante : Rendement (t/ha)	
Variables indépendantes : - Azote total foliaire	
- Phosphore total foliaire	
- Potassium total foliaire	
Coefficient de détermination multiple : 0,69	

	Coefficients
Constante	21,39
Azote	12,61
Phosphore	-44,04
Potassium	-12,29

5.2.5. Evolution des rendements

Le rendement des agrumes a connu une légère diminution, suite à la reconversion du système d'irrigation gravitaire en irrigation localisée. Le rendement augmente ensuite pour atteindre en moyenne plus de 28 t/ha (Tables N°8) .

Noms des agriculteurs	Rendements (t/ha)				
	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04
LAHMAM KADDOUR	21	20	24	21	30
BELAIDI MOHAMED	22	18	19	24	27
MABROUK ALI	25	25	18	28	45
AMRANI NAJIA	33	34	32	32	38
SERGHOUNI MOULOUD	20	23	24	25	24
CHEBBAK MUSTAPHA	22	24	23	20	24
EL AMRAOUI HAMID	16,5	13,2	14,85	23,1	27
KHALDOUN EL MAATI	8	9	9	10	16
BEN BAIBOUDA ABDESSAMED	16,6	9	11	24	28
MOYENNE	20,46	19,47	19,43	23,01	28,78

Si on compare ce rendement avec le rendement moyen obtenu à l'échelle du périmètre au niveau des exploitations adoptant le système d'irrigation qui est de 22 t/ha, on perçoit clairement une amélioration de rendement de 20 %.

6. Conclusions et recommandations

Le suivi des essais sur la conduite de la fertigation chez les agriculteurs a mis en relief l'effet bénéfique de la reconversion du système d'irrigation gravitaire en irrigation localisée. L'adoption de cette nouvelle technique a permis :

- Economie dans la consommation en eau d'irrigation qui est de 26 %
- Réduction des apports d'engrais de 20 %
- Amélioration du calibre des fruits selon les déclarations des agriculteurs
- Augmentation du rendement de 29 %

A la lumière des résultats de cet essai on recommande :

- Reconduire cet essai pour les autres cultures pratiquées dans le périmètre
- Sensibiliser les agriculteurs sur l'intérêt des analyses dans l'élaboration du plan de fertigation
- Assurer un encadrement continu des agriculteurs adoptant cette technique