

Caractérisation des pompages des eaux souterraines et étude de leurs performances techniques dans la zone côtière du Gharb

A. Hammani* et H. Yechi*

* Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département de Génie Rural, BP 6202, Rabat-Instituts, Maroc. email. a.hammani@iav.ac.ma

Résumé

Le présent article synthétise les résultats d'une étude menée dans la zone côtière du Gharb ayant pour objectif la caractérisation des pompages de l'eau souterraine pour l'irrigation et d'évaluer leurs performances techniques.

La typologie des exploitations élaborée en fonction de la superficie irriguée, du type du sol, et des systèmes de cultures pratiqués, a révélé l'existence de quatre principaux types, dont le volume d'eau annuel prélevé à partir de la nappe est assez variable. Le volume d'eau pompé le plus élevé (en moyenne de 8000 m³/ha) a été mesuré au niveau des exploitations de bananier et des cultures maraîchères.

Le coût moyen de pompage d'un m³ d'eau est de 0.46 DH. Ce coût reste relativement élevé malgré les faibles profondeurs de la nappe et ne décourage pas les agriculteurs, vue les avantages que procure le pompage privé et la possibilité qu'offre aux agriculteurs de pratiquer les cultures à forte valeur ajoutée.

La non maîtrise de la gestion des eaux souterraines est presque observé chez les différents types d'exploitations, en raison de la prédominance des techniques d'irrigation de faible efficacité (gravitaire ou méthode du pompiste), ou de la mauvaise planification des calendriers d'irrigation (sur irrigation de la majorité des cultures pratiquées).

Mots clés: Zone côtière du Gharb, pompage privé, eau souterraine, exploitation agricole, performances, durabilité.

1. Introduction

La zone côtière du Gharb est caractérisée par la présence d'un système aquifère ayant des potentialités importantes en ressources en eau. Cette zone non encore aménagée a connu un grand développement agricole grâce à l'extension de l'irrigation privées à partir des eaux la nappe par pompage privé. Le développement technologique du matériel de pompage a permis d'atteindre des profondeurs importantes à des coûts relativement faibles.

Toutefois, l'utilisation intensive des eaux souterraines comme étant la seule ressource en eau pourrait engendrer leur surexploitation et par la suite l'avancé du biseau salin. Même si la nappe de la zone côtière a été étudiée à plusieurs reprises, des questions quant à son avenir et l'avenir de l'agriculture irriguée dans cette région restent posées:

- Y'a-t-il un risque de surexploitation de la nappe sous l'effet de l'irrigation privée ?
- Y'a-t-il une maîtrise de la gestion de cette ressource de la part des agriculteurs ?
- Quelles sont les performances techniques de l'irrigation à partir des eaux souterraine ?

Le présent travail vient pour répondre en partie à ces questions à travers une étude consistant à des enquêtes avec les agriculteurs et de mesures de certains paramètres sur le terrains.

2. Contexte géographique

La zone côtière du Gharb est délimitée par: Kénitra au Sud, Moulay Bouselham au Nord, Sidi Allal Tazi à l'Est et l'océan atlantique à l'Ouest (GERSAR/SCET-MAROC/ADI, 1995). Cette zone occupe une superficie totale d'environ 85 304 ha, qui s'étend sur la côte de l'océan atlantique sur une longueur de plus de 80 Km (Ezzamiti, 2007). Cette superficie se répartit comme suit:

- SAU : 57 315 ha.
- Forêts : 8 082 ha.
- Parcours: 2 526 ha.
- Infrastructures et incultes: 17 381 ha.

La zone côtière englobe les communes rurales suivantes:

- Les communes Ben Mansour et M'nasra correspondant au centre de développement agricole (CDA) 236 de l'Office régional de mise en valeur agricole du Gharb (ORMVAG);
- La commune Bahara Ouled Ayad et Sidi Mohamed Lahmer correspondant au centre de développement agricole (CDA) 237 de l'Office régional de mise en valeur agricole du Gharb (ORMVAG), (Wattenhofer, 2006).

Tableau 1: Superficies des communes rurales de la zone du projet

Communes rurales	Superficie totale (ha)	SAU (ha)	Nombre d'exploitation	Forêts (ha)	Parcours (ha)	Infrast+Incult (ha)
Ben Mansour	26 780	21 500	6 960	1 500	1 426	2 354
Menasra	22 332	15 000	3 480	2 200	1 000	4 132
Bahara Od Ayad	23 466	9 672	3 540	3 764	65	9 965
S.M. Lahmer	12 726	11 143	4 960	618	35	930
Total	85 304	57 315	18 940	8 082	2 526	17 381

Source: Ezzamiti, 2007

3. Contexte hydrogéologique

D'une manière générale, la structure hydrogéologique du système aquifère de la zone côtière du Gharb peut être présentée par la succession de deux couches différentes (Figure 1): Une couche superficielle grés-sableuse qui a une épaisseur comprise entre 5 et 10 m dans les dunes intérieures, et entre 20 et 30 m dans le cordon dunaire. Au sein de cette couche, on retrouve la nappe phréatique caractérisée par une faible profondeur au niveau des dunes intérieures (de 2 à 10 m), et une profondeur assez importante dans le cordon littoral (10 à 40 m). La seconde couche qui renferme la nappe profonde est très épaisse par rapport à la première, et elle se constitue essentiellement de grés. La communication hydraulique entre ces deux niveaux est réalisée à travers un écran argilo - sableux rouge, dont son épaisseur varie de 10 à 20 m (GERSAR, SCET-Maroc, ADI, 1995).

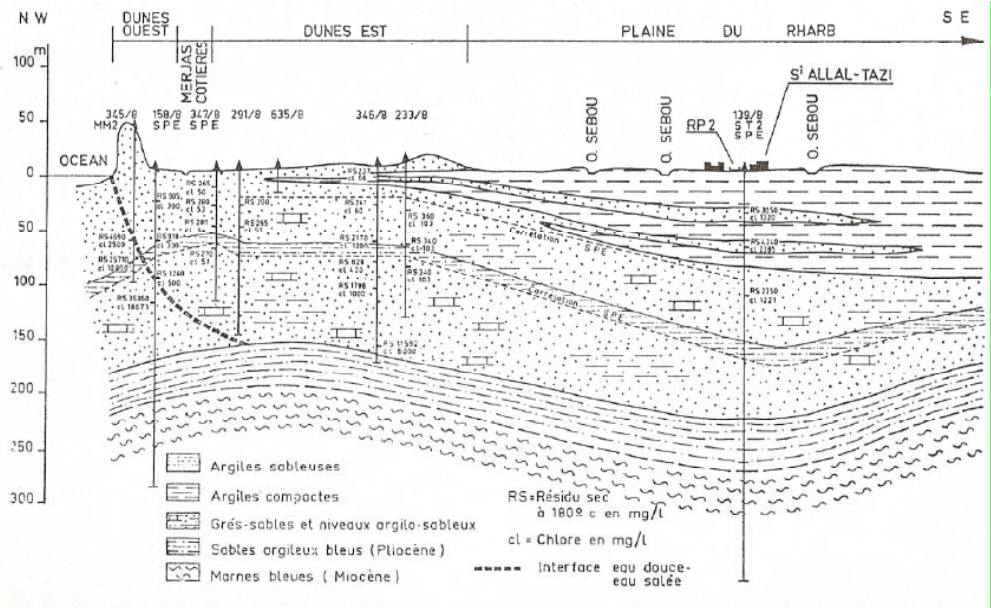


Figure 1: Coupe NW dans la partie centrale des dunes côtières du Gharb

Ressource en eau du Maroc tome 2, 1975

4. Méthodologie

Le travail a consisté en la réalisation d'une enquête auprès des agriculteurs de la zone côtière ainsi que de la mesure de certains paramètres sur le terrain.

Concernant l'enquête, un échantillon de 203 exploitations est choisi sur la base de la répartition géographique des exploitations agricoles sur les quatre communes rurales, la taille de l'exploitation et l'accès à la ressource en eau souterraine (présence des puits ou forages et des équipements de pompage dans l'exploitation).

Une campagne de mesure de débit de pompage a été réalisée et a concerné 15 exploitations dont le choix s'est basé sur les caractéristiques du groupe motopompe (nombre de pouces, de la pompe, la puissance du moteur, le type du dispositif, ...), le type du dispositif de captage des eaux souterraines ainsi que les systèmes de cultures par l'exploitation afin d'estimer les consommations en eau.

L'analyse des données et des informations recueillies a consisté en la description des dispositifs de pompages et la détermination des performances techniques.

Les performances techniques de chaque exploitation ont été déterminées à travers le calcul du rendement global des stations de pompage et du taux de satisfaction des besoins en eau des cultures;

5. Caractérisation des dispositifs et des équipements de pompage

5.1. Les ouvrages de captage

L'eau souterraine est exploitée par trois types de dispositifs de captage: les puits (27 %) les forages (37 %) et les puits-forages (36 %). La dominance des forages est expliquée par le coût faible d'exécution de ces ouvrages.

Les puits sont les dispositifs les plus anciens dans la zone côtière. Les dates de leur creusement vont de 1950 jusqu'à 2008. La moyenne de leurs profondeurs est de 10 m avec un minimum de 3 m et un maximum de 35 m. Leurs diamètres varient de 1 à 3 m avec une moyenne de 1.9 m. Le coût moyen d'installation est de 580 DH/m de profondeur. Ce coût regroupe les charges des matériaux de construction de l'ouvrage et celles de la main d'œuvre pour le creusement manuel.

Les forages ont des profondeurs importantes comparées à celles des puits et ils sont réponsés dans les sols sableux en raison de la facilité de leur creusement. La profondeur varie entre 3 et 60 m. Les profondeurs élevées sont un d'un captage important de la nappe et sont surtout présents chez les exploitations moyenne et de grande taille. Le coût moyen du creusement du forage y compris le tubage est de 240 DH/m de profondeur. Le diamètre des forages varie de 140 à 500 mm.

Les puits forages sont les plus récents et représente des approfondissements des anciens puits en forage capter la nappes une épaisseur plus élevée. Le coût moyen du puits- forages est de 900 DH/m avec un minimum de 180 DH/m et un maximum de 2150 DH/m.

L'évolution du nombre d'ouvrage de captage est donnée dans la Figure 2. Le pompage privé dans la zone côtière a commencé vers la fin des années 70. Le nombre des puits creusés a évolué d'une manière remarquable dans les années 80 et 90, en raison du recours des agriculteurs aux eaux de la nappe afin de combler le déficit causé par les sécheresses récurrentes. La période s'étendant entre les années 70 et 80 est caractérisée par la prédominance des puits. Cependant, dès le début des années 90, le nombre des forages a fortement augmenté au détriment des puits. Depuis la fin des années 90, certains puits se sont taris et approfondis en les transformant en puits-forages, afin d'alimenter et d'améliorer le débit du puits.

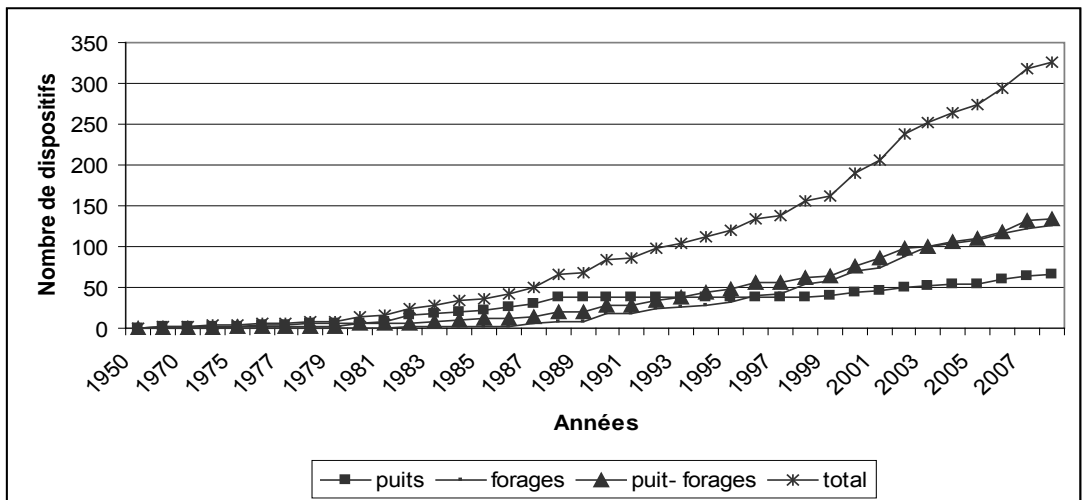


Figure 2: Evolution du nombre des ouvrages de captage en fonction des années

5.2. Les installations de pompage

L'installation de pompage est composé d'une pompe et d'un moteur (ou d'une motopompe) ainsi que d'un abri.

Le nombre total des pompes est de 267. Elles ont toutes été achetées à l'état neuf à l'exception

de trois pompes qui sont acquises en occasion. On rencontre quatre types de pompes dans la zone côtière du Gharb:

Tableau 2: Types de pompes utilisés

Type des pompes	Nombre	%
Groupe de surface à axe verticale	99	37
Groupe de surface à axe horizontale	107	40
Groupe immergé à axe verticale	51	19
Groupe immergé à axe horizontale	11	4

La majorité des exploitants disposent des groupes motopompe de surface (77 %), car ils préfèrent avoir un équipement de pompage mobile pour le déplacer facilement d'un point d'eau à un autre. Les pompes à axe vertical ne sont employées que lorsque la profondeur de l'ouvrage de captage est supérieure à 20m.

Concernant les moteurs, trois types ont été identifiés: des moteurs à gasoil, les moteurs à butane et les moteurs électriques. Ces derniers sont rarement utilisés par les agriculteurs et ne représentent que 20%. Les moteurs à gasoil sont les plus courants (78 %), alors que ceux à butane ne sont présents que chez quatre agriculteurs (2%). Les moteurs à gasoil sont les plus utilisés par les agriculteurs car ces derniers pensent qu'ils ont un bon rendement comparés aux moteurs électriques. De plus, ils préfèrent payer les frais de la consommation d'énergie par petit montant (jour ou semaine) que par un montant élevé de consommation électrique cumulé sur un mois. Les exploitants qui possèdent les moteurs électriques ont fait ce choix parce qu'ils sont moins chers à l'achat et leurs frais d'entretien et de réparations sont faibles par rapport aux moteurs thermiques. Le nombre total des moteurs dans les 203 exploitations étudiées est de 267. Ils sont pratiquement tous achetés à l'état neuf à l'exception de 6 moteurs qui sont acquis en occasion.

Les abris du dispositif de pompage sont rarement rencontrés dans la zone car la plupart des agriculteurs disposent des motopompes mobiles qui les déplacent d'un puits ou d'un forage à un autre et d'une parcelle à une autre. Les abris sont construits soit en matériaux provisoires (des planches de zinc ou d'aluminium) ou en béton et leur surface ne dépasse pas 1 m².

6. Les performances de l'exploitation des eaux souterraines

6.1. Typologie des exploitations agricoles

Avant l'étude des performances des exploitations agricoles quant à l'exploitation des eaux souterraines, leur typologie a été réalisée selon trois critères: la superficie irriguée, le type du sol (ou localisation) et les systèmes de cultures pratiqués. Quatre types d'exploitations ont ainsi été identifiés:

1. Type 1 - Les producteurs de maraîchage: 30 % de l'effectif total, il regroupe les exploitations ayant une superficie irriguée allant de 2.1 ha à 13.1 ha, les types de sol dominants dans ce groupe sont les sols sableux et argileux. Les cultures pratiquées sont: les céréales (blé tendre ou blé dur), les cultures fourragères (surtout le bersim), les oléagineuses (tournesol et arachide), et les cultures maraîchères (tomate, poivron, pomme de terre, carotte, courgettes,...).

2. Type 2 - Les producteurs des oléagineuses et légumineuses: 65 % de l'effectif total, cette classe représente la majorité des exploitations, elles ont une superficie irriguée inférieure ou égale à 2 ha, ce groupe présente les différents types du sol (argileux, sableux, et limono-sableux) avec la

prédominance du sol limono- sableux ou sol argileux. Les cultures pratiquées sont: les céréales (blé tendre ou blé dur), les cultures fourragères (bersim, Mais fourrager, orge fourrager...), les oléagineuses (tournesol et arachide), et les légumineuses (haricot vert, Haricot sec).

3. Type 3 - Les producteurs des cultures sucrières et maraîchères: n'est représenté que par cinq exploitations (3 %), la superficie irriguée est comprise entre 0.9 ha et 13.5 ha, avec une moyenne de 5.2 ha. Les trois types de sol se retrouvent dans cette catégorie. La caractéristique la plus importante de ces exploitations, c'est qu'ils pratiquent les cultures sucrières (betterave et canne à sucre), en plus des autres cultures qui sont déjà adoptées par le premier type d'exploitations (céréales, fourrages, cultures oléagineuses et maraîchères).

4. Type 1 - Les producteurs du bananier: seulement 2 % de l'effectif total, contrairement au type 3, il concerne des exploitations qui pratiquent le bananier auprès des cultures maraîchères, les légumineuses et les oléagineuses. Le seul type de sol marqué est le sol sableux. La moyenne de la superficie irriguée est de 3.1 ha, avec un minimum de 2 ha et un maximum de 5 ha.

6.2. Les performances techniques

Deux indicateurs ont été utilisés pour évaluer les performances techniques: le rendement global des stations de pompage et le taux de satisfaction des besoins en eau de chaque culture pratiquée en comparant le volume pompé et apporté à la culture au cours de son cycle au besoin brut théorique.

6.2.1. Rendement global des stations de pompage

Le rendement global d'une station de pompage est défini comme étant le rapport de la puissance finale de l'eau refoulée sur la puissance fournie au moteur par le combustible. Le rendement global est généralement élevé au niveau des exploitations ayant des motopompes électriques. Le maximum du rendement des stations de pompage de type électrique est de 0.59 (exploitation n° 199), tandis que le rendement global des installations alimentées par le gasoil ne dépasse pas 0.17. Les stations de pompage de type électrique dont les groupes moto-pompes acquis en occasion ont un rendement faible par rapport aux autres stations qui sont équipées par des motopompes électriques achetées à l'état neuf. Les installations de pompage âgées ont un rendement faible par rapport aux autres. En général le rendement global des stations de pompage des différentes exploitations est faible. Cela est justifié par le mauvais état de certaines motopompes, de la prédominance des dispositifs de type thermique de faible rendement et du non compatibilité des caractéristiques du groupe moto-pompe aux caractéristiques des puits et des forages (Hauteur manométrique totale).

6.2.2. Taux de satisfaction des besoins en eau des cultures

Le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures mesure le degré de satisfaction de la demande en eau de la culture par le volume apporté par l'irrigation. La détermination de ce taux s'est basée sur le calcul des besoins en eau des cultures et la détermination du volume d'eau apporté à la culture par l'irrigation.

Les besoins d'une même culture varient d'une exploitation à une autre en fonction de deux critères qui sont la période d'installation de la culture et l'efficacité d'irrigation qui dépend essentiellement du mode d'irrigation adopté. Les besoins des cultures sous serres ou sous tunnel (bananier et tomate) sont les plus élevés en raison de l'augmentation de la demande en eau sous serre. Les cultures sucrières (betterave) viennent en deuxième classe en termes des besoins bruts du fait de leur longue durée d'installation (7 mois) et de leur grande consommation en eau.

Le mode d'irrigation adopté et son efficacité agissent d'une manière significative sur les besoins bruts en eau d'une culture. En effet, les besoins en eau d'une même culture irriguée par le système gravitaire le moins efficace sont élevés par rapport à celle irriguée par un système

d'irrigation plus efficient (localisé). Ce problème est surtout rencontré chez les exploitations du deuxième type qui irriguent leurs cultures pratiquées par le gravitaire. Les exploitations des autres types n'utilisent le système gravitaire que pour l'irrigation des céréales et les fourrages.

L'estimation des volumes d'eau apportés a été réalisée sur la base de deux paramètres: la fréquence et la durée d'irrigation qui sont tirées du calendrier d'irrigation déclaré par les exploitants et le débit de pompage qui est déterminé par les mesures effectuées sur le terrain par chaque dispositif de captage d'eau pour chaque exploitation.

Selon le volume pompé, les exploitations de l'échantillon peuvent être classées par ordre décroissant de la manière suivante:

- Type 4: Le volume moyen pompé à l'hectare est le plus élevé par rapport aux autres types. Il est de l'ordre de 8000 m³/ha et l'intervalle de sa variation va de 6500 m³/ha à 9500 m³/ha.
- Type 3: Le volume moyen pompé est de 4100 m³/ha et il varie de 3 600 m³/ha à 4800 m³/ha.
- Type 1: Dans cette classe, le volume d'eau pompé est compris entre 1600 m³/ha et 4000 m³/ha, avec une moyenne de 3100 m³/ha.
- Type 2: C'est le groupe d'exploitations qui consomme moins d'eau. En effet, le volume moyen consommé annuellement est de 2400 m³/ha, avec un minimum de 1500 m³/ha et un maximum de 3700 m³/ha.

L'importance du volume d'eau pompé par le troisième type, est justifiée par le fait de la présence de plus d'un dispositif de pompage d'eau par exploitation avec des débits assez importants. Ces deux caractéristiques ont permis aux agriculteurs de penser à diversifier leurs systèmes de cultures et à introduire des cultures à grande valeur ajoutée et qui sont les plus consommatrices d'eau (cultures sucrières et maraîchères).

Contrairement au troisième type, le quatrième type ne présente pas un système de cultures assez diversifié, mais le fait que les exploitants sont des producteurs du bananier, les volumes consommés à l'hectare sont les plus élevés.

Les exploitations du deuxième type sont presque toutes de petite taille et il est rare qu'elles dépassent un dispositif de captage d'eau par exploitation. Elles limitent leurs choix aux cultures les moins consommatrices d'eau, telles que les oléagineuses, les céréales et les fourrages dont les besoins sont rarement satisfaits. Les cultures maraîchères ne sont pas pratiquées par ce groupe d'agriculteurs, car la plupart d'entre eux n'ont pas assez de moyens pour financer des projets d'irrigation localisée.

Le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures a été déterminé en confrontant les besoins en eau des cultures et les volumes d'eau apportés. Les résultats de calcul de ce taux par culture ont ressortis les conclusions suivantes:

- Une sur irrigation des cultures maraîchères et du bananier identifiée chez la totalité des exploitations, à l'exception d'une exploitation qui n'arrive même pas à satisfaire la moitié des besoins de ces cultures pratiquées (poivron et pomme de terre) en raison du faible débit pompé de l'insuffisance de la durée d'irrigation programmée par chaque culture.
- Une sous irrigation notée chez presque la totalité des agriculteurs cultivant les céréales et les cultures fourragères. Cela est justifié par la faible importance que donne les agriculteurs à ce type de cultures et leurs désirs de satisfaire leurs besoins que par les apports pluviaux.
- Les oléagineuses et les légumineuses sont sur-irriguées chez 3 cas parmi 11, sous-irriguées chez les 3 autres, et satisfaits par un taux qui dépasse 70% chez le reste.
- Les besoins des cultures sucrières sont satisfaits (taux > 80%) chez la totalité des exploitants qui les emblavent à l'exception d'un seul qui sur irrigue la betterave (taux de satisfaction de 158%).

Le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures a également été déterminé par exploitation. Ainsi, en comparant la moyenne des taux de satisfaction des besoins en eau des cultures par type d'exploitation, on déduit que le troisième type est le plus performant. En effet, le taux moyen de couverture des besoins par les apports en eau est de 101%. Ceci est dû au rendement globale des installations de pompage assez important (moyenne de 0.12), à l'efficacité du système d'irrigation adopté (irrigation localisé) et au niveau de technicité élevé des agriculteurs qui leur permet de planifier des calendriers d'irrigation tout en tenant compte des besoins de chaque culture.

Le premier type d'exploitations vient en deuxième position. La majorité de ces exploitations ont été récemment équipé de dispositifs de pompage ce qui fait que leur rendement est assez important (0.19). Cependant, elles n'arrivent pas à bien équilibrer les apports et les besoins des cultures car la plupart d'entre elles sur-irriguent les cultures pratiquées.

Le taux de satisfaction du quatrième groupe est trop élevé du fait de l'importance des volumes apportés surtout ceux destinés à l'irrigation du bananier en pensant qu'ils vont diminuer la température des serres de telle manière, et par la suite avoir des meilleurs rendements.

La moyenne du degré minimal de satisfaction des besoins en eau des cultures est obtenue au niveau du deuxième groupe pour les raisons suivantes:

- Faible débit des installations de certaines exploitations;
- Faible rendement global des installations de pompage;
- Insuffisance de la durée de pompage et de la mauvaise gestion de l'irrigation chez les autres;
- Utilisation du mode d'irrigation le moins efficace (le gravitaire) pour l'irrigation des différents types de cultures.

7. Conclusion

Le présent article synthétise un travail basé sur une étude détaillée des caractéristiques de pompage et des systèmes de culture irrigués à l'échelle de l'exploitation de la zone côtière du Gharb. Les résultats obtenus ont montré une variabilité de pratiques de pompage et des performances d'exploitation des eaux souterraines. Les pompages dans la zones côtières du Gharb peuvent être qualifiés de traditionnels et n'obéissent à aucune règle de l'art. La disponibilité d'une ressource abondante n'a pas poussé les agriculteurs à se poser des questions sur l'évolution de la ressource sur le plan quantitatif et qualitatifs. La présente étude a également concerné l'évaluation des performances agro-économique de l'utilisation des eaux souterraines à l'échelle de l'exploitation agricole. Les résultats de ce travail feront l'objet d'un second article.

Remerciements

Les auteurs remercient les agriculteurs de la zone côtière du Gharb pour leur collaboration pour la réalisation des enquêtes et des mesures de débits. Ils remercient également les responsables de l'ORMVAG et des ses CDA de la zone côtière d'avoir facilité le travail de terrain.

Références bibliographiques

- Belabbes K., 2005. Besoin en eau et planification de l'irrigation: cours de 5^{ème} année Génie Rural, IAV Hassan II, Rabat
- Bijaber N., 1995. Aménagement hydro agricole de la troisième tranche d'irrigation du Gharb (zone Mnasra), Rapport de stage de fin d'études option maîtrise de l'eau pour le développement, ENGREF, Paris, France, 10 p
- Bouaziz A., Belabbes K., 2002. Efficacité productive de l'eau en irrigué au Maroc, pp 57 – 72 in Revue Homes Terres et Eau 124

- Bouya B., 2006. Hydrogéologie et modélisation de l'écoulement souterrain de la nappe côtière des MNASRA. Mémoire des études supérieures approfondies en Géologie appliquée aux recherches hydrogéologiques de l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Faculté des sciences, Fès Maroc, 110 p
- Bricha S., Ounine K., Oulkheir S., El Haloui N., Attarassi B., 2007. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). Laboratoire de biologie et santé, Équipe de microbiologie appliquée, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, BP 133, 14000 Kenitra, Maroc
- BRL; CG; ADI, 2006. Etude d'actualisation du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique de Sebou (Nappe du Gharb). Rapport définitif Décembre 2006
- Bulletin 24 de la FAO., 1976. Les besoins en eau des cultures
- El Hebil A., Décembre 2006. Etude de diagnostic de la nappe de Mnasra. Rapport provisoire de l'agence du bassin hydraulique de Sebou, Fès Maroc, 36 p
- Ezzamiti A., 2007. Dialogue sur l'eau dans la région de Menasra. Rapport principal, aspect agriculture irriguée, édition définitive, Kenitra Maroc, 70 p
- GERSAR; SCET-MAROC; ADI, 1995. Etude d'aménagement hydro agricole de la zone côtière de la troisième tranche d'irrigation du Gharb (Mnasra), Etude de la situation actuelle et variantes d'aménagement
- Hammani A., Le Gruss PH., Kuper M., Zenzam S., Bouarfa S., 2004. Les stratégies d'équipement en stations de pompage des petites exploitations agricoles du Tadla. Revue H.T.E. N° 130 - Septembre / Décembre 2004
- Hammani A., 2006. Hydrogéologie. Support de cours 3ème cycle Génie Rural/ Crésa-Irrigation de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc. 12 p
- Harbouz R., 2008. Efficacités économiques comparées des systèmes de production dans différentes situations d'accès à la ressource en eau: Application dans le périmètre irrigué du Gharb (Maroc).
- Kwelde., 2006. Suivi des exploitations agricoles du Tadla en vue de détermination de leurs performances dans l'utilisation des eaux souterraines. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc
- Semde M., 2006. Evaluation des performances technico - économiques des exploitations agricoles dans le périmètre du Gharb. Mémoire de troisième cycle en Génie Rural de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc pp 22- 24
- Taky A., Kili M., El Mansouri B., Chao J., 2006. Nouvelle approche d'estimation des prélèvements d'eau d'irrigation à partir des ressources souterraines: cas de la nappe côtière du Gharb. Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la terre, 2006, n°28, 31-39