

Les déterminants de l'adoption du système d'irrigation par goutte-à-goutte par les agriculteurs algériens de la plaine de la Mitidja

Salima Salhi¹
Amar Imache²
Jean-Philippe Tonneau³
Mohamed-Yassine Ferfera¹

¹ Cread
Rue Djamel Eddine-El-Afghani- El-Hammadia
(Bouzaréah)
BP 197
Rostomia (Alger)
Algérie
<s.salhi@cread.edu.dz>
<fmy@cread.edu.dz>

² Lisode
361, rue J-F Breton
BP 5095
34196 Montpellier cedex 05
France
<amar.imache@lisode.com>

³ Cirad
UMR Tetis
TA C-91/MTD
(Bât. M. Téléd., Bur. 105)
34398 Montpellier cedex 5
France
<jean-philippe.tonneau@cirad.fr>

Résumé

Durant la dernière décennie, l'Algérie a encouragé l'adoption de techniques d'irrigation plus économes en eau, comme l'irrigation par goutte-à-goutte, en subventionnant les agriculteurs grâce à un plan national de développement agricole. Cette initiative n'a connu le succès qu'auprès d'un nombre restreint d'agriculteurs. L'objectif de l'article est d'identifier les déterminants qui influencent les agriculteurs algériens dans leur choix d'adopter le système d'irrigation par goutte-à-goutte. Du point de vue méthodologique, le modèle "Logit" nous a permis de mettre en évidence les variables significatives qui influent sur la stratégie des agriculteurs quant à l'adoption de cette innovation. Les résultats montrent que montant de subvention, type de culture pratiquée, niveau d'instruction affectent positivement l'adoption du goutte-à-goutte. En revanche, le coût de l'investissement, les conditions d'accès à la subvention et le manque d'ouvrage hydraulique semblent avoir un effet négatif sur l'adoption de ce système d'irrigation économe en eau.

Mots clés : agriculture ; Algérie ; innovation ; irrigation localisée ; méthodes d'irrigation ; Mitidja ; modèle de simulation ; périmètre irrigué.

Thèmes : eau ; économie et développement rural ; méthodes et outils.

Abstract

Determinants of conversion to drip irrigation systems by farmers: The case of the Mitidja plain in Algeria

Over the last decade, Algeria has encouraged the adoption of water saving systems by providing subsidies to farmers through a national plan for agricultural development, with particular attention paid to drip irrigation. This initiative has been successful only for a limited number of farmers. This work aims at analysing the determinants that influence the Algerian farmers in converting to the drip irrigation system. This work is based on a model (Logit) that allowed us to identify variables significantly influencing the innovation behaviour of farmers regarding the decision to adopt the system. The results show that subsidies, type of crop and educational level have positively affected adoption. However, the investment costs, conditions needed to access and lack hydraulic structure seem to have a negative affect the adoption drip irrigation.

Key words: Algeria; irrigation methods; simulation model.

Subjects: economy and rural development; tools and methods; water.

Le déficit des ressources en eau superficielle dans la Mitidja est devenu chronique. Depuis les années 1966, les sécheresses récurrentes, l'épuisement des nappes, et l'envasement des barrages ont fait que toutes les agglomérations de cette région littorale ont souffert de ce déficit. La capitale, Alger, a connu de nombreuses coupures d'eau qui n'ont diminué qu'à partir des années 2007 et 2008 avec l'installation d'unités de dessalement d'eau de mer (Boutarfa, 2004 ; PNUD, 2009).

Ce contexte de pénurie a conduit à une diminution des volumes d'eau alloués à l'agriculture. Par exemple, dans le périmètre irrigué du Hamiz (figure 1), ces volumes sont passés en moyenne annuelle de 12,1 hm³ pour la période 1987-1991 à 6,7 hm³ pour la période 2001 à 2005, entraînant une réduction de plus de 70 % des superficies irriguées, soit 10 000 hectares en 1987 et 1 900 hectares en 2005 (figure 2).

Durant la période 2000-2005, dans le périmètre du Hamiz, seuls 10,7 % de la superficie irrigable ont été effectivement irrigués à partir des eaux superficielles. Pour pallier cette pénurie et mieux gérer la ressource en eau, une politique de subvention aux techniques modernes d'irrigation, économes en eau, comme le goutte-à-goutte, a été mise en place. Au début de sa mise en œuvre, en 2000, le taux de subvention atteignait 100 % du coût total de l'investissement. En 2005, ce taux de subvention n'est plus que de 30 %. La politique de subvention n'a pas atteint les objectifs escomptés (Salhi et Bédrani, 2007 ; Imache, 2008). L'hypothèse que nous faisons est qu'elle ne prend pas totalement en considération les déterminants de l'adoption de cette innovation par les agriculteurs.

En Algérie, peu d'études ont porté sur l'adoption de systèmes d'irrigation économes en eau. L'objectif de cet article est d'identifier les déterminants de l'adoption de la technique du goutte-à-goutte. Notre travail pourrait contribuer à l'élaboration de politiques publiques de développement agricole répondant mieux aux besoins des agriculteurs.

Nous avons voulu tester et vérifier de manière systématique la validité des explications habituellement avancées dans la littérature (D'Souza *et al.*, 1993 ; Nkamleu et Coulibaly, 2000 ;

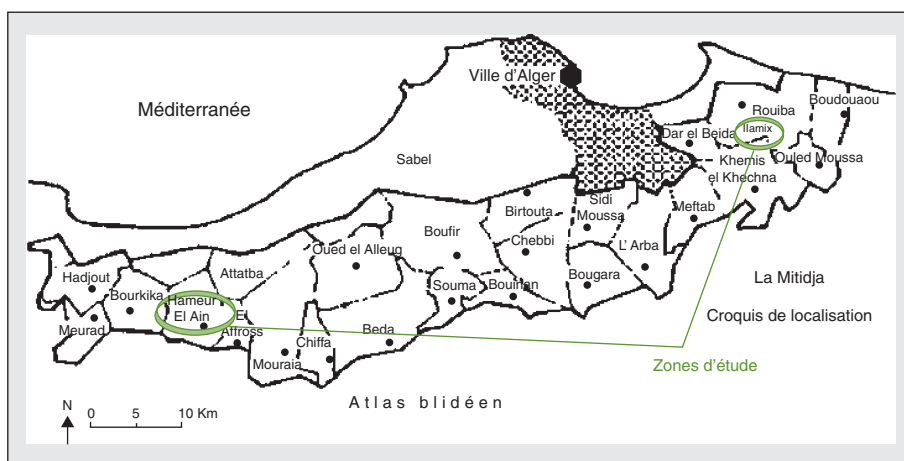


Figure 1. Les zones d'étude dans la plaine de la Mitidja (Algérie) : El-Hamiz à l'est, Ahmer-El-Ain à l'ouest.

Figure 1. Large cities located in the Mitidja (Algeria): El-Hamiz to the East, Ahmer-El-Ain to the West. Cité par G. Mutin : <http://aan.mmsh.univ-aix.fr/volumes/1975/1975/AGRICULTURE-EN-MITIDJA.pdf>

Adéoti *et al.*, 2002), pour expliquer l'adoption du goutte-à-goutte par les agriculteurs en Algérie. Une recherche de terrain a été menée dans deux périmètres irrigués situés dans la Mitidja, à l'est (El-Hamiz) et à l'ouest (Ahmer-El-Ain) d'Alger pour répondre aux questions suivantes : quels sont les facteurs les plus significatifs influençant l'adoption du goutte-à-goutte par les agriculteurs algériens ? Les politiques publiques tiennent-elles compte de ces facteurs ?

Dans une première partie, nous procédons à une revue de la littérature relative à l'adoption des innovations afin d'en extraire les hypothèses à vérifier grâce à nos données de terrain. Ces hypothèses sont ensuite traduites en variables, qui ont orienté la recherche d'information lors des enquêtes menées dans les périmètres d'étude. Dans une deuxième partie, nous testons ces variables explicatives, en utilisant le modèle Logit. Enfin, nous discutons les résultats afin d'en tirer

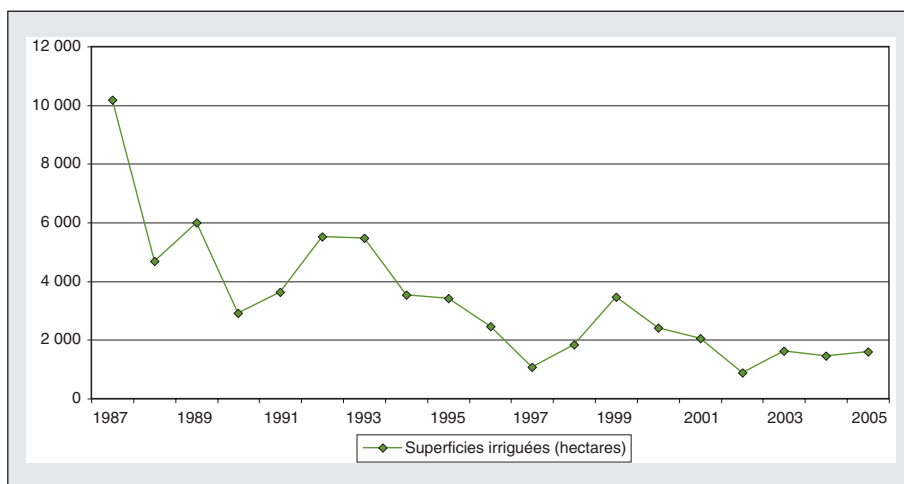


Figure 2. Superficies irriguées dans le périmètre du Hamiz (hectares).

Figure 2. Irrigated areas within the perimeter of Hamiz (hectares). Source : Benmihoub (communication personnelle, 2009).

des recommandations pour le succès du goutte-à-goutte en Algérie.

Variables explicatives et hypothèses

L'identification des variables explicatives de l'adoption des innovations dans les processus productifs est un sujet de controverse. Ainsi selon D'Souza *et al.* (1993), Nkamleu et Coulibaly (2000) et Adéoti *et al.* (2002), deux indicateurs d'ordre humain « âge » et « niveau d'instruction » sont des variables significatives expliquant l'adoption d'une innovation. Ces auteurs affirment que plus les agriculteurs sont jeunes et disposent d'un niveau d'instruction élevé, plus il leur est facile d'assimiler et d'employer de nouvelles techniques.

D'autres auteurs s'intéressent aux variables structurelles comme le « type de culture pratiquée » et la « taille de l'exploitation ». Les travaux de Caswell et Zilberman (1985), Green *et al.* (1996) et Moreno et Sunding (2005) montrent que l'adoption de nouvelles technologies dépend du choix de la culture. D'autres travaux affirment que la taille de l'exploitation constitue un facteur déterminant dans l'adoption d'une innovation (Richard et Zilberman, 1983 ; Diederer *et al.*, 2003 ; Richefort, 2009). Les exploitations de grande taille peuvent bénéficier d'une économie d'échelle du fait de prix préférentiels pour les intrants (prix unitaire décroissant en fonction de la quantité) ou de diminution relative des charges (réduction des coûts de la main-d'œuvre, et des coûts de l'eau). Ben-Salem *et al.* (2006) ; Bekkar *et al.* (2007) avancent l'hypothèse que la taille de l'exploitation influence la capacité de l'agriculteur à gérer les risques. Enfin, les variables relatives aux ressources financières « coût de l'investissement » peuvent retarder l'adoption de nouvelles technologies (Koundouri *et al.*, 2009 ; Richefort, 2009).

Les systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte nécessitent des investissements importants. Le coût d'aménagement des parcelles est estimé à 1 600 euros pour 1 hectare d'arboriculture fruitière et à 1 200 euros pour 1 hectare de maraîchage. À cela

s'ajoutent 5 000 euros pour la construction d'un bassin d'accumulation individuel de 100 m³. Selon Imache *et al.* (2007), Salhi et Bédrani (2007), Benouniche *et al.* (2010) et Salhi et Bédrani (2010), le goutte-à-goutte est souvent utilisé pour les cultures sous serre et l'arboriculture fruitière.

Les conditions d'accès à la subvention et son montant modifient fortement le comportement des agriculteurs (Bekkar *et al.*, 2007 ; Salhi et Bédrani, 2007 ; Salhi et Bédrani, 2010 ; et Benouniche *et al.*, 2011). L'octroi est toujours subordonné à l'autofinancement d'une partie du coût de l'investissement, ce qui peut constituer un obstacle ou un frein à l'adoption pour les plus jeunes exploitants, ceux qui ne disposent que rarement de garanties suffisantes pour obtenir un crédit. Enfin, la variable « vulgarisation » peut influencer négativement ou positivement la prise de décision du passage au goutte-à-goutte.

Ces différentes études permettent d'avancer différentes hypothèses, que nous vérifions ensuite à travers nos résultats :

- hypothèse 1 : plus les agriculteurs sont jeunes, plus ils sont prédisposés à l'adoption du goutte-à-goutte ;
- hypothèse 2 : plus leur niveau d'instruction est élevé, plus les agriculteurs choisissent le goutte-à-goutte ;
- hypothèse 3 : les agriculteurs possédant de grandes exploitations sont plus susceptibles d'adopter le goutte-à-goutte ;
- hypothèse 4 : les agriculteurs pratiquant l'arboriculture et le maraîchage sont souvent ceux qui adoptent le goutte-à-goutte (réduction des mauvaises herbes et de la main-d'œuvre nécessaire) ;
- hypothèse 5 : plus le coût de l'investissement est élevé, moins les agriculteurs adoptent le goutte-à-goutte ;
- hypothèse 6 : le soutien de l'État favorise significativement l'adoption du goutte-à-goutte.

Méthode

La Mitidja présente des caractéristiques pédologiques et hydrologiques favorables à l'agriculture intensive. Elle s'étend sur une superficie de 150 000 hectares. Le climat est médi-

terrannée avec une pluviométrie moyenne de 660 mm/an. L'agriculture pratiquée est essentiellement orientée vers l'arboriculture fruitière (agrumes) et le maraîchage (Hartani, 2004). Deux périmètres, situés à l'est et à l'ouest de la Mitidja, ont constitué nos terrains d'investigation (*figure 1*).

Une même enquête a été réalisée successivement sur les deux sites. En 2007 elle a concerné le périmètre d'El-Hamiz qui se trouve à l'est de la Mitidja, à 20 km au sud-est d'Alger, avec un échantillon de 120 exploitations. Puis, elle a été réalisée entre 2008 et 2009 dans le périmètre d'Ahmer-El-Ain, à l'ouest de la Mitidja, à 90 km au sud-ouest d'Alger, avec un échantillon de 107 exploitations. La collecte des données a été effectuée au moyen de questionnaires et d'entretiens individuels, en « face-à-face » avec les chefs d'exploitation. Les deux enquêtes ont produit des données suffisamment similaires pour une analyse globale.

Caractéristiques des exploitations enquêtées

Les données socio-économiques des deux périmètres d'El-Hamiz et d'Ahmer-El-Ain ne sont pas sensiblement différentes (*tableaux 1 et 2*). Les agriculteurs, d'une moyenne d'âge de 51 ans, ont à leur charge entre 8 et 10 personnes par ménage. Respectivement, 24 et 31 % des agriculteurs sont analphabètes et plus de 51 % n'ont pas dépassé le niveau d'éducation moyen. Plus de 90 % des agriculteurs dépendent exclusivement de l'agriculture pour subvenir à leurs besoins.

Dans le périmètre d'Ahmer-El-Ain, l'agriculture pluviale est dominante, avec 67 % de la surface cultivée ; à l'inverse, dans le périmètre du Hamiz, l'irrigation concerne 58 % de la surface cultivée (*tableau 3*).

Pour les 120 et 107 agriculteurs interrogés, respectivement 14 et 18 exploitations sont équipées en goutte-à-goutte et les superficies concernées (*tableau 4*) restent modestes : respectivement 24 et 9 % de la surface irriguée, pour Ahmer-El-Ain et Hamiz.

Modèles logit utilisés

Dans cet article, la décision d'utilisation ou non de nouvelles techniques

Tableau 1. Caractéristiques descriptives des agriculteurs interrogés dans le périmètre du Hamiz.

Table 1. Descriptive characteristics of farmers surveyed in the perimeter of Hamiz.

1a : Âge des agriculteurs et importance de la famille dans l'exploitation			
	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne
Âge de l'exploitant (ans)	22	86	51
Nombre de personnes de la famille vivant de l'exploitation	2	50	10
Nombre de membres de la famille travaillant à temps plein dans l'exploitation	1	9	2
1b : Niveau d'instruction des agriculteurs			
	Fréquence	%	
Analphabète	29	24	
École coranique	12	10	
Niveau primaire	35	29	
Niveau collège (moyen)	25	21	
Niveau secondaire	15	13	
Niveau supérieur	4	3	
Total	120	100	
1c : Pluriactivité des agriculteurs			
	Fréquence	%	
Artisans, commerçants	7	6	
Employés	4	3	
Aucune activité	109	91	
Total	120	100	

Source : enquête 2007, périmètre du Hamiz.

est modélisée par régression logistique. Étant donné le caractère qualitatif et dichotomique de la variable expliquée dans cette étude, à savoir l'adoption ou non du goutte-à-goutte, le modèle linéaire n'est pas pertinent ; d'où le recours à un modèle de choix discret, en l'occurrence le modèle logit (Berkson, 1951 ; McFadden, 1973). Pour ce modèle dichotomique, une analyse de régression logistique utilisant le maximum de vraisemblance a été réalisée pour tester l'effet de plusieurs facteurs explicatifs sur la probabilité d'adoption du goutte-à-goutte par les agriculteurs. Les données collectées sont analysées à l'aide du logiciel SPSS (13.0).

Des modèles de régression logistique ont été ajustés aux 227 observations obtenues lors des enquêtes.

De manière mathématique, un modèle de régression logistique s'exprime comme suit : soit Y_i une variable binaire décrivant l'adoption ou la non-adoption du goutte-à-goutte chez l'agriculteur i . On suppose que Y_i suit une loi de Bernouilli de probabilité p_i , valeur prise par la variable P pour l'agriculteur i . On suppose de plus que $\text{logit}(P) - \text{c'est-à-dire } \ln[P/(1-P)] - \text{est}$ relié linéairement aux k variables explicatives X_1, X_2, \dots, X_k caractérisant les agriculteurs, à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{logit}(P) = B_0 + B_1 X_1 + \dots + B_k X_k$$

où B_0, B_1, \dots, B_k sont des paramètres inconnus à estimer avec les données. Pour l'agriculteur i , et à partir des valeurs prises x_{ij} par les variables X_j , pour $j = 1..k$, on aura donc :

$$\text{logit}(p_i) = B_0 + B_1 x_{i1} + \dots + B_k x_{ik}$$

Présentation des résultats d'estimation par le modèle Logit

Des modèles logistiques réunissant toutes les variables socio-économiques et institutionnelles, susceptibles d'avoir une influence sur le comportement des exploitants agricoles, ont été établis pour les deux régions

Tableau 2. Caractéristiques descriptives des agriculteurs interrogés dans le périmètre d'Ahmer-El-Ain.

Table 2. Sample characteristics of farmers surveyed in the perimeter of Ahmer-El-Ain.

2a : Âge des agriculteurs et importance de la famille dans l'exploitation			
	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne
Âge de l'exploitant (ans)	23	80	51
Nombre de personnes de la famille vivant de l'exploitation	2	43	8
Nombre de membres de la famille travaillant à temps plein dans l'exploitation	1	8	2
2b : Niveau d'instruction des agriculteurs			
	Fréquence		%
Analphabète	33		31
Niveau primaire	32		30
Niveau collègue (moyen)	30		29
Niveau secondaire	10		10
Niveau supérieur	0		0
Total	105*		100
2c : Pluriactivité des agriculteurs			
	Fréquence		%
Ouvrier	5		5
Employés	5		5
Aucune activité	95		90
Total	105		100

* 105 entretiens (sur l'échantillon de 107) étaient exploitables pour détailler le niveau d'instruction et la pluriactivité

Source : résultat d'enquête, 2008-2009, périmètre d'Ahmer-El-Ain.

d'études afin de vérifier les hypothèses émises dans notre recherche (tableaux 5 et 6).

Afin d'éviter les problèmes posés par d'éventuelles multicollinéarités entre certaines variables (coût de l'investissement et subvention), deux simulations ont été réalisées, la première avec le coût de l'investissement, la seconde avec la subvention et ses conditions d'accès. Le pourcentage de bonne prédiction des observations varie entre 77 et 87 % selon les modèles de régression utilisés sur les données des deux périmètres d'études. Il est d'usage de considérer qu'une valeur plus élevée du R^2 et proche de 1 est préférable (Alban,

2000). Les coefficients des variables prises individuellement ne sont significatifs qu'au seuil (p -value) inférieure à 0,05.

Discussion des résultats

Les résultats des deux régressions logistiques montrent que l'âge ne s'avère pas déterminant dans la prise de décision et ce, contrairement à ce qui est affirmé dans la littérature, où l'adoption d'une innovation est souvent présentée comme le fait des jeunes agriculteurs (par exemple, Torkamani et Shahrour, 2008). Les

agriculteurs sont confrontés principalement à une contrainte budgétaire qui freine la décision d'investissement dans un système d'irrigation économe en eau, et ce quel que soit l'âge des agriculteurs.

Les résultats du modèle logit appliqué aux deux périmètres d'études et le tableau de croisement des variables (tableau 7) montrent que l'instruction peut avoir une influence positive sur l'adoption du goutte-à-goutte dans le périmètre de Hamiz. En revanche, un niveau d'instruction élevé ne s'avère pas un facteur déterminant dans l'adoption par les agriculteurs de la région d'Ahmer-El-Ain. Nous relevons que le taux d'adoption le plus élevé

Tableau 3. Répartition des superficies irriguées selon le périmètre, la technique d'irrigation et les cultures pratiquées (en hectares).

Table 3. Distribution of irrigated area according to perimeter, irrigation technique, and crops grown (hectares).

	Hamiz				Ahmer-El-Aïn			
	Irrigation par goutte-à-goutte	Irrigation par goutte-à-goutte par aspersion	Irrigation par goutte-à-goutte gravitaire	Total	Irrigation par goutte-à-goutte	Irrigation par goutte-à-goutte par aspersion	Irrigation par goutte-à-goutte gravitaire	Total
Arboriculture	43	0	263	306	68,5	0	140	208,5
Vigne	4	0	24	28	0	0	0	0
Maraîchage	11	161	103	275	6	102	4	112
Céréales	0	11	0	11	0	0	0	0
Total cultures irriguées	58	172	390	620	74,5	102	144	320,5
%	9	28	63	100	23	32	45	100

Source : résultats d'enquêtes, 2007, 2008-2009.

concerne les agriculteurs ayant reçu un niveau d'instruction primaire ou collège.

Pour la taille de l'exploitation, les régressions effectuées présentent des coefficients non significativement différents de zéro au seuil de 5 %. La taille ne constitue donc pas un facteur significatif d'adoption du goutte-à-goutte. Les agriculteurs ayant de grandes exploitations optent pour la céréaliculture en pluvial, pour pallier le manque d'eau d'irrigation. Le goutte-à-goutte est souvent utilisé pour les cultures sous serre, installées sur des superficies qui ne dépassent pas 3 hectares.

La variable « cultures pratiquées » a en revanche un effet déterminant.

Beaucoup d'agriculteurs affirment que le goutte-à-goutte ne convient pas aux vieilles plantations, car, selon eux, cette technique ne satisfait pas les besoins en eau des arbres qui ont déjà développé un système racinaire profond. En revanche, les maraîchers sous serre sont souvent adeptes du goutte-à-goutte. Ceux qui n'ont pas adopté le goutte-à-goutte sont le plus souvent des jeunes locataires n'ayant pas accès aux subventions, du fait de leur statut non officiel : la location des terres publiques est en effet théoriquement interdite et les subventions sont donc attribuées uniquement aux propriétaires des terres et aux attributaires des exploitations agricoles collectives (EAC).

La possibilité qu'offre le goutte-à-goutte de réduire le temps de travail, de contrôler le développement des mauvaises herbes et de pratiquer la fertigation (fertilisation dans l'eau d'irrigation), influencent positivement l'adoption. L'apport d'eau de manière continue et localisée en bande, permet de réduire le développement des mauvaises herbes. Selon les déclarations des agriculteurs, la limitation des mauvaises herbes réduit le coût de la main-d'œuvre.

Pour les aspects financiers, les régressions logistiques montrent que le coût de l'investissement est négativement associé à l'adoption du goutte-à-goutte. L'effet de cette variable est statistiquement significatif pour les

Tableau 4. Caractéristiques comparatives en termes de l'occupation du sol et la répartition des surfaces par culture.

Table 4. Comparative characteristics in terms of land use and distribution of cultures according to surfaces.

	Périmètre El-Hamiz		Périmètre Ahmer-El-Aïn	
	Superficie en hectares	%	Superficie en hectares	%
Superficie totale de l'échantillon	1 063	100	995	100
Superficie en pluvial	443	42	675	67

Source : résultats d'enquêtes, 2007, 2008-2009.

Tableau 5. Résultats des régressions logistiques appliquées au périmètre d'El-Hamiz (Mitidja Est).

Table 5. Results of logistic regressions applied to the perimeter of El-Hamiz (Mitidja East).

	Modèle 1 (avec coûts de l'investissement)				Modèle 2 (avec subvention)			
	B	Écart type	P-value	Exp (B)	B	Écart type	P-value	Exp (B)
Âge	0,056	0,037	0,129	1,058	0,043	0,045	0,349	1,043
Niveau d'instruction			0,042		1,057	0,52	0,042	2,878
<i>Analphabète</i>	1,402	0,434	0,001	4,065	1,402	0,434	0,001	4,065
<i>Primaire</i>	3,451	1,671	0,039	31,531	3,451	1,671	0,039	31,531
<i>Moyen</i>	5,143	2,07	0,013	171,168	5,143	2,07	0,013	171,168
<i>Secondaire</i>	5,6	2,081	0,007	270,387	5,6	2,081	0,007	270,387
<i>Supérieur</i>	7,842	2,76	0,004	2546	7,842	2,76	0,004	2546
Taille de l'exploitation	0,073	0,068	0,284	1,076	0,181	0,107	0,09	1,199
Arboriculture fruitière	2,283	0,927	0,014	9,809	1,538	1,126	0,172	4,656
Maraîchage sous serre	3,682	1,099	0,001	39,746	4,488	1,536	0,003	88,953
Coût de l'investissement de l'irrigation par goutte-à-goutte	-2,304	0,88	0,009	0,1	-	-	-	-
Subvention équipement d'irrigation par goutte-à-goutte	-	-	-	-	4,86	1,393	0,00	129,053
Constante	-10,647	3,339	0,001	0	-11,915	4,111	0,004	0
% cases correctement prédites		84,7				82,7		
Pseudo R ²		0,39				0,44		
-2log de vraisemblance		45,10				26,65		

Logit (y) = Logit (0, 1). Si y = 0 : l'agriculteur n'adopte pas le goutte-à-goutte ; si y = 1 : l'agriculteur adopte le goutte-à-goutte.

Source : résultats d'enquête, 2007.

deux régions d'étude. Plus les agriculteurs estiment élevé le coût de l'investissement, plus est faible la probabilité qu'ils adoptent le goutte-à-goutte. Dans le même ordre d'idée, la variable « montant de la subvention » est fortement corrélée au taux d'adoption, particulièrement ces cinq dernières années où le montant de la subvention est passé de 100 à 30 % du coût de l'investissement : plus ce montant est élevé, plus la probabilité d'adoption est grande. De manière logique, la variable « difficulté d'accès à la subvention » est corrélée à un taux relativement bas d'adoption. Plus

les agriculteurs estiment difficile l'accès à la subvention, plus faible est la probabilité qu'ils adoptent le goutte-à-goutte. Par ailleurs, la majorité des agriculteurs de la région d'Ahmer-El-Ain déclarent ne pas avoir demandé de subvention, car les conditions administratives sont défavorables (bureaucratie, lenteur dans l'étude des dossiers et difficultés d'accès aux crédits...). De plus, les agriculteurs des deux régions d'étude signalent que l'accès d'un membre d'EAC à cette subvention est conditionné par l'accord de l'ensemble des autres membres, ce qui rend, de fait, la demande difficile, à cause des

conflits chroniques qui existent au sein de ces EAC.

Enfin, la majorité des agriculteurs déclare connaître les nouvelles techniques d'irrigation ; leur adoption est freinée par d'autres facteurs (coût élevé de l'investissement, accès difficile à la subvention, problèmes au sein des EAC, type de culture...) et non par le manque de la vulgarisation.

Nos enquêtes nous ont permis de déceler d'autres facteurs susceptibles d'influencer positivement la prise de décision. Ces facteurs concernent d'abord la disponibilité en eau dans le réseau, l'existence d'infrastructures comme les bassins de stockage, la

Tableau 6. Résultats des régressions logistiques appliquées au périmètre d'Ahmer-El-Ain (Mitidja Ouest).

Table 6. Results of logistic regressions applied to the perimeter of Ahmer-El-Ain (Mitidja West).

	Modèle 1 (avec coûts de l'investissement)				Modèle 2 (avec subvention)			
	B	Écart type	P-value	Exp (B)	B	Écart type	P-value	Exp (B)
Âge	- 0,026	0,047	0,584	0,975	- 0,011	0,052	0,84	0,99
Niveau d'instruction	- 0,006	0,498	0,99	0,994	0,499	0,509	0,326	1,647
Taille de l'exploitation	0,079	0,079	0,316	1,082	0,02	0,046	0,659	1,02
Arboriculture	0,623	0,845	0,461	1,865	1,018	0,899	0,257	2,767
Maraîchage sous serre	0,467	1,104	0,672	1,595	0,898	1,571	0,568	2,455
Coût de l'investissement de l'irrigation par goutte-à-goutte	- 2,015	0,778	0,01	0,133	-	-	-	-
Subvention équipement d'irrigation par goutte-à-goutte	-	-	-	-	1,466	0,806	0,032	4,334
Subvention difficile à obtenir	-	-	-	-	- 4,319	1,309	0,001	0,013
Manque d'ouvrage hydraulique (bassin, station de tête)	-	-	-	-	- 2,56	1,059	0,016	0,077
Constante	1,155	3,618	0,75	3,174	0,412	3,549	0,908	1,51
% correctement prédit		77				87		
Pseudo R ²		0,294				0,54		
-2 log de vraisemblance		58,26				43,012		

Source : résultats d'enquête, 2008-2009.

Tableau 7. Adoption du goutte-à-goutte en rapport avec le niveau d'instruction des exploitants.

Table 7. Adoption of drip irrigation in relation to the educational level of farmers.

Zone d'étude	Avez-vous adopté du goutte-à-goutte dans votre exploitation ?			
	Périmètre du Hamiz		Périmètre d'Ahmer-El-Ain	
	Non	Oui	Non	Oui
Niveau d'instruction				
Analphabète	28	1	30	2
École coranique	12	0	0	0
Niveau primaire	30	5	26	4
Niveau moyen	22	3	21	10
Niveau secondaire	12	3	6	2
Niveau supérieur	2	2	0	0
Total	106	14	83*	19

* Seuls 101 entretiens (sur l'échantillon de 107) étaient exploitables pour analyser cette relation sur le périmètre d'Ahmer-El-Ain.

Source : résultats d'enquêtes, 2007, 2008-2009.

pente du terrain. ... Les problèmes de distribution d'eau dans les réseaux collectifs de surface durant la période sèche sont aussi une contrainte, car ils augmentent l'incertitude des agriculteurs quant à la rentabilité de l'investissement.

Conclusion

En faisant référence aux travaux empiriques de D'Souza *et al.* (1993) ; Adéoti *et al.* (2002) ; Diederer *et al.* (2003) et Sauer et Zilberman (2009), le modèle logit permet de déterminer les facteurs explicatifs de l'adoption d'une innovation en agriculture. D'autres études ont montré que la régression logistique met en exergue les facteurs déterminants d'une innovation dans le système de production (Nkamleu *et al.*, 2001). Clay *et al.* (1998) ont utilisé le modèle logit pour analyser les déterminants de l'investissement des agriculteurs dans la conservation des sols. Zarafi *et al.* (2002) ont identifié, en utilisant le modèle logit, les variables pertinentes pour obtenir un taux élevé de pratique de régénération naturelle assistée des forêts. Dans notre étude, l'adoption par les agriculteurs d'une technologie d'irrigation comme le goutte-à-goutte dépend d'une combinaison complexe de conditions socio-économiques, réglementaires et institutionnelles. Au-delà des variables habituellement avancées (âge, formation, vulgarisation. . .), notre travail a permis d'identifier les principaux facteurs de l'adoption du goutte-à-goutte dans le contexte algérien. Ils sont ici d'ordre structurel : accès à la terre, à l'eau et au capital. S'y ajoutent des facteurs spécifiques : types de cultures pratiquées, coût élevé de l'investissement, disponibilité et accès aux subventions. Les subventions ne sont pas accessibles à tous les exploitants (jeunes locataires, tributaires en conflit dans les EAC. . .). Par ailleurs, contrairement au système d'irrigation gravitaire, qui ne nécessite qu'un forage et de la main-d'œuvre, le goutte-à-goutte demande plus d'équipement et de maîtrise technique, notamment la construction de bassin d'accumulation, une station de tête équipée de filtres et manomètres, des études de dimensionnement, etc.,

autant d'éléments qui rendent l'adoption du goutte-à-goutte plus complexe. D'autres déterminants liés à la rentabilité de l'investissement, à la tarification de l'eau et à la perception du risque peuvent inciter les agriculteurs à innover ou non dans les systèmes d'irrigation. Ces aspects n'ont pas été abordés et pourront demander des études complémentaires. Néanmoins, dès à présent, nous pouvons affirmer que les raisons d'ordre sociologique, âge et niveau d'instruction, habituellement avancés, ne sont pas déterminantes dans les processus d'adoption, au contraire des questions structurelles. Pour favoriser l'adoption de nouvelles techniques d'irrigation plus économes en eau, les politiques publiques devraient intégrer quatre facteurs : le taux de la subvention, les conditions d'accès aux subventions (et aux crédits d'une manière plus générale), l'étendue du réseau hydraulique de surface et sa gestion. ■

Références

- Adéoti R, Coulibaly O, Tamò M, 2002. Facteurs affectant l'adoption des nouvelles technologies du niébé *Vigna unguiculata* en Afrique de l'Ouest. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* (36) : 19-32. www.fidafrique.net/IMG/pdf/Adeoti_36_2002.pdf
- Alban T, 2000. *Économétrie des variables qualitatives*. Paris : Dunod.
- 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 ? *Hommes, Terre Eaux* 137 : 7-20.
- Benouniche M, Imache A, Kuper M, 2010. Les locataires : des acteurs à part entière et entièrement à part. In: Imache A, Hartani T, Bouarfa S, Kuper M. *La Mitidja 20 ans après : réalités agricoles aux portes d'Alger*. Alger : éditions Alpha.
- Benouniche M, Kuper M, Hartani T, Hammani A, 2011. Quand les petites exploitations adoptent le goutte-à-goutte : initiatives locales et programmes étatiques dans le Gharb (Maroc). *Cahiers Agricultures* 20 : 40-7. doi: 10.1684/agr.2011.0476.
- Ben-Salem H, Zaïbet L, Ben-Hammouda M, 2006. Perspectives de l'adoption du semi-direct en Tunisie. Une approche économique. In: Arrue Ugarte JL, Cantero Martínez C, eds. *Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct* : Montpellier : CIHEAM-IAMZ.
- Berkson J, 1951. Why I prefer Logits to Probits? *Biometrics* 7 : 327-39.
- Butarfa N, 2004. *Contribution de l'électricité à la production d'eau : le cas algérien*. 19th World energy congress, Sydney, Australia, septembre 2004.

Caswell M, Zilberman D, 1985. The choices of irrigation technologies in California. *American Journal of Agricultural Economics* 67 : 224-34.

Clay D, Reardon T, Kangasniemi J, 1998. Sustainable intensification in the highlands tropics: Rwandan Farmer's investments in land conservation and soil fertility. *Economic Development and Cultural Change* 46 : 351-77.

Diederer P, Van MH, Arjan W, Katarzyna B, 2003. Innovation adoption in agriculture; innovators, early adopters and laggards. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales* 67 : 30-50.

D'Souza G, Cyphers D, Phipps T, 1993. Factors affecting the adoption of sustainable agricultural practices. *Agricultural and Resource Economics Review* 22 : 159-65.

Green G, Sunding D, Zilberman D, Paker D, 1996. Explaining irrigation technology choices: micro parameters approach. *American Journal of Agricultural Economics* 78 : 1064-72.

Hartani T, 2004. *La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja*. Actes du séminaire modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, 19-27 juin. www.youscribe.com/catalogue/rapports-et-theses/savoirs/science-de-la-nature/la-reutilisation-des-eaux-usees-en-irrigation-cas-de-la-mitidja-en-1531739

Imache A, Legoulven P, Bouarfa S, Chabaca M, 2007. *Évolutions de la demande en eau agricole dans la plaine irriguée de la Mitidja, Algérie. Économies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb*. Actes du troisième atelier régional du projet Sirma, Nabeul, Tunisie, 4-7 juin. http://hal.cirad.fr/docs/00/19/45/73/PDF/12_Article_Imache_et_al.pdf

Imache A, 2008. *Contribution de la demande en eau Agricole au niveau régional en intégrant le comportement des agriculteurs*. Thèse de doctorat, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech). <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00370132/fr/>

Koundouri P, Naug C, Tzouvelkas V, 2009. *The effect of production uncertainty and information dissemination on the diffusion of irrigation technologies*. TSE Working Papers Series 09-032. Toulouse : Toulouse School of Economics. http://neeo.univ-tlse1.fr/2471/1/wp_env_32_2009.pdf

McFadden D, 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: Zarembka P, ed. *Frontiers of econometrics*. New York : Academic Press.

Moreno G, Sunding D, 2005. Joint estimation of technology adoption and land allocation with implications for the design of conservation policy. *American Journal of Agricultural Economics* 11 : 1009-19.

Nkamleu GB, Coulibaly O, 2000. Le choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et de café au Cameroun. *Économie Rurale* 259 : 75-85.

Nkamleu GB, Coulibaly O, Endamana D, 2001. Transfert de nouvelles technologies dans les systèmes de production au nord du Cameroun : cas des variétés améliorées du Niébe. Document de travail, p 20. IITA, Mimeo, HFS- Yaoundé Cameroun. www.fidafrique.net/IMG/pdf/Technology_adoption_Pronaf_Cameroon.pdf

PNUD, 2009. *Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie*. Rapport interne. [www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Water%20\(adaptation\)/Algerie_Rapport_national_eau_adaptation.pdf](http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Water%20(adaptation)/Algerie_Rapport_national_eau_adaptation.pdf)

Richefort L, 2009. *Estimation des choix technologiques pour l'irrigation de la canne à sucre à l'île de la Réunion*. 3^e Journée de recherches en sciences sociales Inra SFER Cirad 09, 10 et 11 décembre-Montpellier, France. www.sfer.asso.fr/content/download/3019/27385/E3-%20-%20RICHE-FORT.pdf

Richard EJ, Zilberman D, 1983. Stochastic structure, farm size and technology adoption in developing agriculture. *Oxford Economic Papers* 35 : 307-28.

Salhi S, Bédrani S, 2007. Détermination de l'adoption de l'irrigation localisée (goutte-à-goutte) par les agriculteurs : cas du périmètre el Hamiz. *Cahiers du CREAD* 81/82 : 155-69.

Salhi S, Bédrani S, 2010. Reconversion au goutte-à-goutte : les limites du PNDA. In: Imache A, Hartani T, Bouarfa S, Kuper M. *La Mitidja 20 ans après : réalités agricoles aux portes d'Alger*. Alger : éditions Alpha.

Sauer J, Zilberman D, 2009. *Innovation behaviour at farm level-selection and identification*. The 83rd

Annual conference of the agricultural economics society, 30 March-1 April, Dublin, Ireland.

Torkamani J, Shajari S, 2008. Adoption of new irrigation technology under production risk. *Water Resources Management* 22 : 229-37.

Zarafi AM, Abasse AT, Bokar M, Niang A, Traore CO, 2002. *Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région du Maradi au Niger*. Actes du deuxième atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au Sahel. Bamako 4-6 mars. www.plg.ulaval.ca/projet-agf-sahel/Marou-Zarafi_A.pdf