



Impacts d'un changement de politiques énergétiques sur les exploitations irriguées : éclairage sur la base d'un échantillon d'exploitations dans le Saïss (Maroc)

Imane Raïs¹, Nicolas Faysse^{2,3}, Caroline Lejars²

¹ Lauréate de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II; ² Cirad, UMR G-Eau ; ³ Asian Institute of Technology. Contact : raiss.imane@gmail.com

Résumé

Au Maroc, le gaz butane est fortement subventionné pour son usage domestique, et est devenu depuis une dizaine d'années une des sources principales d'énergie utilisées pour le pompage de l'eau souterraine dans les exploitations agricoles. Du fait de son coût élevé pour les finances publiques, il est envisagé un arrêt de cette subvention, couplé à une éventuelle subvention à l'investissement en énergie solaire. La présente étude analyse l'impact de scénarios d'évolutions des politiques énergétiques nationales sur des exploitations irrigantes. Ces évolutions possibles de type d'énergie utilisé sont analysées à la fois en termes de rentabilité et selon le point de vue de l'exploitant lui-même. Un ensemble de 18 exploitations, utilisant 4 différents types d'énergie (gasoil, butane, électrique, photovoltaïque), ont été enquêtées dans la plaine du Saïss. Trois scénarios ont été établis : 1) un arrêt de la subvention au butane ; 2) un arrêt de la subvention couplé à une subvention à l'investissement dans l'énergie solaire ; et 3) un arrêt de la subvention butane couplé à une subvention à l'investissement dans l'énergie électrique. Les résultats montrent que, en cas d'arrêt de la subvention sur le butane, la moitié des exploitants utilisant le butane lors de l'étude envisagent de revenir au gasoil. En cas de subvention de 50% des coûts d'installation de l'énergie photovoltaïque, trois quarts des agriculteurs utilisant le butane ou le gasoil changeraient de système. Seule la moitié des exploitations en butane ou gasoil serait intéressée par un passage à l'électrique, même dans le cas d'une forte subvention à l'investissement. La transition vers le photovoltaïque, préférée par les agriculteurs utilisant le butane ou le gasoil, ne sera pas cependant qu'une question de taux de subvention, du fait notamment d'un fort besoin d'appui technique pour la conception d'un tel système au niveau des exploitations. Par ailleurs, elle devra être liée à la mise en œuvre de mécanismes de régulation spécifiques de façon à ne pas contribuer à une augmentation de l'utilisation des ressources en eau souterraines.

Mots clés : butane ; énergie électrique ; irrigation ; énergie photovoltaïque ; politique énergétique ; Saïss

Introduction

L'agriculture marocaine est un consommateur important d'énergie au Maroc, avec 12% de la consommation de l'énergie du pays en 2010 (ADEREE, 2013)¹. Cette consommation est dominée par les énergies fossiles représentées par le gasoil avec 45%, le butane et le propane avec 46 %. L'électricité (elle-même à 68% produite à partir d'énergie fossile) ne satisfait que 7,9% des besoins énergétiques de l'agriculture (données 2011 du Ministère de l'Énergie et des Mines et ONEEP, 2016).

Depuis décembre 2015, le mécanisme de compensation, mis en place par le passé pour stabiliser le prix de l'énergie au Maroc, n'est plus utilisé pour le fuel industriel, l'essence et le gasoil. En 2016, ce mécanisme de compensation ne concerne plus que le butane, utilisé à la fois par les ménages marocains, mais aussi par le secteur agricole, principalement pour le pompage d'eau, le chauffage des bâtiments avicoles et des serres. Les variations de prix du butane sur le marché international ne sont pas répercutées sur les consommateurs, et le prix de la bouteille de gaz est resté stable depuis 1990. En 2014, la subvention était de 83 DH² pour une bouteille de 12 kg, vendue à 40 DH aux ménages et aux agriculteurs (Ministère de l'Économie et des Finances, 2014).

La subvention est payée par la Caisse de Compensation, en théorie à partir des prélèvements opérés sur les prix de vente des autres produits pétroliers liquides. En pratique, le budget de l'État doit en général compléter ce paiement. L'État est ainsi intervenu en 2014 pour couvrir près de 90% de cette subvention à hauteur d'environ 14 milliards de

Dirhams (Ministère de l'Économie et des Finances, 2014), alors que ce coût n'était que de 5,3 milliards en 2009 (Conseil de la concurrence, 2012). Doukkali et Lejars (2015) ont estimé que, en 2011, la subvention directe au butane pour l'agriculture était de 3,2 milliards de DH, ce qui correspond environ à la moitié du budget total d'investissement du Ministère de l'Agriculture cette même année, qui était de 6,2 milliards.

En 2015, des discussions étaient en cours au Maroc pour organiser la « décompensation » du gaz butane, c'est-à-dire l'arrêt de la subvention publique (Ben Hayoun, 2014). Il est prévu que cette décompensation se fasse de manière progressive et ciblée en veillant à ce qu'elle n'ait pas d'effets négatifs sur les populations les plus démunies. La promotion et la subvention de chauffe-eau solaires et du pompage par électricité solaire (photovoltaïque) pourraient notamment accompagner cette réforme. Dans ce cadre, l'État a prévu de lancer le Programme National du Pompage Solaire. Ce programme pourrait intégrer une subvention aux agriculteurs voulant s'équiper en pompes à eau alimentées par l'énergie solaire. Cette subvention pourrait s'élever à 15 000 DH par hectare (ce qui a été estimé comme étant approximativement la moitié d'un coût moyen d'installation de panneaux solaires et d'une pompe électrique pour un hectare). Cette subvention pourrait atteindre jusqu'à 75 000 DH par exploitation agricole et ne devrait pas dépasser 50% du coût de l'installation.

En 2015, des discussions ont été menées au sein du gouvernement marocain mais n'ont que peu impliqué la profession agricole. Cette implication limitée est problématique, d'autant qu'il est difficile d'identifier ce que pourrait être la réaction des agriculteurs à ces changements de politiques publiques.

¹ Consommation finale (au niveau de l'utilisation par les agriculteurs), directe (hors énergie nécessaire pour les intrants comme par exemple les fertilisants) et hors transport.

² 100 DH = 9,3 € en juin 2015.

Cette étude vise ainsi à analyser l'impact sur des exploitations agricoles irriguées de scénarios d'évolution des politiques énergétiques. L'étude a été menée suite à un travail initial de comparaison des 4 types d'énergie utilisées au Maroc en 2015 pour l'irrigation (gasoil, butane, électricité, photovoltaïque) selon des critères d'efficacité énergétique et de coûts (de fonctionnement, avec/sans charge d'investissement). Pour cela, une vingtaine d'exploitations du Saïss ont été enquêtées (Najjari, 2015). La présente étude porte sur ces mêmes exploitations et a consisté à **qualifier comment des exploitations utilisant différents types d'énergie pourraient évoluer selon différents scénarios de politiques énergétiques envisageables, à la fois en termes de logique purement économique, et selon le point de vue des agriculteurs chefs d'exploitations.**

Méthodologie

Approche générale

L'approche utilisée n'a pas cherché à comparer des exploitations agricoles entre elles. En effet, les systèmes d'irrigation de ces exploitations diffèrent fortement en termes de profondeur de pompage et de débit. Les coûts d'investissement et de fonctionnement peuvent être donc très différents pour un même type d'énergie utilisé. Au lieu d'une comparaison entre exploitations, nous avons donc mené une comparaison pour chaque exploitation, de ce que seraient les coûts d'investissement et de fonctionnement selon différents systèmes d'énergie. Nous avons ainsi mené une **comparaison entre ces coûts en ce qui concerne d'une part le type d'énergie utilisé en 2015 et d'autre part une situation hypothétique de changement de type d'énergie, pour une même exploitation.**

Par ailleurs, de nombreux agriculteurs n'ont pas une idée précise de combien seraient, pour leur exploitation spécifiquement, les coûts d'investissement et de fonctionnement en énergie solaire. Lors des entretiens, nous avons donc apporté des informations auprès des différents agriculteurs sur ce que seraient leurs coûts d'investissement et de fonctionnement (en indiquant un intervalle de valeur réaliste), s'ils changeaient de système d'énergie, et ce selon différents scénarios de politique publique envisagés.

Exploitations enquêtées

Dans un premier temps, des scénarios d'évolution des politiques publiques ont été définis suite à des entretiens menés avec des représentants du Ministère de l'énergie et des mines, du Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, du Centre international de recherche en agriculture pour les zones arides (ICARDA), de l'Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), de l'Office National d'Electricité et d'Eau Potable (ONEEP) et d'une entreprise de vente et d'installation de matériels photovoltaïques.

Puis, une étude auprès d'exploitations agricoles a été effectuée dans la région d'El Hajeb, sur la plaine du Saïss. Dans cette région, le développement de l'irrigation par pompage dans la nappe a permis une forte croissance des cultures maraîchères et de l'arboriculture (Ameur et al., 2013 ; Lejars et Courilleau, 2015) mais s'accompagne aussi d'une baisse des niveaux de la nappe (Agence de Bassin Hydraulique du Sébou, 2011). Les 18 exploitations enquêtées ont été choisies pour obtenir une diversité de cas selon deux paramètres principaux : l'énergie utilisée pour

le pompage d'eau d'irrigation et la profondeur des puits ou forages. Le Tableau 1 montre les principales caractéristiques des exploitations enquêtées. Les exploitations irrigantes utilisant le butane le gasoil ou l'électricité produisent pour l'essentiel des céréales, des légumineuses et du maraichage. Les deux exploitations utilisant de l'énergie solaire et une de celles utilisant l'énergie électrique font de l'arboriculture. Les 18 exploitations, enquêtées initialement par Najjari (2015) ont été rencontrées de nouveau. Les enquêtes pour la présente étude ont eu lieu en juin et juillet 2015.

Tableau 1. Caractéristiques des exploitations enquêtées (source : Najjari, 2015)

Source d'énergie utilisée pour l'irrigation	Nombres d'exploitations enquêtées	Superficie irriguée
Butane	8	de 3 à 7 ha
Gasoil	4	de 1 à 5 ha
Electrique	4	de 3 à 8 ha
Solaire	2	de 8 à 27 ha

Avant les enquêtes au niveau des exploitations, nous avons calculé, à partir de l'étude de Najjari (2015) et des entretiens auprès d'entreprises installant des panneaux solaires et de l'ONEEP, les coûts que représenterait pour chaque exploitation un changement de système d'énergie, à la fois en terme d'investissements et de fonctionnement, et ce avec et sans subvention. Nous avons calculé un intervalle de valeurs à

partir des caractéristiques propres de l'exploitation enquêtée (débit, profondeur, distance au réseau électrique, etc.).

L'entretien avec chaque agriculteur a d'abord porté sur les coûts d'irrigation en 2015 et sur comment l'agriculteur analyse les avantages et les défauts des systèmes d'énergie qu'il connaît (pour les avoir utilisés ou pour les avoir vus dans d'autres exploitations et en avoir discuté avec d'autres agriculteurs). Puis, nous avons présenté à chaque exploitant différents scénarios d'évolution des politiques publiques pour l'énergie. Pour chaque scénario, nous avons présenté ce que seraient les coûts d'investissement, de fonctionnement et d'entretien pour son exploitation, s'il changeait de système d'énergie. Le chef d'exploitation a alors indiqué comment il ferait évoluer son exploitation pour chaque scénario. En ce qui concerne l'énergie électrique ou le photovoltaïque, lorsqu'un agriculteur a estimé que le niveau de subvention proposé était trop faible pour l'amener à changer de système d'énergie, il a été invité à indiquer le niveau minimal de subvention qui serait, selon lui, nécessaire pour qu'il investisse dans le système d'énergie subventionné.

Estimation des coûts et de la rentabilité d'un changement de système d'énergie

Le coût d'installation d'un système d'énergie solaire a été évalué à partir d'une enquête auprès d'une entreprise installant les panneaux solaires dans la région. Cette entreprise utilise un logiciel pour calculer les coûts d'installation, à partir de plusieurs paramètres de l'exploitation tels que le débit et la profondeur du puits ou forage. Le logiciel détermine le nombre et le coût des panneaux solaires et le coût de la pompe électrique et du variateur à installer. D'autres coûts moyens ont été estimés tels que les coûts des cadres autour des panneaux solaires, des tuyaux et des câbles.

Le coût d'installation d'un système d'énergie électrique comprend le coût du raccordement (si le réseau électrique est éloigné du système de pompage) et le coût d'installation du compteur électrique. Ce dernier coût diffère selon la tension et l'intensité de la pompe. Si l'intensité de la pompe dépasse 9,9 Ampères, il est nécessaire d'installer un poste électrique, dont le coût varie en fonction du nombre de kilovolt-ampères. Cependant, dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas réussi à estimer le coût de raccordement – celui-ci n'a donc pas été pris en compte dans les calculs d'investissement.

Le coût de fonctionnement correspond au coût d'utilisation de l'énergie, par l'agriculteur, pour le pompage de l'eau d'irrigation sur une année pluviométrique moyenne. L'étude se base sur le travail de Najjari (2015) qui a calculé les coûts de fonctionnement en multipliant le coût horaire de pompage par mètre cube par le débit et par un nombre moyen de 1600 d'heures d'irrigation par an, estimé en fonction des superficies plantées et des calendriers culturaux. Il s'agit d'une approximation forte, mais dont l'importance peut être atténuée ici par le fait que l'objectif clé est de comparer l'évolution de systèmes énergétiques pour l'irrigation à assolement et pratique d'irrigation constant. Cette base de 1600 heures est prise comme élément standard dans la comparaison.

Les coûts de fonctionnement de l'électricité dépendent de l'option tarifaire, qui est fonction de la durée annuelle d'utilisation (très longue utilisation, moyenne utilisation ou courte utilisation), des saisons et des postes horaires de consommation (heures de pointe ou heures normales). Le tarif le plus fréquemment utilisé pour les activités agricoles est le tarif optionnel, appelé aussi tarif vert. Ce tarif est destiné aux clients particuliers ou aux sociétés exerçant une activité agricole reconnue par le biais d'une attestation délivrée par les services du Ministère de

l'Agriculture. Les coûts d'entretien ont été estimés par Najjari (2015) auprès des agriculteurs enquêtés.

La rentabilité d'un éventuel changement de système d'énergie a été calculée en termes de Valeur Actualisée Nette (VAN- voir encadré ci-dessous). L'investissement considéré est l'achat d'un nouveau matériel en 2015, calculé de façon spécifique pour chaque exploitation. Le prix d'une éventuelle revente du matériel d'irrigation déjà présent sur l'exploitation en 2015 n'a pas été pris en compte du fait de sa vétusté dans la plupart des cas. En ce qui concerne les bénéfices annuels, ils ont été calculés comme la différence de coûts de fonctionnement et de maintenance entre l'ancien système d'énergie et le nouveau. Le calcul de la VAN a été mené sur une période de 10 ans, avec un taux d'actualisation de 10%.

Valeur Actualisée Nette

Le calcul de la Valeur Actualisée Nette est un bilan de trésorerie. En sortie se trouve l'investissement réalisé. En entrée se trouve la somme des bénéfices annuels futurs que cet investissement permet. La valeur de ces bénéfices futurs est calculée au moment du choix d'investissement en utilisant un taux d'actualisation annuel t . Ainsi, un gain de X prévu pour l'année suivant l'investissement est calculé comme ayant une valeur de $X \cdot (1+t)^{-1}$ au moment de l'investissement.

Pour un investissement I considéré sur une durée de 10 années, apportant un bénéfice $Ben(n)$ durant chaque année n parmi ces 10 années, et sans valeur résiduelle au bout de 10 ans, la VAN est :

$$VAN = \sum_{n=0}^9 Ben(n) (1 + t)^{-n} - I$$

Un investissement est considéré comme rentable si la VAN est positive.

Résultats

Analyse de la situation en 2015

Coûts des différents systèmes d'énergie

Les coûts d'énergie des exploitations enquêtées en 2015 sont présentés dans le Tableau 2. Les coûts d'investissement comprennent le forage, la pompe, le raccordement au réseau pour l'électrique, le moteur pour le gasoil et l'équipement photovoltaïque pour le solaire. Ces coûts ont été calculés en prenant en compte une durée de vie de 30 ans pour les forages et les équipements divers et de 15 ans pour la pompe. Les coûts totaux indiqués dans ce tableau sont les coûts d'investissement annualisés plus les coûts d'entretien (les deux ramenés à un mètre cube pompé) plus les coûts variables.

Les coûts d'investissement sont en général plus élevés dans le cas des énergies solaire et électrique en comparaison avec le butane et le gasoil. En revanche, les coûts de fonctionnement et d'entretien de l'ensemble du système d'irrigation sont plus importants dans le cas du butane et du gasoil par rapport au photovoltaïque et à l'énergie électrique.

Les exploitations au butane étudiées ont un coût variable moyen de 0,9 DH/m³, légèrement plus faible que celui des exploitations en gasoil (1,2 DH/m³). Or, les études montrent en général que le coût de fonctionnement du butane est moitié moindre de celui du gasoil (par exemple, Maliki, 2015). Le nombre faible d'exploitations étudiées ne permet pas de tirer une conclusion mais il est possible que cette moindre rentabilité des exploitations en butane soit entre autres due au fait que ces dernières pompent en moyenne à une profondeur plus importante que celles en gasoil (94 mètres contre 76 mètres).

Avantages et contraintes des différents systèmes d'énergie selon les agriculteurs

Sur les 16 exploitations qui n'utilisent pas le système solaire photovoltaïque, 10 avaient déjà visité une exploitation équipée d'un tel système, et seulement 2 des 18 agriculteurs enquêtés n'avaient jamais visité d'exploitation utilisant un système électrique. Le Tableau 3 présente l'évaluation par les agriculteurs des avantages et inconvénients des différents systèmes d'énergie qu'ils connaissent. En ce qui concerne l'énergie électrique, la contrainte majeure pour les agriculteurs est l'obligation de payer la facture mensuellement.

Finalement, l'énergie solaire constitue la meilleure source pour les agriculteurs du fait de sa rentabilité, basée sur l'absence de coût variable d'utilisation de l'énergie et les faibles coûts d'entretien. En revanche, du fait de son coût d'installation élevé (pour l'instant non subventionné), elle n'est utilisée en 2015 que par les grandes exploitations agricoles.

Tableau 2. Coûts en 2015 par système énergétique et par exploitation

Exploitations	Source d'énergie	Profondeur de la pompe (m)	Débit (m ³ /h)	Volume pompé (m ³ /an)	Coûts d'investissement annualisé (DH)	Coûts d'entretien fixes (DH/an)	Coûts de fonctionnement variables ^a (DH/an)	Coûts de fonctionnement variables ^a (DH/m ³)	Coûts totaux ^b (DH/m ³)
E1	Butane	100	28	44 800	6 333	5 000	1449	0,9	8,0
E2		50	37	59 200	4 400	4 800	717	0,45	6,2
E3		66	35	56 000	6 000	4 300	1070	0,67	7,1
E4		32	40	64 000	1 840	6 200	936	0,59	5,6
E5		130	30	48 000	4 000	6 100	1733	1,08	7,4
E6		150	34	54 400	4 000	5 500	1835	1,15	7,1
E7		110	29	46 400	3 733	2 600	1793	0,9	5,1
E8		117	26	41 600	4 033	2 300	2400	1,12	5,5
E9	Gasoil	89	30	48 000	4 104	2 000	1680	1,50	4,9
E10		28	21	33 600	633	2 700	1714	1,07	3,2
E11		17	14	22 400	1 633	2 600	2057	1,29	3,9
E12		170	30	48 000	3 300	2 000	1920	1,2	4,5
E13	Electrique	114	35	56 000	9660	1 300	307	0,19	7,0
E14		58	40	64 000	9547	2 000	269	0,17	7,4
E15		100	32	51 200	8333	2 000	336	0,21	6,7
E16		100	35	56 000	5933	1 500	307	0,19	4,8
E17	Solaire	40	70	112 000	17 667	800	0	0	11,5
E18		30	60	96 000	7 500	500	0	0	5,0

^a Coûts variables : coût d'acquisition de l'énergie. ^b Coûts totaux = coûts d'investissement + coûts d'entretien fixes + coûts variables

Tableau 3. Avantages et contraintes des différents types d'énergie

	Butane	Gasoil	Energie électrique	Energie solaire
Analyse faite par	Les 8 agriculteurs en butane	Les 4 agriculteurs en gasoil	Les 14 agriculteurs qui connaissent ce système	Les 16 agriculteurs qui connaissent ce système
Avantages	Economique par rapport au gasoil (8/8) Le butane est apporté jusque dans l'exploitation par camion (1/8)	S'adapte à tous les moteurs (1/4)	Pas d'avantage (4/14) Peu de pannes (3/14) Coûts faibles par rapport au butane et gasoil (2/14) Peu pénible (1/14) Frais d'entretien faibles (1/14) Ne sait pas (3/14)	Coûts de fonctionnement et d'entretien faibles (11/16) Aucune idée (4/16) Peu de pannes (3/16) Rentable (1/16)
Contraintes	Nombreuses pannes (8/8) Risques d'explosion (5/8) Pénibilité d'utilisation (2/8)	Coût de fonctionnement élevé (1/4) Nombreuses pannes (1/4) Aucun problème (1/4) Ne sait pas (1/4)	Facture mensuelle élevée (8/14) Nombreuses pannes (1/14) Coût d'installation élevé (1/14) Ne sait pas (4/14)	Coût d'installation élevé (4/16) Volumes qu'il est possible de pomper limités pendant la nuit et durant l'hiver (3/16) Nombreuses pannes (2/16) Pas de contraintes (2/16) Coût élevé de construction des bassins de stockage (1/16) Ne sait pas (4/16)

Scénarios d'évolution des politiques publiques et de la nappe

Trois scénarios ont été définis, suite aux entretiens avec les acteurs institutionnels.

- Le Scénario 1 correspond à une suppression complète de la subvention sur le butane. Le scénario prévoit que cette subvention disparaîtra progressivement sur 5 ans (2016-2020). Le prix final de la bouteille de butane sera ainsi de 125 Dh en 2020 contre 40 DH en 2015 (en considérant que le prix du gaz sur le marché international ne variera que peu dans les 5 ans à venir).
- Le Scénario 2 correspond au scénario 1 plus la mise en place d'une subvention publique de 50% sur les coûts d'installation de systèmes photovoltaïques.
- Le Scénario 3 correspond au scénario 1 plus la mise en place d'une subvention publique de 50% sur les coûts d'installation de systèmes électriques.

Analyse de la rentabilité des changements de systèmes d'énergie selon les différents scénarios

Le tableau 4 présente la rentabilité pour les exploitations d'un changement de système d'énergie, en fonction des différents scénarios. Dans chaque cellule du tableau, est indiquée la VAN moyenne sur l'ensemble des exploitations ayant en 2015 un certain type d'énergie, et entre parenthèses les VAN minimale et maximale.

Tableau 4. Valeurs actualisées nettes relatives aux différents changements des sources d'énergie (en milliers de DH)

	Nouvelle source d'énergie							
	Gasoil	Butane non subventionné (Scénario 1)	Butane subventionné	Electricité sans subvention	Electricité avec subvention (Scénario 3)	Solaire sans subvention	Solaire avec subvention (Scénario 2)	
Source d' énergie actuelle	Gasoil (4 exploitations)		-76 -127 ⇔ -17	94 30 ⇔ 197	247 162 ⇔ 650	252 168 ⇔ 360	253 135 ⇔ 380	297 194 ⇔ 430
	Butane subventionné (8 exploitations)	-95 -217 ⇔ -15			224 168 ⇔ 300	230 173 ⇔ 310	196 86 ⇔ 231	263 184 ⇔ 348
	Butane non subventionné (scénario 1 ; 8 exploitations)	135 3 ⇔ 269			443 340 ⇔ 590	448 34 ⇔ 595	426 280 ⇔ 560	493 350 ⇔ 630
	Electrique non subventionné (4 exploitations)						41 -22 ⇔ 100	95 52 ⇔ 144
	Solaire non subventionné (2 exploitations)				-194 -210 ⇔ -178	-189 -205 ⇔ -172		

VAN moyenne (en milliers de DH)

VAN min ⇔ VAN max
(milliers de DH)

Le Tableau 4 montre que le passage du butane au gasoil, non rentable en 2015, le deviendrait pour les 8 exploitations au butane étudiées en cas d'arrêt des subventions du butane. De même, pour les deux exploitations en gasoil lors de l'enquête, le passage au butane, rentable avec une subvention sur le butane telle que pratiquée en 2015, ne le serait plus avec un butane non subventionné. En ce qui concerne le solaire et l'électrique, le Tableau 4 montre que le passage du butane ou gasoil vers l'électricité ou le solaire est rentable dans tous les cas. Le passage de l'électrique dans la situation en 2015 vers le solaire est clairement rentable pour un système photovoltaïque subventionné (scénario 2), mais, dans la situation en 2015, il n'est rentable que pour 3 des 4 exploitations en électrique étudiées. Enfin, le passage du solaire à l'électrique n'est pas rentable pour les deux exploitations étudiées, quel que soit le scénario.

Analyse par les agriculteurs des différents scénarios

Le Tableau 5 présente comment les agriculteurs ont estimé qu'ils réagiraient selon les différents scénarios proposés. Dans le scénario 2, la majorité de ces agriculteurs qui utilisent le butane ou le gasoil en 2015 acceptent d'installer l'énergie solaire sur leurs exploitations avec les coûts proposés, sauf un quart des agriculteurs qui proposent un niveau de subvention plus élevé. Dans le scénario 3, les agriculteurs qui refusent de passer à l'énergie électrique ont mentionné les problèmes suivants : une facture mensuelle importante ; le fait d'être contrôlé par les entités publiques (le relevé du compteur permettrait d'estimer la consommation d'eau d'irrigation et les autorités publiques pourraient définir un quota en eau ou en énergie au-delà duquel les agriculteurs ne recevraient plus d'électricité) ; la difficile estimation des coûts d'investissement ; et les problèmes de statuts juridiques des terres (le fait d'être situé pour

certain, sur des terres collectives rend complexe l'obtention de l'autorisation d'installation de l'énergie électrique).

Tableau 5. Choix des agriculteurs selon les scénarios (PV : photovoltaïque, EE : énergie électrique)

Scénario	Type d'énergie (entre parenthèses, nombre exploitations interrogées)			
	Gasoil (4)	Butane (8)	Electrique (4)	Photo-voltaïque (2)
1 : Baisse subvention butane		Arrêt de l'irrigation (3) Installation du gasoil (4) Installation du PV (1)		
2 : 1 + subvention PV		Installation PV avec subvention proposée (9) Installation si subvention accrue (3 : 73%, 78% et 100%)	Rester en EE (3) Installation du PV avec subvention accrue (1 : 75%)	
3 : 1 + subvention EE		Installation EE avec subvention proposée (4) Installation EE avec subvention accrue (2 : 67% et 75%) Pour 6 agriculteurs en butane, refus du passage à EE et changement vers le gasoil (6)		Rester en PV (2)

PV : énergie photovoltaïque. EE : énergie solaire.

Pour 3 des 4 agriculteurs utilisant l'énergie électrique, le passage au solaire n'est pas rentable parce que le fait d'investir dans une source d'énergie électrique leur a demandé un financement important d'un côté, et d'un autre côté, chacun d'entre eux est satisfait par les conditions et les rendements réalisés. De même, les 2 agriculteurs en photovoltaïque ne souhaitent pas changer de système d'énergie quel que soit le scénario. L'un d'entre eux explique : « *l'énergie solaire est gratuite, je ne paye rien. Pourquoi la changer par une autre source d'énergie ?* ».

Au total 6 agriculteurs, parmi les 8 utilisant le butane comme source d'énergie, n'acceptent pas d'installer l'énergie électrique sur leurs exploitations, quel que soit le niveau de subvention proposé (les 4 en gasoil acceptent ce passage pour différents niveaux de subvention). Les agriculteurs actuellement en butane et qui refusent l'électrique déclarent que la facture mensuelle est importante et peut devenir élevée pendant les mois d'irrigation. Ce que l'un d'entre eux résume ainsi : « *Quel que soit le coût d'installation que vous proposez, je ne vais jamais l'installer, ce n'est pas rentable !* » Ces évaluations faites par les agriculteurs sont assez distinctes de ce que présente le Tableau 2, qui montre un coût variable de l'électrique bien plus faible que pour le gasoil et le butane. Il sera nécessaire de mieux comprendre cette différence, une possibilité étant que les agriculteurs comparent les facteurs d'électricité avec leur consommation domestique plutôt qu'avec leurs dépenses dans du butane ou du gasoil.

Discussion

Liens entre rentabilité économique et jugement des agriculteurs, et enseignements pour les politiques publiques

Les agriculteurs prennent en compte le calcul en termes de rentabilité des investissements, mais seulement de façon partielle. Ainsi, dans le scénario 1, il est en théorie rentable de venir ou de revenir au gasoil pour une exploitation utilisant du butane. C'est ce raisonnement économique qui structure la réponse de la moitié des 8 agriculteurs interrogés utilisant le butane en 2015. L'autre moitié de ces agriculteurs ne veut pas de ce qui est perçu comme un « retour en arrière », et envisage, dans le cas d'un arrêt de la subvention sur le butane, soit d'arrêter l'irrigation soit d'investir dans le photovoltaïque.

De même, l'évaluation de la rentabilité montre la pertinence de passer d'un système à carburant (butane ou gasoil) à un système électrique ou photovoltaïque, et ce quel que soit le niveau de subvention. Les agriculteurs en gasoil et en butane souhaitent tous passer en photovoltaïque, la contrainte principale étant le coût d'investissement. L'image est différente en ce qui concerne l'électrique, avec une forte réticence d'une moitié des agriculteurs, et ce quel que soit le niveau de subvention considéré. Il est probable que ce qui compte dans ce rejet est que les agriculteurs redoutent que l'Etat puisse utiliser, dans le futur, cette énergie pour le contrôle des prélèvements en eau pour l'irrigation.

Interactions avec la surexploitation des aquifères

L'agriculture irriguée a conduit à la surexploitation de nombreux aquifères au Maroc (Faysse et al., 2011). Les politiques énergétiques interagissent avec cette dynamique de surexploitation de différentes façons :

- à travers le coût d'énergie au niveau de l'exploitation : les subventions sur l'énergie permettent à la fois un développement de l'agriculture irriguée, mais de ce fait aussi contribuent à la surexploitation, voire peuvent parfois inciter à une baisse de l'efficacité de l'utilisation de l'eau ;
- réciproquement, par l'influence du niveau de nappe sur les types d'énergie préférés par les agriculteurs. En effet, à partir d'une certaine profondeur (de l'ordre de 100 à 120 mètres), il devient très difficile techniquement de faire fonctionner une pompe alimentée avec un moteur situé hors du forage et l'utilisation de pompes électriques immergées devient nécessaire;
- par la possibilité ou non de mesurer voire de contrôler les prélèvements en eau à travers la consommation d'énergie.

Les premières études au Maroc ont montré que les exploitations en solaire avaient tendance à sur-irriguer très largement, du fait de coûts de fonctionnement quasi nuls (Badreddine, 2014). Ceci peut conduire à une augmentation des prélèvements sur la nappe et à une baisse accrue des niveaux de la nappe, dans les situations fréquentes où l'eau apportée en surplus ne revient que partiellement réalimenter les nappes.

La connexion au réseau électrique permettrait à terme un meilleur contrôle des prélèvements des agriculteurs par les institutions en charge d'une gestion durable des aquifères. Il pourrait être envisageable d'offrir aux agriculteurs une tarification avec un taux intéressant de subvention

en électrique, contre l'acceptation par l'agriculteur de ne consommer qu'une certaine quantité d'électricité par mois. Une autre solution serait d'instaurer des prix progressifs par tranche de consommation. Cependant, il faudra vaincre les réticences des agriculteurs – une possibilité étant de les associer à la définition de règles d'utilisation des volumes pompés.

Il serait intéressant d'établir un scénario de baisse des niveaux de nappe, et d'étudier comment les préférences des agriculteurs pourraient évoluer avec cette baisse : besoin d'utiliser une pompe immergée à partir d'une certaine profondeur, capacité de l'énergie photovoltaïque à alimenter des pompes situées en profondeur, etc.

Limites et perspectives d'approfondissement de l'étude

Cette étude prospective présente différentes limites, la principale étant le faible nombre d'exploitations étudiées. Il est aussi envisageable que les agriculteurs aient pu avoir un comportement « stratégique » dans leur réponse, en demandant des niveaux de subvention plus élevés que ceux qu'ils seraient réellement prêts à considérer pour un changement de système d'énergie. Pour limiter ce biais, l'étude a été présentée comme faisant partie d'un travail de recherche. En fait, comme les résultats ci-dessous le montrent, la plupart des agriculteurs ont, pour un système donné, accepté ou refusé un passage à un autre système d'énergie avec une subvention donnée, et seule une minorité a proposé des niveaux de subvention accrus. On peut donc considérer que ce biais n'a pas été trop important.

Pour approfondir cette étude liminaire, il serait utile d'augmenter l'effectif des exploitations enquêtées de façon à avoir un nombre représentatif pour chaque type d'exploitations (même s'il sera nécessaire de continuer à effectuer une comparaison de scénarios pour une même

exploitation, et non entre différentes exploitations, du fait de la diversité des situations). Il serait aussi nécessaire d'établir un calendrier précis des irrigations pour avoir une consommation précise annuelle pour chaque exploitation. Par ailleurs, il serait intéressant de tester, selon la même méthode, un scénario de subvention à la reconversion à l'énergie électrique, à la fois pour l'investissement mais aussi pour le fonctionnement (par le biais de la tarification).

Il serait enfin utile d'associer ce type d'étude à d'autres à des échelles plus larges. D'une part, il serait possible de quantifier les coûts et bénéfices de chacun des scénarios à la fois au niveau des exploitations, mais aussi pour la puissance publique, à l'échelle d'un territoire rural. D'autre part, il serait intéressant de connecter les résultats de ce type d'étude avec eux des analyses de la production agricole qui prennent en compte le l'origine de la production de l'énergie électrique (Pradeleix et al., 2015).

Conclusion

L'étude présentée ci-dessus doit être considérée comme une étude préliminaire, du fait des nombreuses limites méthodologiques. Toutefois, et en considérant ces limites, elle montre deux principales voies potentiellement intéressantes pour les pouvoirs publics.

La première voie est d'inciter les agriculteurs à s'équiper en énergie électrique, ce qui permettra à terme de mieux contrôler les prélèvements dans les aquifères. Mais cette incitation ne saurait être que financière, du fait des réticences indiquées par les agriculteurs. La seconde est une subvention à l'énergie photovoltaïque, qui pourra être associée à

l'installation de compteurs électriques, et d'un dispositif fonctionnel et transparent de mesure des valeurs de ces compteurs. Il serait aussi possible, comme en Inde (Shah et al., 2016), d'offrir la possibilité aux agriculteurs de vendre l'électricité produite par le système photovoltaïque à l'ONEEP, de façon à offrir à ces derniers une incitation pour ne pas sur-irriguer.

Vu le grand nombre d'incertitudes sur les impacts de changement des politiques publiques sur l'énergie sur les choix d'équipement et les pratiques des exploitations agricoles, il serait aussi utile de tester différents dispositifs sur des zones limitées et d'en tirer les conséquences avant une extension de ces changements à l'échelle nationale.

Remerciements

Ce travail s'inscrit dans une étude portant sur les liens entre les politiques énergétiques et l'utilisation des systèmes d'irrigation au Maroc et en Tunisie. Cette étude a impliqué des chercheurs de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, de l'Institut National Agronomique de Tunis, du CIRAD et de l'Irstea. Les zones d'étude sont la région d'El Hajeb (plaine du Saiss) au Maroc et la plaine de Kairouan en Tunisie. Cette étude a été financée par l'Agence Française de Développement, dans le cadre d'une convention avec l'Irstea.

Pour en savoir plus

Agence de bassin hydraulique du Sebou, 2011. *Plan directeur d'aménagement intégré des ressources hydrauliques (PDAIRE)*.

Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE), 2013. [Tendances de l'efficacité énergétique au Maroc](#). Rabat.

Ameur F, Hamamouche MF, Kuper M, Benouniche M, 2013. [La domestication d'une innovation technique: la diffusion de l'irrigation au goutte-à-goutte dans deux douars au Maroc](#). *Cahiers Agricultures*, 22(4), 311-318.

Badreddine B, 2014. *Evaluation des performances des systèmes d'irrigation localisée fonctionnant au pompage solaire dans la plaine de Tafilalet*. Mémoire de fin d'étude, IAV, Rabat, Maroc.

Ben Hayoun M, 2014. [14 milliards de DH d'économie sur les produits pétroliers en 2015](#). Le Matin.

Conseil de la concurrence, 2012. [Etude sur les produits subventionnés dans le cadre du système de compensation](#).

Doukkali R, Lejars C, 2015, Energy cost of irrigation policy in Morocco: a social accounting matrix assessment. *International Journal of Water Resources Development*, 31:3,422-435

Dref N, 2014. [Compensation: Subvention du pompage solaire dès 2015](#). Menara.ma

Faysse N, Hartani T, Frija A, Tazekrit,, Zairi C, Challouf A, 2011. [Usage agricole des eaux souterraines et initiatives de gestion au Maghreb: défis et opportunités pour un usage durable des aquifères](#). *Note Economique de la Banque Africaine de Développement*, 1-24.

Lejars, C, Courilleau S, 2015. [La filière d'oignon d'été dans le Saïs au Maroc: la place et le rôle des intermédiaires de la commercialisation](#). *Alternatives Rurales*, 2.

Maliki R, 2014. *Contribution à l'évaluation de la consommation énergétique des cultures d'oignon et de pomme de terre dans la province d'El Hajeb*. Mémoire de fin d'étude, ENA Meknès.

Ministère de l'économie et des finances, 2014. [Rapport sur la compensation](#). Rabat.

Najjari N, 2015. *Contribution au suivi de la consommation d'eau et d'énergie des exploitations agricoles dans le cercle El Hajeb*. Mémoire de fin d'étude, IAV, Maroc.

Office National d'Electricité et d'Eau Potable (ONEEP), 2016. [Production d'électricité](#). Site consulté en avril 2016.

Pradeleix L, Roux P, Bouarfa S, Jaouani B, Lili-Chabaane Z, Bellon-Maurel V, 2015. [Environmental Impacts of Contrasted Groundwater Pumping Systems Assessed by Life Cycle Assessment Methodology: Contribution to the Water–Energy Nexus Study](#). *Irrigation and Drainage*, 64(1), 124-138.

Shah T, Durga N, Jani O, Magal A, 2016. [Sustainable agriculture: A new Anand cooperative model – this time, in solar farming](#). *The Indian Express*, 19 mai.