



Cofinancé par l'Union européenne

pasa
Programme d'Appui au Secteur
de l'Agriculture en Algérie



coopération
allemande
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



Ministère de l'Agriculture
et du Développement Rural

**PÔLE
SUD**

Analyse environnementale de la chaîne de valeur « Dattes et Pi-
ment » à Biskra et « Pomme de terre » à El Oued

18 03 2021 – 15 06 2022

RAPPORT SUR LE THEME ENVIRONNEMENTAL
« EAU »

Avril 2022

AT de  et  pour le compte de la GIZ



Sommaire

1	Introduction et Termes de Références.....	1
2	Répartition et lieu des enquêtes de terrain	2
3	Baromètre environnemental.....	3
4	Le thème environnemental « Eau »	6
4.1	Le thème « eau » chez les producteurs de palmiers-dattiers	6
4.2	Le thème « eau » chez les producteurs de piments	16
4.3	Le thème « eau » chez les producteurs de pommes de terre.....	23
5	Conclusions et recommandations.....	35
5.1	L'irrigation des palmiers-dattiers.....	35
5.2	L'irrigation des piments.....	36
5.3	L'irrigation de la pomme de terre	38
6	Bibliographie	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Plan d'échantillonnage pour les enquêtes de terrain	2
Tableau 2 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte	9
Tableau 3 : Calcul d'irrigation en équivalent 24 heure selon les trois périodes du cycle du piment.....	19
Tableau 4 : Nombre de pivots par producteur entre 2019 et 2021	23
Tableau 5 : Durée et fréquence d'irrigation par pivot en culture de pomme de terre en arrière-saison	26
Tableau 6 : Durée et fréquence d'irrigation en goutte à goutte pour la culture de pomme de terre en arrière-saison	27
Tableau 7 : Durée et fréquence d'irrigation en pivot en culture de pommes de terre en pleine saison.....	28
Tableau 8 : Durée et fréquence d'irrigation en goutte à goutte pour la culture de pomme de terre en pleine saison	29

Liste des graphes

Graphe 1 : Surface de palmeraies irriguée par forage	6
Graphe 2 : Systèmes d'irrigation des palmeraies Graphe 3 : Equipements d'irrigation.....	6
Graphe 4 : Surfaces irriguées par type d'irrigation.....	6
Graphe 5 : Energie de pompage utilisé.....	7
Graphe 6 : Nappes utilisées pour l'irrigation des palmeraies	7
Graphe 7 : Variation de la profondeur des forages et des niveaux piézométriques (en mètre)	8
Graphe 8 : Raisons du passage de la submersion au goutte à goutte	8
Graphe 9 : Facteurs influençant la décision d'irrigation	9
Graphe 10 : Perception des producteurs sur les doses d'irrigation.....	11
Graphe 11 : Perception d'efficacité des producteurs sur leur irrigation à la rangée.....	11
Graphe 12 : Perception d'efficacité des producteurs à propos de leur irrigation à la cuvette	12
Graphe 13 : Perception d'efficacité des producteurs à propos de leur irrigation en goutte à goutte.....	12
Graphe 14 : Goutte à goutte : avantages perçus par les utilisateurs	12
Graphe 15 : Goutte à goutte : inconvénients perçus par les utilisateurs	13
Graphe 16 : Options d'amélioration pour économiser l'eau	13
Graphe 17 : Raisons de souhait d'adoption du goutte à goutte par les producteurs irriguant en submersion	14
Graphe 18 : Techniques d'économie d'eau pratiquées par les producteurs de dattes	14
Graphe 19 : Impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles.....	15
Graphe 20 : Solutions envisagées par les producteurs en cas de pénurie d'eau dans leur forage	15
Graphe 21 : Variation de la profondeur des forages et des niveaux piézométriques (en mètre)	16

Graphe 22 : Facteurs influençant la décision d'irrigation	17
Graphe 23 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte lors du premier mois de culture	18
Graphe 24 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte en milieu de cycle de culture	18
Graphe 25 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte en fin de cycle de culture ...	19
Graphe 26 : Niveaux d'efficacité du goutte à goutte estimés par les producteurs	20
Graphe 27 : Mesures supplémentaires d'efficacité de l'irrigation envisagées par les producteurs	20
Graphe 28 : Goutte à goutte : avantages perçus par les utilisateurs	21
Graphe 29 : Goutte à goutte : inconvénients perçus par les utilisateurs	21
Graphe 30 : Options d'amélioration pour économiser l'eau	21
Graphe 31 : Impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles.....	22
Graphe 32 : Solutions envisagées par les producteurs pour assurer la disponibilité d'eau pour le futur.	23
Graphe 33 : Type d'équipement d'irrigation Graphe 34 : Prix des équipements d'irrigation.....	24
Graphe 35 : Critères de décision d'irrigation retenus par les producteurs	26
Graphe 36 : Raisons des producteurs pour justifier leur durée et fréquence d'irrigation	29
Graphe 37 : Raisons évoquées par les producteurs en faveur du pivot artisanal	30
Graphe 38 : Raisons motivant les utilisateurs de pivot à adopter le goutte à goutte.....	30
Graphe 39 : Raisons évoquées par les utilisateurs réticents à adopter le goutte à goutte	31
Graphe 40 : Raisons évoquées par les producteurs en faveur du goutte à goutte	31
Graphe 41 : Avantages du goutte à goutte perçus par les utilisateurs par rapport au pivot.....	32
Graphe 42 : Inconvénients du goutte à goutte perçus par les utilisateurs par rapport au pivot	33
Graphe 43 : Perception des producteurs en matière d'impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles	33
Graphe 44 : Raisons de poursuites de la culture de pomme de terre malgré le rabattement des nappes souterraines	34
Graphe 45 : Solutions proposées par les producteurs pour assurer l'eau dans le futur.....	34

1 INTRODUCTION ET TERMES DE REFERENCES

L'étude environnementale de terrain des productions de dattes, piments et pomme de terre s'est déroulée entre mai et octobre 2021 dans différentes communes réparties dans les différentes zones de Biskra et d'El Oued. Les 83 enquêtes de terrain (25 pour les dattes, 25 pour les piments et 33 pour la pomme de terre) furent réalisées auprès des producteurs selon la méthode des moyens d'existence durable (MED, appelé aussi méthode Livelihood en anglais) adaptée au contexte de la production de dattes et de piments à Biskra et de la pomme de terre à El Oued.

Projet :	PASA Algérie
Composante :	Amélioration des filières agricoles « dattes », « piment » et « pomme de terre » à Biskra et à El Oued
Activités de la mission :	Processus 1 : Analyses et études <ul style="list-style-type: none">• 1.6 Réaliser une étude de conservation des variétés autochtones piment et datte• 1.7 Élaborer un diagnostic sur l'utilisation et la gestion des ressources en eau• 1.9a Etudier l'impact environnemental de l'application des pesticides• 1.9b Etudier l'impact environnemental de la fertilisation organique et minérale• 1.10 Etudier les techniques de la protection / réhabilitation des sols <u>Contribution :</u> Processus 4 : Appui à la planification des projets collaboratifs Processus 5 : Appui à la mise en œuvre des projets collaboratifs
Poste :	Expert international court-terme et experts nationaux court-terme
Mission :	Expert international : Encadrement, accompagnement, renforcement des capacités des experts nationaux courts termes pour la réalisation des études d'Analyses environnementales dans les Wilayas de Biskra et El Oued, contrôle qualité, analyse et rapportage. Experts nationaux : études de terrain et étude méso, saisie des données et participation à l'analyse et au rapportage des études terrain.
Date :	Prévision : du 18.03.2021 au 15.06.2022
Lieu :	Algérie / Wilaya de Biskra el El Oued

Expert international :

- Laurent Chazée

2 REPARTITION ET LIEU DES ENQUETES DE TERRAIN

Les études environnementales de terrain se sont déroulées entre mai et octobre 2021. Celle de la production de la datte auprès de 25 producteurs fut conduite 12 communes réparties dans deux zones de Biskra. Celle de la production de piment fut réalisée auprès de 25 producteurs dans 12 communes réparties dans trois zones de Biskra. L'étude de la production de pomme de terre s'est déroulée dans 12 communes réparties dans trois zones d'El Oued. Les 83 enquêtes de terrain furent réalisées selon la méthode des moyens d'existence durable adaptée au contexte de la production de piment à Biskra et comprenaient une série de questions relatives au thème de l'eau (Activité 1.7 des TdR).

Tableau 1 : Plan d'échantillonnage pour les enquêtes de terrain

Zones	Communes	Nombre d'enquêtes		
		Dattes	Piment	Pomme de terre
Biskra Ziban Ouest et centre	Bordj Ben Azouz	2		
	Ouled Djellal	3		
	Tolga	1		
	Oumèche	1	2	
	Bouchagroune	2		
	Lioua	2	3	
	Doucen	1	2	
	Foughala	2		
	Lichana	1		
	Sidi Khaled	1		
	El Ghrous	2	2	
	Chaiba		2	
	Ourlal		2	
Biskra Ziban Est	Sidi Okba	4	3	
	El Haouch	3		
	Ain Naga		2	
	Mziraa		3	
	Zeribet el Oued		4	
El Oued Zone nord	Reguiba			3
	Hassi Khalifa			3
	El Magran			1
	Tagzout			3
El Oued Zone sud	Oued Alalenda			3
	Robah			3
	Mih ouanssa			3
	El Ogla			3
	El Nekhla			3
El Oued Zone centre	Ouarnes			3
	Trefaoui			2
	Kouinine			3
Total	30 communes	25 enquêtes	25 enquêtes	33 enquêtes

3 BAROMETRE ENVIRONNEMENTAL

Baromètre de l'eau d'irrigation pour les trois chaînes de valeurs

Légende	Ressource	Impact	Réversibilité
	Rare	Très critique négatif	Non réversible
	Très faible	Critique	
	Faible	Moyen	
	Moyen	Pas d'impact	Réversibilité probable
	Elevée	Positif	Réversibilité
	Très élevée	Très positif	

Thèmes	Res- source	Impact environnemental		Réversibilité esti- mée
		Tendances	Pressions (pratiques)	
Palmier-dattier				
Masse d'eau souterraine (Phréatique, calcaire)			Irrigation par submer- sion Sur irrigation	
Qualité de l'eau				
Piment				
Masse d'eau souterraine (Phréatique, calcaire)				
Qualité de l'eau				
Pomme de terre				
Masse d'eau souterraine (Phréatique et Pontien)			Irrigation par pivot Sur irrigation	
Qualité de l'eau				
Trois chaînes de valeur				
Masse d'eau souterraine (Phréatique et Pontien)				
Qualité de l'eau				

Le baromètre environnemental est purement qualitatif en raison du manque de données quantifiées et scientifiquement vérifiées. Il est basé sur les perceptions des producteurs et autres acteurs de la filière ainsi que sur les observations de terrain et les données des études sur les trois filières, réalisées en 2020.

Globalement, au regard des ressources en eau renouvelable et non renouvelable, de la diminution des précipitations et du développement des surfaces irriguées de ces trois filières et donc de la pression d'irrigation, surtout depuis le début des années 2000, **les ressources en eau souterraines sont en forte baisse avec une non réversibilité naturelle des réserves d'eau**. En termes qualitatifs, nous n'avons pas d'études précises et régulières sur la zone d'étude mais les études nationales et internationales¹ dans des conditions comparables (climat, texture de sol, eau souterraine, fertilisation et traitements phytosanitaires) indiquent des pollutions et des bioaccumulations par lixiviation et ruissellement², en particulier en nitrates, phosphores et résidus de produits sanitaires composés de substances actives à fort potentiel de lessivage et persistance (plus de 300 jours de DL₅₀).

Ces risques de pollutions sont aujourd'hui considérés comme significatifs pour les raisons suivantes :

- 1) sur palmiers, si les traitements et fertilisations sont modérés, c'est une accumulation progressive sur le long terme associé au développement important de la surface de palmeraie et de la pratique de submersion qui jouent (nitrates et phosphores, et substances d'herbicides réguliers chez quelques producteurs);
- 2) sur piment, c'est le développement rapide de surface de plasticulture et la double culture saisonnière (dont intensive en arrière-saison depuis 2000) sur sol sableux et filtrant avec pratique d'excès d'irrigation en goutte à goutte, de pesticides variés et de nombreux traitements, et de fertilisation qui jouent (nitrates, phosphores et substances actives de pesticides à fort potentiel de lessivage surtout) ;

1 Voir rapport thématique sur les pesticides

2 Voir annexe bibliographique

- 3) sur pomme de terre, c'est le développement spectaculaire depuis le début des années 2000, la double culture dans certaines zones, l'excès d'irrigation par pivot et de matière organique sur sol souvent filtrant qui joue (nitrate, phosphore surtout).

Pour les **palmiers-dattiers**, l'effet de la surexploitation de l'**eau** et des effets des engrais et produits chimiques sur les ressources quantitatives et qualitatives en eau sont plus difficilement réversibles. Entre 2011 et 2021, on note que les forages sont plus profonds en moyenne de 9 mètres (forages sur creusés et nouveaux forages), passant d'une moyenne de 243 mètres à 252 mètres. Pendant la même période, le niveau piézométrique est passé de 72 mètres à 108 mètres, soit un rabattement moyen de nappe de 36 mètres. La nappe originelle calcaire pourrait se tarir à terme si elle est étanche par rapport aux nappes phréatique, alluviales et de l'Albien.

Tant que les nappes alluviale et phréatique servent de réceptacle des eaux agricoles pompées de la nappe calcaire et de l'Albien, elles devraient se maintenir artificiellement malgré le déficit hydrique de la pluviométrie. En absence d'analyse, ces nappes alluviales, phréatique et calcaire pourraient se-concentrer, ou continuer à se concentrer progressivement en sels et éventuellement en nitrates, phosphore et résidus des engrais chimiques et des pesticides jusqu'à devenir impropre aux usages agricoles. Cette concentration peut être lente et progressive mais elle est régulière et sur le long terme en raison du caractère pérenne du palmier-dattier, contrairement aux cultures annuelles de maraichage et de pomme de terre plus récentes et saisonnières. En l'absence d'étude et de suivi régulier, nous ne pouvons pas tirer de conclusion sur les tendances qualitatives de l'eau.

La culture traditionnelle du **piment** de plein champ en saison est ancienne dans la région des Ziban. Celle intensive d'arrière-saison sous serre date des années 1990, avec le développement de la plasticulture. C'est cette dernière méthode qui s'est fortement développée depuis ces deux dernières décennies, associée à des déplacements rapides de serres, l'introduction de variétés hybrides et de techniques nouvelles d'irrigation, de fertilisation et de traitements phytosanitaires. Les tendances actuelles indiquent que le défi à court-terme de la durabilité de la culture du piment est lié au coût/bénéfice de la culture, à l'intensification des aléas climatiques et à l'instabilité du marché. Dans le moyen-terme, la **question de l'eau**, de la qualité des sols et de l'accès aux nouvelles terres se posera pour la culture d'arrière-saison.

Avec un rabattement de nappe estimé à 33 mètres depuis cette dernière décennie, l'extraction de l'eau au-delà du seuil de renouvellement n'est pas éternelle. Les eaux fossiles dans des nappes plus profondes ont également leur limite dans le temps selon la pression d'extraction. L'eau sera à un certain moment le facteur limitant de la culture du piment, selon le niveau de solutions technologiques envisagées (pompage des nappes fossile, réutilisation des eaux usées, transfert d'eau en particulier).

Les réserves d'eau souterraine diminuent rapidement mais ne remettent pas encore en cause la production, en raison de la faible ancienneté de la plasticulture et l'adoption quasi-généralisée du goutte à goutte.

Si le sol, la couverture végétale et la biodiversité saharienne semblent pouvoir revenir à la normale sans survie d'espèces invasives après l'abandon des cultures, l'effet de la surexploitation de l'eau et des effets des engrais et produits chimiques sur les ressources quantitatives et qualitatives en eau sont plus difficilement réversibles. La nappe originelle calcaire pourrait se tarir à terme si elle est étanche par rapport aux nappes phréatique, alluviales et de l'Albien. Elles pourraient continuer à se concentrer progressivement en sels et éventuellement en nitrates, phosphore et résidus des engrais chimiques et des pesticides jusqu'à devenir impropre aux usages agricoles. Au regard des pratiques chroniques de sur-irrigation, de sur-fertilisation et de traitements phytosanitaires de 19 traitements par saison en moyenne sous serre, cette concentration est potentiellement rapide.

Pour la **pomme de terre**, les résultats indiquent que les pressions et les tendances négatives sur les ressources naturelles touchent en particulier les masses d'eau, le sol (surface, structure et équilibre écologique), l'écosystème naturel artificialisé et la couverture végétale totalement défrichée dans la zone de culture. Toutefois, seule la dégradation de l'eau est estimée comme non réversible dans les conditions d'El Oued.

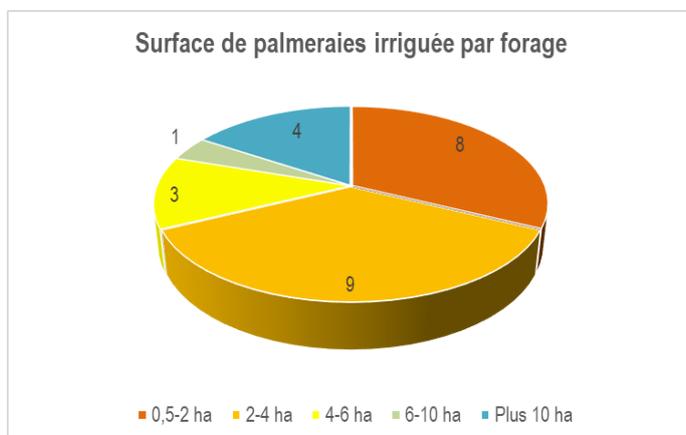
L'irrigation non standardisée et la sur-irrigation généralisée avec au moins un tiers de producteurs adoptant des pratiques sont très excessives, provoquant un rabattement des nappes utilisées quasi généralisé depuis cette dernière décennie. Ce comportement existe aussi bien en irrigation pivot (91% des surfaces irriguées) qu'en goutte à goutte (9%), même si le système goutte à goutte consomme moins d'eau. Les producteurs, maintenant pour la plupart une approche purement économique et spéculative de la culture de la pomme de terre, adoptent surtout des solutions technologiques à la descente du niveau piézométrique par forage profond, plutôt qu'une approche écologique d'économie d'eau. Ce choix est motivé par l'eau gratuite. En termes qualitatif, si la totalité des producteurs déclarent que l'eau n'est pas polluée, il n'existe pas de suivi scientifique pour le prouver. Si les producteurs estiment que le niveau de sel dans l'eau d'irrigation ne pose pas un gros problème, c'est aussi parce que la teneur en sel de l'eau est le critère clés de choix des parcelles. Ce résultat n'est donc peut-être, pas représentatif d'une tendance générale de l'ensemble des nappes utilisées. Si les producteurs voient l'avenir dans le goutte à goutte, ces intentions ne sont pour l'instant pas suivies d'effet. L'absence de conscience écologique constatée à tous les niveaux de réponse des producteurs indique que sans des décisions en matière de police

et tarification de l'eau et sans contrôle effectif, cette dégradation va se poursuivre tant que les forages le permettront. Certains évoquent déjà l'option de forer dans la nappe très profonde de l'Albien.

4 LE THEME ENVIRONNEMENTAL « EAU »

4.1 Le thème « eau » chez les producteurs de palmiers-dattiers

• Surface et système d'irrigation



Tous les producteurs irriguent par forage et une pompe.

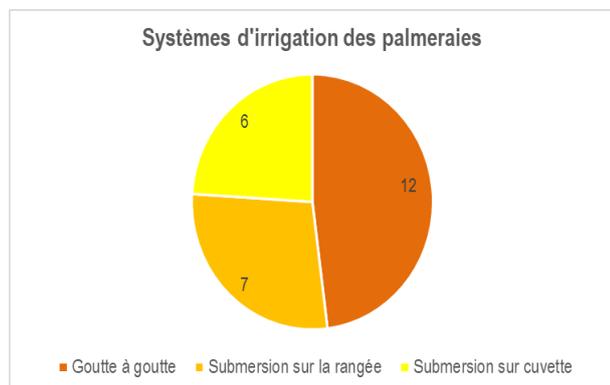
Chaque forage³ irrigue en moyenne 4,6 ha de palmeraie, variant de 0,5 ha à 25 ha selon les exploitations. Les producteurs sont pour la majorité des petits et moyens producteurs possédant entre 0,5 et 4 ha de palmiers (Graphe 1).

Grappe 1 : Surface de palmeraies irriguée par forage

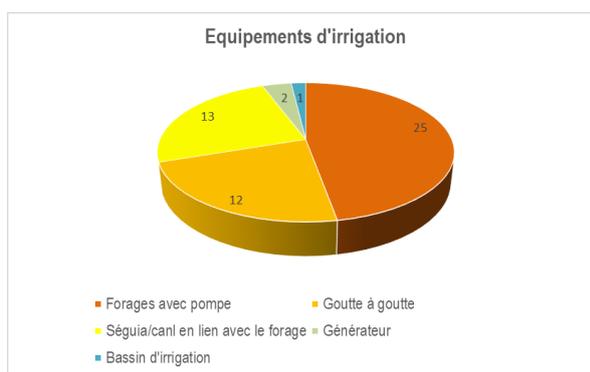
Près de la moitié des producteurs de notre échantillon a adopté le goutte à goutte, les autres irriguent en submersion à la rangée ou à la cuvette (Graphe 2). Ces critères de diversité d'irrigation étaient pris en compte dans notre échantillonnage.

Tous les producteurs irriguent par forage et une pompe, 12 ont installé un système de goutte à goutte alors que les autres irriguent par un canal/séguia à partir de leur forage individuel ou à partir d'un canal secondaire branché sur un canal primaire collectif. Trois producteurs se sont dotés de générateurs et un producteur a réalisé un bassin de stockage d'eau (Graphe 3). Aucun producteur n'utilise de pompage par l'énergie solaire.

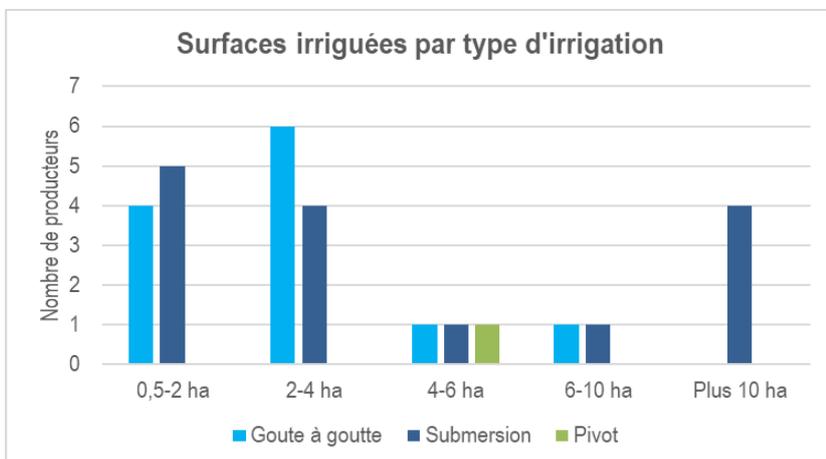
Grappe 2 : Systèmes d'irrigation des palmeraies



Grappe 3 : Equipements d'irrigation



La désagrégation des données indique que si les systèmes d'irrigation par goutte à goutte ou par submersion sont utilisés pour les petites et moyennes surfaces jusqu'à 10 hectares, seul le système par submersion à la rangée ou à la cuvette est utilisé pour les surfaces plus importantes (Graphe 4). Le seul système à pivot utilisé dans notre échantillon est consacré à l'irrigation des céréales.



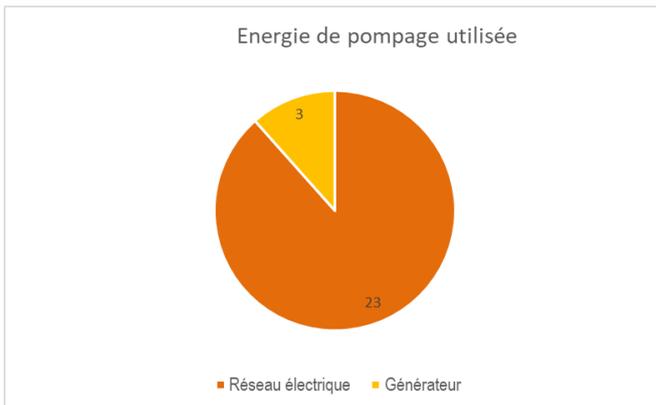
Grappe 4 : Surfaces irriguées par type d'irrigation

³ Pour les forages individuels, les débits estimés varient de 15 à 19 l/s, donc une moyenne de 17 l/s. Pour les pompages collectifs dans l'Albien, les débits sont estimés à 60-70 l/s.

Dans notre échantillon, on constate que dans certaines communes comme Ouled Djellal (Ziban Ouest) et El Haouch (Ziban Est), tous les producteurs enquêtés irriguent par submersion. A l'inverse, dans les communes Ouest de Lioua, Bouchafroune, Oumache, Foughala et Bordj Ben Azzouz, tous les producteurs enquêtés utilisent le goutte à goutte.

Les forages individuels avec pompe coûtent en moyenne 1 645 000 dinars, variant de 200 000 à 3 000 000 dinars selon la profondeur et le type de pompes. Les forages collectifs pompant dans la nappe de l'albien (Eau chaude) coutent entre 6 à 8,5 millions de dinars. Selon les zones, le coût du mètre linéaire foré varie de 8 000 à 12 000 dinars, alors que l'eau albienne captée à des profondeurs de 2000 m ou plus sont creusées par l'Etat.

La quasi-totalité des producteurs utilise l'énergie du réseau électrique pour le pompage de l'eau d'irrigation (Graphe 5). Deux producteurs irriguent des palmeraies à partir de groupes électrogènes et un producteur utilise les deux systèmes.

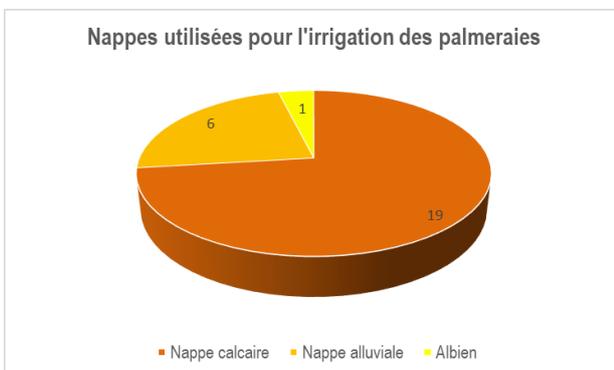


Grappe 5 : Energie de pompage utilisé

Les deux générateurs coûtent respectivement 200 000 dinars (petit générateur) et 1 200 000 dinars (gros générateur). Le système de goutte à goutte coûte en moyenne 190 000 dinars, variant de 50 000 à 300 000 dinars selon la surface à couvrir. A cela doit se rajouter le coût d'un bassin ou d'une bâche à eau d'où est branché le système de goutte à goutte.

• Nappes, profondeurs des forages et niveaux piézométriques

Près des trois quarts des producteurs utilisent la nappe profonde calcaire de l'éocène inférieure, environ un quart pompe dans la nappe alluviale peu profonde et un groupe de producteurs bénéficie d'un pompage collectif à partir de la nappe très profonde de l'albien (Graphe 6).

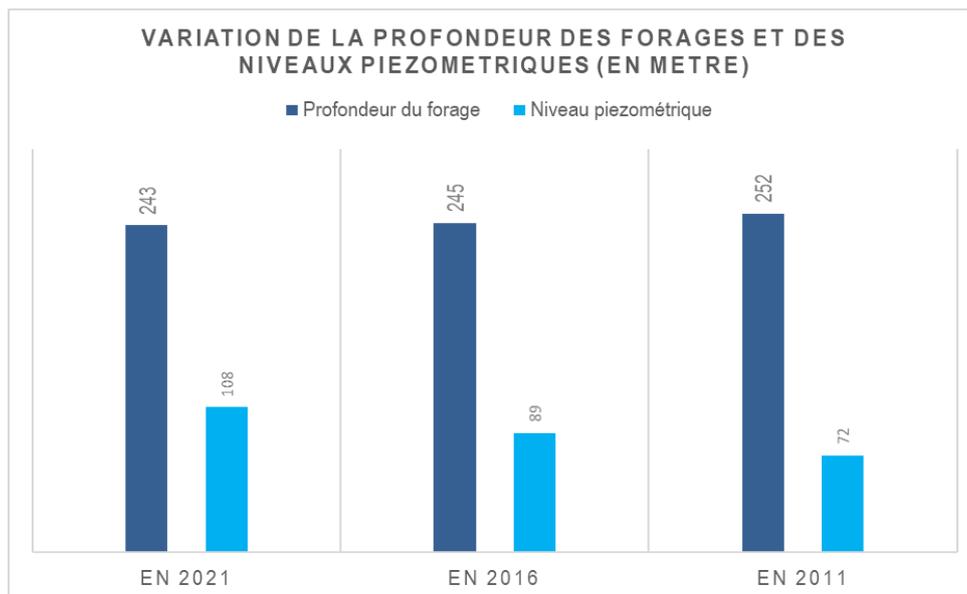


Grappe 6 : Nappes utilisées pour l'irrigation des palmeraies

Nous avons inscrit avec chaque producteur la profondeur des forages utilisés et le niveau piézométrique de la nappe pompée en trois périodes : 2021, 2016 et 2011, de manière à estimer de manière assez précise les variations du niveau d'eau. **Entre 2011 et 2021, on note que les forages sont plus profonds en moyenne de 9 mètres** (forages sur creusés et nouveaux forages), passant d'une moyenne de 243 mètres à 252 mètres. Pendant la même période, le niveau piézométrique est passé de 72 mètres à 108 mètres, soit un

rabattement moyen de nappe de 36 mètres (Graphe 7). La différence entre la variation de profondeur de forages et de niveau piézométrique indique que les forages disposent de moins de marge pour absorber les rabattements futurs, d'autant plus si les périodes de sécheresse se prolongent.

Graphe 7 : Variation de la profondeur des forages et des niveaux piézométriques (en mètre)



Aujourd'hui, la profondeur des forages varie de 30 à 300 mètres pour les nappes alluviales et calcaires. En 2011, les extrêmes étaient identiques. On note aujourd'hui, selon les zones, que le niveau piézométrique de la nappe alluviale fluctue de 23 à 56 mètres (10 à 55 mètres en 2011). Celui de la nappe calcaire fluctue entre 100 et 185 mètres (70 à 150 en 2011). Celui de l'albien est de 270 mètres en 2021.

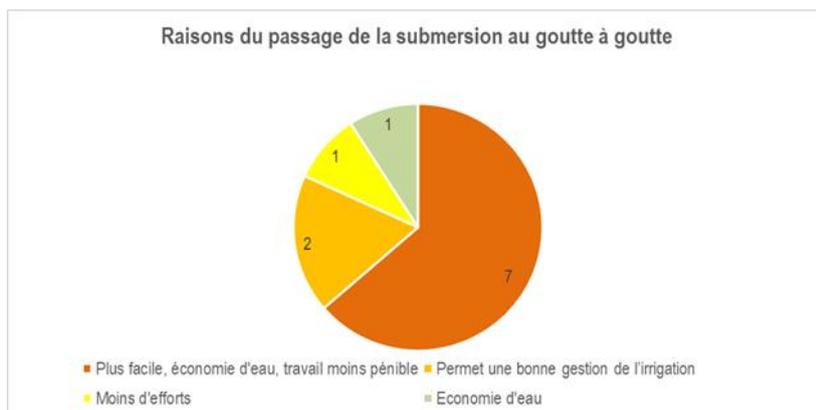
Avec une moyenne de 53 mètres de niveau piézométrique, les nappes de l'Est des Ziban sont bien moins profondes que celle de l'ouest des Ziban, dont la moyenne est de 127 mètres.

Les communes où la nappe alluviale est la moins profonde (entre 23 et 45 mètres) sont celles de El Ghrouss et Sidi Khaled à Ziban Ouest et El Haouch et Sidi Okba à Ziban Est. En ce qui concerne la nappe calcaire, ce sont dans les communes de Si Okba (Ziban Est) et de Bordj Ben Azouz, Oumache, Bouchagroune, Lioua, Doucen et El Ghrouss que le niveau piézométrique est le plus haut (100 à 120 mètres de profondeur).

Si l'on compare les variations piézométriques depuis ces dernières années entre les producteurs, c'est à Tolga que l'on enregistre la plus forte chute (140 mètres). Les chutes sont également au-dessus de la moyenne à Bouchagroune et Foughala (environ 50 mètres). En revanche, la variation de niveau ne dépasse pas 10 mètres chez les producteurs de Oumache et de Lioua. A Ziban Est, les variations de niveau piézométrique de la nappe alluviale et du calcaire varient de 10 à 30 mètres selon les zones. Cette différence de variabilité est en grande partie expliquée par les niveaux différents d'exploitation et de surexploitation des nappes, en particulier de la nappe calcaire.

• Gestion de l'irrigation

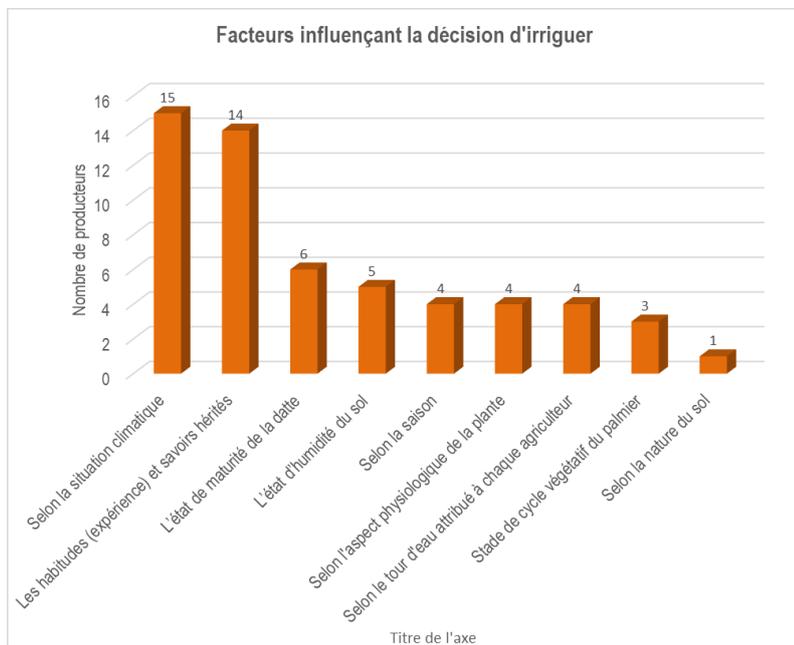
Dans notre échantillon, environ la moitié gère l'irrigation en goutte à goutte et l'autre moitié en submersion rangée ou cuvette. Les pratiques d'irrigation changent car un tiers des producteurs est passé de l'irrigation par submersion au goutte à goutte depuis ces cinq dernières années. Globalement, les deux raisons qui les ont fait changer de pratique sont l'économie d'effort et d'eau par rapport au système en submersion. Deux des huit producteurs ayant changé de pratique indiquent aussi un meilleur contrôle de la gestion de l'irrigation (Graphe 8).



Graphe 8 : Raisons du passage de la submersion au goutte à goutte

- **Critères régissant les décisions de gestion de l'irrigation chez les producteurs de dattes**

Aucun producteur n'a bénéficié de cours formels sur l'irrigation, les pratiques sont transmises entre générations et échangées avec les voisins. Aucun producteur n'a de conseiller en irrigation mais certains reçoivent les conseils de leur fils agronome. Seuls 4 producteurs déclarent connaître parfaitement les besoins en irrigation du palmier dattier, 19 affirment qu'ils le savent de manière générale et 4 indiquent qu'ils ne savent pas vraiment. **Clairement, ce résultat indique un besoin de vulgarisation à ce sujet.**



En conséquence, les producteurs se basent sur leurs expériences, habitudes et observations pour leur décision d'irrigation. En moyenne, les producteurs se basent sur plus de deux critères clés pour leur décision, en particulier la situation climatique et leurs habitudes et savoirs hérités (Graphe 9).

Graphe 9 : Facteurs influençant la décision d'irrigation

Certains se basent également sur le niveau de maturité des dattes, l'humidité du sol, la saison, l'aspect physiologique de la plante, le cycle végétatif du palmier et la nature du sol. D'autres n'ont pas le choix car attendent les tours d'eau d'un forage collectif.

- **Durées et fréquences d'irrigation par submersion et par goutte à goutte lors du cycle du palmier dattier**

Pour l'irrigation en submersion, les producteurs distinguent surtout deux périodes climatiques, la saison chaude (fin de printemps - été) et la saison fraîche (hiver de décembre à mars). En réalité, les ajustements d'irrigation intermédiaires existent selon les autres critères d'irrigation indiqués au-dessus. Pour l'irrigation en goutte à goutte, les producteurs distinguent aussi les deux saisons mais certains distinguent aussi des stades précis du cycle du palmier dattier ; la pollinisation, le stade « bleh » et le stade récolte (Tableau 2).

On constate que pour l'irrigation par submersion et par goutte à goutte, il n'existe pas de mode d'irrigation standardisé, reflet de la diversité des traditions, des habitudes et des critères spécifiques de décision d'irrigation de chaque producteur. L'irrigation par submersion ou par goutte à goutte se passe par gravité à partir de bassins ou de bêche à eau surélevés par rapport aux palmiers.

Tableau 2 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte

Irrigation par submersion cuvette et rangée	Nombre de producteurs	Irrigation par goutte à goutte	Nombre de producteurs
Nombre total de producteurs	13	Nombre total de producteurs	11
Pratique en été		Pratique en été	
48h / 7 jours	2	5h pendant 4 jours, tous les 10 jours du mois	1
Tour d'eau chaque 15 jours	2	20 minute /palmier/7jours	1
Chaque mois/12h d'irrigation	1	10h/15jours	1
2 jours/semaine 15h d'irrigation	1	18 h/14 j	1
12h sur 15 jours	1	5-6 h tous les 15 jours	1
Chaque 5 ou 7 jours	1	12h/25 jours	1
Chaque 15 jours, 4 à 5 h/15 palmiers	1	Chaque 8 jours	1

Irrigation par submersion cuvette et rangée	Nombre de producteurs	Irrigation par goutte à goutte	Nombre de producteurs
Tour d'eau chaque 10j/mois	1		
Chaque 7 à 10 jours	1		
Pratique en hiver		Pratique en hiver	
Chaque 10 jours	1	16h/28Jours	1
Chaque 30 jours, 4 à 5 h/15 palmiers	1	10h/15jours	1
15 min/palmier chaque 20 jours	1	Chaque 15 jours	1
2 jours/mois : 15h d'irrigation	1	Chaque 5h pendant 4 jours/25 j	1
48h/15 jours	1	5-6 h tous les 15 jours	1
8h/ 15 jours	1	12h tous les 15 jours	1
Tour d'eau de 15j/mois	2	chaque 8 jours	1
Tour d'irrigation chaque 20jours	1		
Chaque 7 à 10 jours	1		
		Selon stade du cycle	
		Pendant la pollinisation 5h/15jours.	2
		Dans le stade bleh 5h/15jours.	1
		Durant la récolte : arrêt total	1
		Chaque 14 jour, 30 mn par palmier. Au stade Bleh, arrêt de l'irrigation pour la maturation de la datte	1

En submersion et en été, les fréquences d'irrigation varient d'une à deux semaines et les durées de 4 à 48 heures selon la taille des exploitations et les habitudes des producteurs. En hiver, les fréquences varient de 7 à 30 jours et les durées d'irrigation de 4 heures à 48 heures. Sur un échantillon de 5 producteurs en submersion ayant donné des données relativement précises de fréquence et de durée d'irrigation, on obtient pour une palmeraie moyenne de 5 ha une moyenne de 73 heures d'irrigation par forage et par mois en saison chaude (avril-septembre) et de 30 heures par mois en saison fraîche (décembre – mars).

En goutte à goutte et en été, les fréquences varient de 1 à 25 jours et les durées de 4 à 18 heures selon la taille des exploitations et les habitudes des producteurs. En hiver, les fréquences varient de 8 à 28 jours et les durées de 5 à 16 heures. Sur un échantillon de 5 producteurs en goutte à goutte ayant donné des données relativement précises de fréquence et de durée d'irrigation, on obtient une moyenne de 30 heures d'irrigation par forage et par mois en été et de 19 heures par mois en saison fraîche.

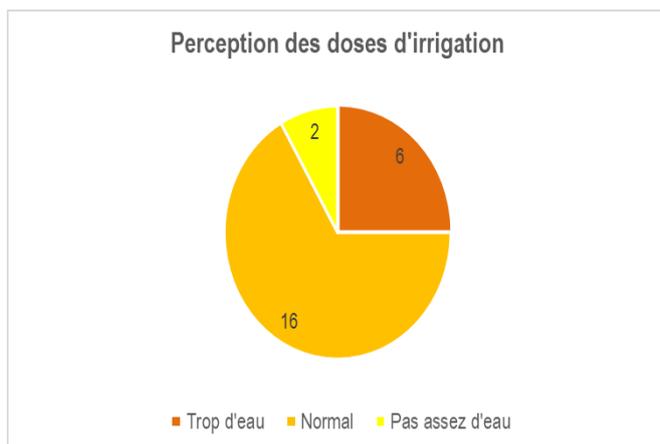
Les résultats, même s'ils demeurent imprécis, indiquent globalement un temps d'irrigation deux fois moindre en goutte à goutte qu'en submersion.

Si l'on s'en tient au fait que le débit moyen sortie bassin ou bêche à eau est de 3,6 litres par seconde (13 m³/heure en moyenne) et une irrigation moyenne annuelle de 485 heures⁴ moyen/an en submersion, on obtient 6 305 m³ d'irrigation moyen par exploitation. **Revenu au palmier⁵, cela fait une moyenne de 12,8 m³/an et par palmier.** Pour le goutte à goutte, avec une moyenne de 225 heures d'irrigation à partir des bassins et bêches à eau, on obtient une moyenne⁶ de 2 925 m³ d'irrigation. **Revenu au palmier, cela fait une moyenne de 6,8 m³/an et par palmier, c'est-à-dire environ 45% de moins que le système en submersion.**

4 Calcul en prenant 5 mois de mois chauds et 4 mois de mois frais, la période du 15 septembre au 15 décembre (3 mois) n'ayant pas d'irrigation.

5 Les 13 producteurs adoptant la submersion totalisent 6405 palmiers.

6 Les 12 producteurs ayant adapté le goutte à goutte totalisent 4071 palmiers.



Graphe 10 : Perception des producteurs sur les doses d'irrigation

Les producteurs irrigant en submersion ont tendance à dire qu'ils irriguent trop ou de manière normale leurs palmiers alors que ceux en goutte à goutte déclarent irriguer de manière normale selon les besoins des palmiers (Graphe 17). Deux producteurs indiquent un déficit d'irrigation, soit en raison du faible débit du forage, soit que les tours d'eau collectifs sont jugés insuffisants.

Ceux irrigant en submersion et déclarant une surdose d'irrigation justifient la sur-irrigation en indiquant qu'ils n'ont pas de système de goutte à goutte ou que l'irrigation en submersion induit une sur-irrigation.

En effet, le gaspillage en système en submersion est bien connu, entre les pertes et les infiltrations dans les canaux et le besoin d'attendre que l'eau atteigne le dernier palmier pour décider d'arrêter le forage, induisant une sur-irrigation de tous les premiers palmiers. Toutefois, la moitié des producteurs en submersion indique que leur dose d'irrigation est normale.

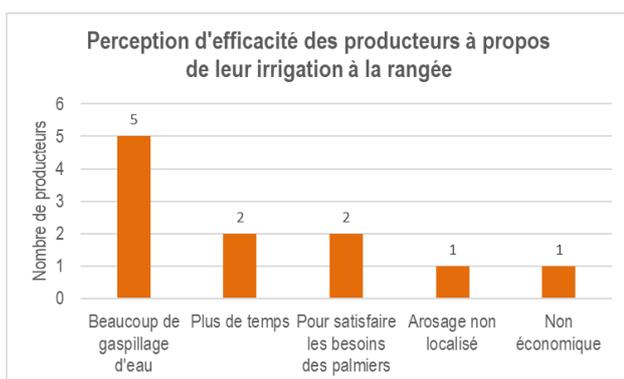
En conclusion, l'irrigation par goutte à goutte demande en moyenne deux fois moins d'eau qu'en système de submersion et la moitié des producteurs irrigant en submersion admettent qu'ils gaspillent l'eau.

• **Efficacité des systèmes d'irrigation et techniques d'économie d'eau**

Tous les producteurs irrigant en goutte à goutte indiquent que leur système d'irrigation est efficace. En revanche, plus des deux tiers (9 sur 13) de ceux qui irriguent en submersion affirment que leur système n'est pas efficace. Ce résultat confirme leur perception de gaspillage d'eau indiqué plus haut.

Le système d'irrigation à la rangée

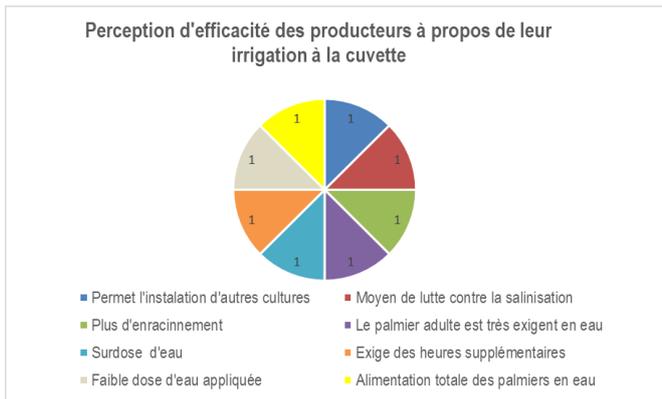
Près des trois quarts des producteurs irriguant à la rangée lie l'inefficacité du système au fort gaspillage d'eau qu'il provoque (Graphe 11). D'autres indiquent que l'irrigation à la rangée prend plus de temps que le goutte à goutte, moins localisé par rapport aux palmiers et non économique. D'autres pensent toutefois que ce système est efficace car l'eau correspond aux besoins du palmier.



Graphe 11 : Perception d'efficacité des producteurs sur leur irrigation à la rangée

Le système d'irrigation à la cuvette

Sur les six producteurs irrigant à la cuvette, un seul producteur admet spontanément le fait que cette technique gaspille de l'eau. Chacun des autres ne remet pas en cause son efficacité et donne une justification différente (Graphe 12).

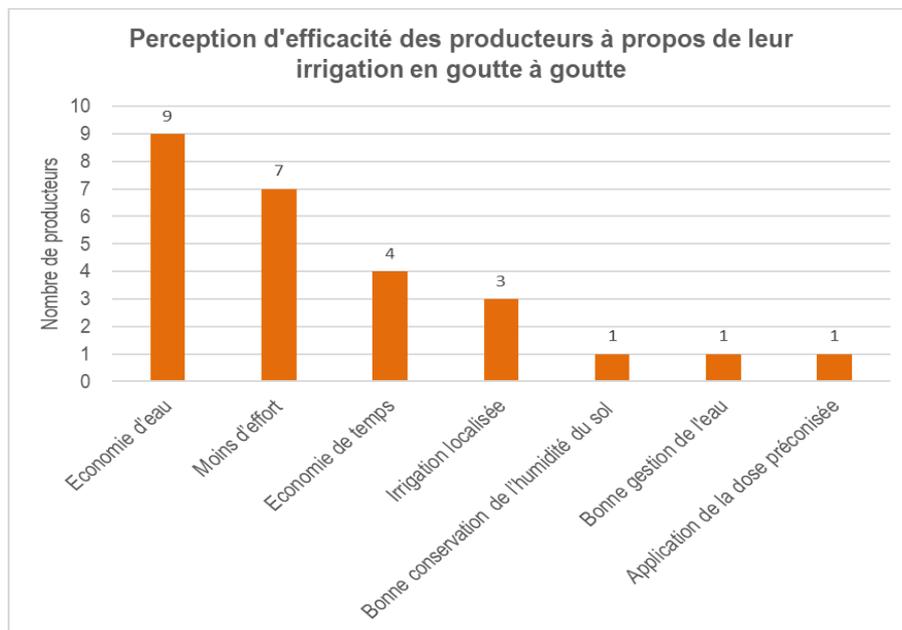


Graphe 12 : Perception d'efficacité des producteurs à propos de leur irrigation à la cuvette

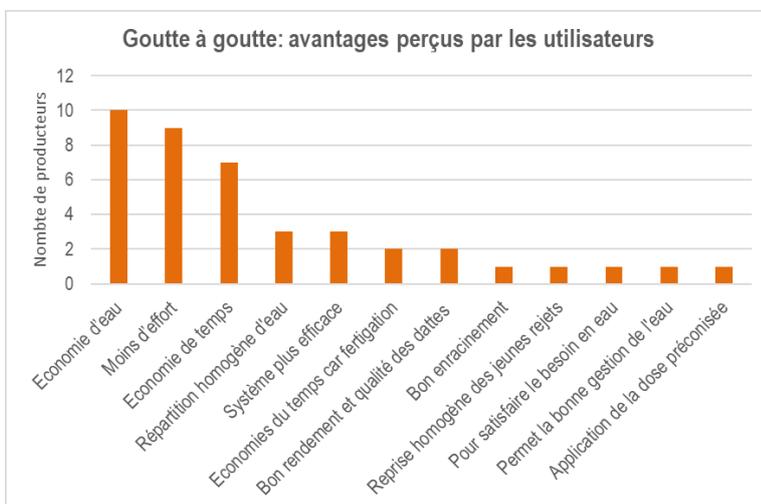
Irrigation en goutte à goutte

Tous les producteurs de goutte à goutte sont satisfaits de l'efficacité de leur système d'irrigation. Si les trois quarts de ces producteurs évoquent l'économie d'eau comme efficacité majeure (Graphe 13), plus de la moitié indique aussi la moindre pénibilité par rapport à la submersion. Un tiers traduit cette moindre pénibilité en économie de temps.

Graphe 13 : Perception d'efficacité des producteurs à propos de leur irrigation en goutte à goutte

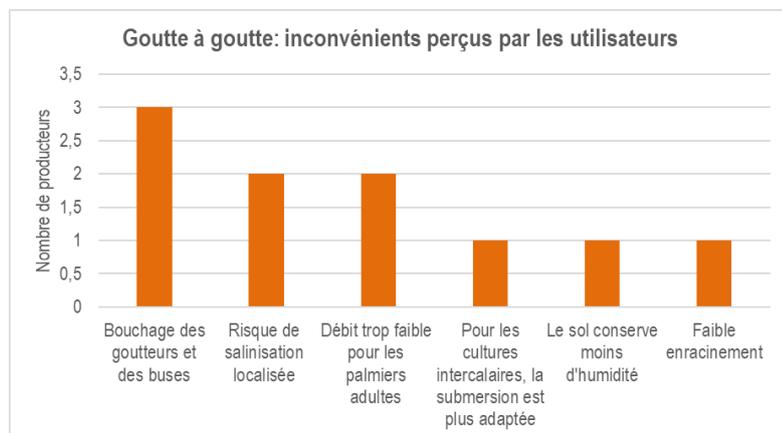


De manière plus globale, si l'on demande aux 12 utilisateurs de goutte à goutte les avantages qu'ils perçoivent par rapport à l'irrigation par submersion, ils mentionnent 12 types d'avantages et une moyenne de 3,5 avantages chacun (Graphe 14). L'économie d'eau et de temps ainsi que la moindre pénibilité sont des avantages confirmés. La répartition homogène de l'eau, la possibilité de fertigation, la reprise homogène des rejets, le bon rendement, la qualité des dattes et le bon enracinement sont d'autres avantages perçus par ces producteurs.



Graphe 14 : Goutte à goutte : avantages perçus par les utilisateurs

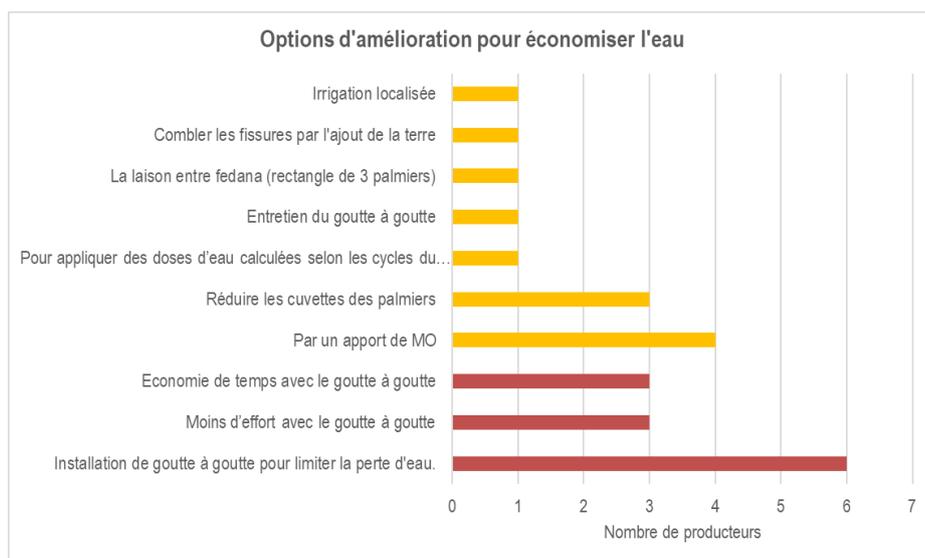
A l'inverse, si l'on demande aux utilisateurs de goutte à goutte les inconvénients perçus de ce système, 5 producteurs n'en voient aucun et les 7 autres n'en mentionnent que 1,5 chacun en moyenne (Grappe 15). Le bouchage des goutteurs, le risque de salinisation localisée et le débit trop faible pour les palmiers adultes sont mentionnés par au moins deux producteurs.



Grappe 15 : Goutte à goutte : inconvénients perçus par les utilisateurs

Options des producteurs pour améliorer l'économie de l'eau

A la question de savoir si les producteurs ont des options pour économiser l'eau en lien avec leur système d'irrigation, ceux qui utilisent le système par submersion indiquent l'installation de goutte à goutte pour trois raisons : limiter la perte d'eau, réduire la pénibilité et le temps consacré à l'irrigation (Grappe 16). Quatre producteurs adoptent l'apport de matière organique qui permet de mieux retenir l'eau en terre et ainsi d'économiser l'eau.



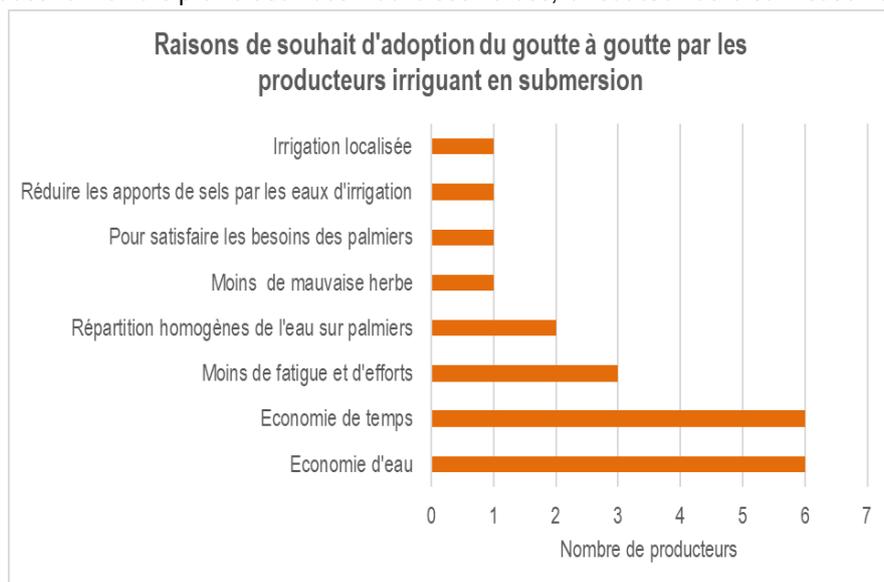
Grappe 16 : Options d'amélioration pour économiser l'eau

Certains qui irriguent en cuvette optent pour la réduction de la surface de cuvette pour réduire le volume d'irrigation autour du tronc. Ces résultats confirment ceux précédents : **les principaux avantages du goutte à goutte perçus par les producteurs, quel que soit leur système actuel d'irrigation, sont triples : économie d'eau et de temps et réduction de la pénibilité du travail.**

duction de la pénibilité du travail.

D'ailleurs, 11 producteurs parmi les 13 irrigant par submersion sont convaincus de passer au goutte à goutte pour les trois avantages indiqués plus haut, ainsi que pour répartir de manière plus homogène l'eau aux palmiers. Certains indiquent aussi la moindre prolifération des mauvaises herbes, la réduction de la salinisation du sol par l'irrigation au goutte à goutte

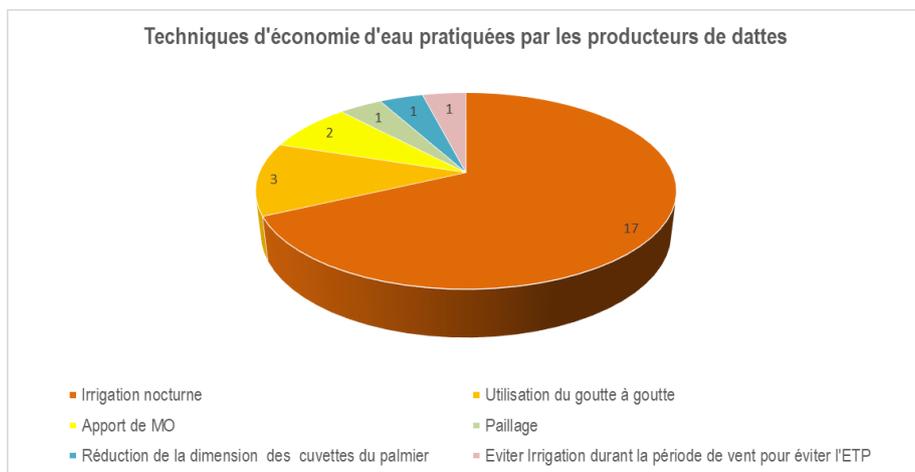
et l'adéquation entre l'irrigation et les besoins du palmier (Graphe 17).



Graphe 17 : Raisons de souhait d'adoption du goutte à goutte par les producteurs irriguant en submersion

Les deux producteurs de Ziban Ouest irriguant en submersion à la rangée et réticents à passer au goutte à goutte indiquent que le palmier a besoin de beaucoup d'eau et que le goutte à goutte ne suffit pas.

A la question de savoir si les producteurs pratiquent d'autres techniques pour économiser l'eau, plus des deux tiers irriguent pendant la nuit, surtout pendant les mois chauds de juin-août. En dehors du goutte à goutte et l'apport de matière organique mentionné plus haut et de l'irrigation nocturne, les producteurs n'ont pas vraiment mis en œuvre d'autres techniques, ou de manière isolée : paillage, réduction de la taille des cuvettes, pas d'irrigation le jour de vent (Graphe 18).



Graphe 18 : Techniques d'économie d'eau pratiquées par les producteurs de dattes

• Drainage

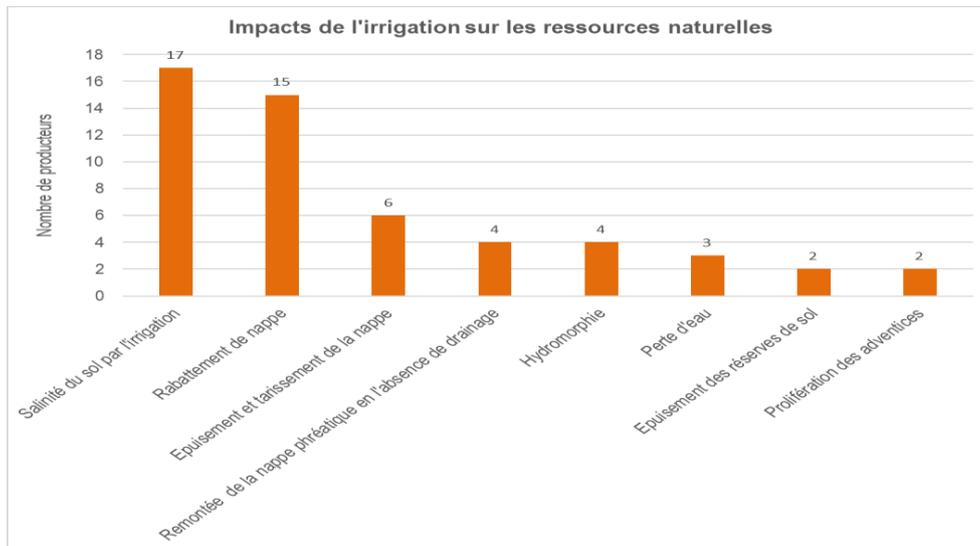
Sur les 25 producteurs, uniquement 5 dans la zone de Ziban Ouest disposent d'un drainage qu'ils jugent efficaces dans les communes de Lioua, Bouchagroune et Bordj Ben Azzouz. Chez le producteur de la commune de Bord Ben Azzouz, on note un drain collectif de 4 mètres de largeur et de 2 km de longueur. Au niveau des producteurs de Bouchagroune, on observe un réseau de drainage installé tout autour de la palmeraie avec une profondeur de 2 m et une largeur de 0,8 mètre. Chez le producteur de Lioua, un large canal de drainage bétonné s'étend sur une dizaine de km pour se déverser dans l'oued Djedi comme collecteur principal. Ce drain traverse les palmeraies de 3 communes, Foughala, Bordj ben Azzouz et Lioua, avec une profondeur est de 2m et une largeur est de 4 mètres.

Les cinq producteurs concernés sont satisfaits du drainage qui demande un entretien régulier mais qui évite, selon les cas, l'hydromorphie, l'accumulation de sel ou les retards de croissance du palmier. Les autres producteurs en dehors de deux ne manifestent pas l'utilité d'en créer un dans leur palmeraie, malgré que certains constatent des accumulations de sel en surface liées aux irrigations successives d'eau à plus de 3 gr/litre de sel.

• **Perception des producteurs en matière d'impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles**

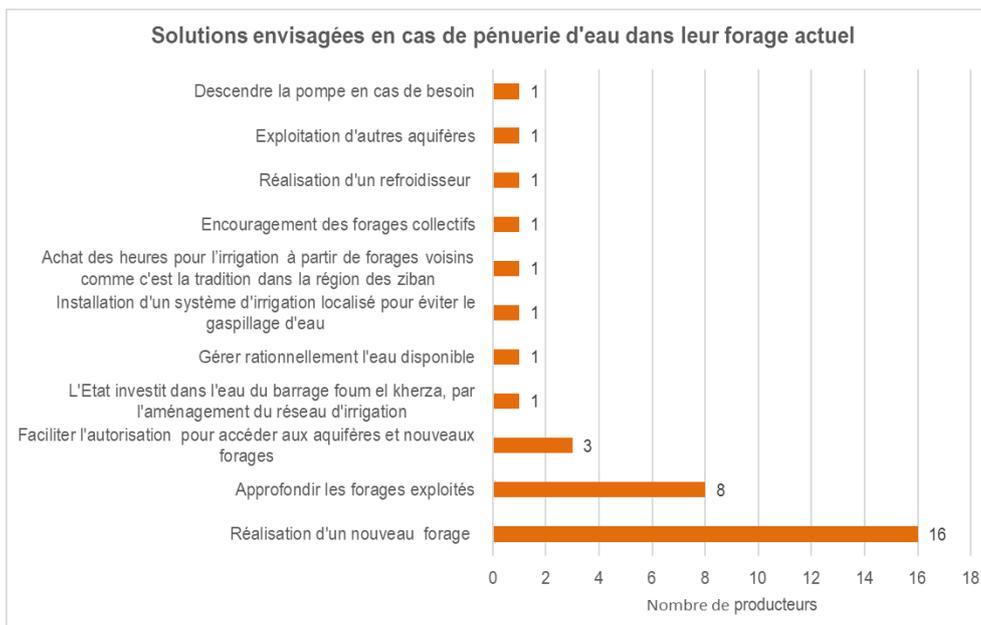
Pour la majorité des producteurs, c'est l'accumulation de sel apporté par l'eau d'irrigation qui est le principal impact sur le sol, ou facteur de dégradation. Le rabattement de la nappe est également évoqué par 60% des producteurs, c'est-à-dire une diminution des réserves d'eau souterraine (Graphe 19).

Grappe 19 : Impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles



Malgré ce rabattement de nappe généralisé sur Ziban Ouest, un seul producteur à Bordj Ben Azouz n'est pas sûr de continuer si la nappe continuait à baisser. Les autres (86%) font confiance à la technologie des forages pour accéder à l'eau plus profonde (Graphe 20). Seuls deux producteurs voient la solution par une gestion rationnelle de l'irrigation. Ces résultats confirment la stratégie avant tout économique des phoeniciculteurs, dans laquelle les ressources naturelles sont considérées un support à cette stratégie.

Grappe 20 : Solutions envisagées par les producteurs en cas de pénurie d'eau dans leur forage



Certains producteurs sont même affectés par un épuisement de la réserve d'eau dans leur forage. A l'inverse, certains producteurs sont affectés par la remontée de la nappe phréatique dans les zones où celle-ci devient le réceptacle du pompage des eaux plus profondes de la nappe calcaire. En conséquence, cette remontée provoque des hydromorphies là où il n'existe pas de drainage. Toutefois, c'est justement dans les zones impactées par ces phénomènes que des drains ont été réalisés dans les communes de Bordj Ben Azzouz, Lioua et Bouchagroune. Toutefois, d'autres zones sans drainage hors de notre échantillon sont affectées par la remontée d'eau.

Aucun producteur n'a évoqué spontanément le problème de pollution liée à l'irrigation des palmiers dattiers. 96% d'entre eux déclarent également qu'à leur avis, les nappes d'eau ne sont pas polluées. Seul 1 producteur estime que la nappe pourrait être polluée par l'excès de soufre. Ce constat est rapporté à Ouled Djellal, seul producteur de notre échantillon qui irrigue à partir de la nappe très profonde de l'Albien. Ce phénomène existe sur d'autres palmeraies de Biskra irriguées par cette nappe et l'excès de soufre accumulé à la surface a fini par détruire des palmeraies (PADSEL-NEA, 2008). Des situations similaires pourraient devenir une vraie menace pour la qualité de la datte et des sols.

Il n'existe pas de données récentes disponibles sur la qualité des eaux souterraines au niveau des palmeraies, en dehors des teneurs en sels. Nous verrons plus loin les risques possibles de pollution en fonction des usages de matière organique, d'engrais minéraux et de pesticides.

Les données indiquent globalement que ce sont les sols de l'ouest des Ziban qui sont les plus sableux et filtrants et donc favorables à la lixiviation des sels, minéraux et résidus de pesticides. Ces phénomènes sont accentués avec l'irrigation en submersion et peuvent donc théoriquement polluer les nappes, surtout la nappe phréatique.

Avec les taux de sels entre 2 et 4 gr par litre, l'irrigation finit par accumuler le sel, d'autant plus qu'il n'existe pas de système de drainage. Le cas s'aggrave dans les zones avec des remontées de nappe phréatique riche en sel.

4.2 Le thème « eau » chez les producteurs de piments

• Surfaces et systèmes d'irrigation chez les producteurs de piments

Tous les producteurs irriguent par forage et une pompe et achemine l'eau gravitaire par des tuyaux d'écoulement pour irriguer en goutte à goutte à partir d'un bassin en béton même si certains ont des bassins en géo membrane. L'énergie est uniquement électrique par branchement au réseau national.

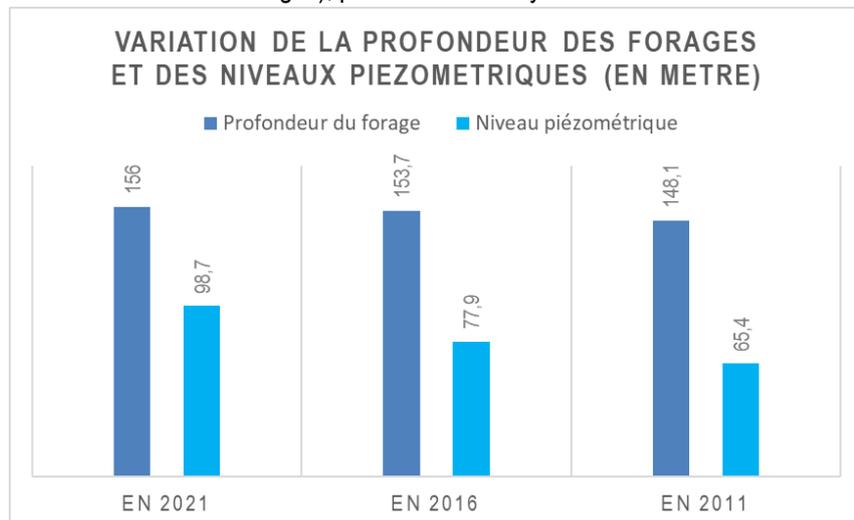
Chaque forage irrigue en goutte à goutte le nombre de serres ou la surface exploitées par chaque producteur maraicher. Les surfaces minimums par forage en serre ou en plein champs sont de 400 m², les surfaces maximum de 55 serres ou 10 ha (serres et plein champ). En moyenne, on compte 19 serres tunnel par forage, soit une surface de 7 600 m² ou 0,76 ha.

En 2021, chaque forage équipé de pompe coûte entre 1 000 000 et 2 000 000 DA, la moyenne pour notre échantillon étant de 1 490 000 DA. Le mètre linéaire foré coûte 11 000 DA en moyenne. Le prix du système de goutte à goutte varie en fonction de la surface des serres, en moyenne, il est revenu à 80 000 DA par producteur. Les serres tunnel coutent selon le modèle et la qualité entre 200 000 et 400 000 DA.

• Nappes, profondeurs des forages et niveaux piézométriques

Plus des trois quarts des producteurs utilisent la nappe profonde calcaire du Pontien et deux producteurs uniquement utilisent la nappe phréatique.

Nous avons inscrit avec chaque producteur la profondeur des forages utilisés et le niveau piézométrique de la nappe pompée en trois périodes : 2021, 2016 et 2011, de manière à estimer de manière assez précise les variations des réserves d'eau souterraines. Entre 2011 et 2021, on note que les forages sont plus profonds en moyenne de 8 mètres (forages sur creusés et nouveaux forages), passant d'une moyenne de 148 mètres à 156 mètres. Pendant la même période, le niveau piézométrique est passé de 65,4 mètres à 98,7 mètres, soit un rabattement moyen de nappe de 33,3 mètres (Graphe 21).



Graphe 21 : Variation de la profondeur des forages et des niveaux piézométriques (en mètre)

La différence entre la variation de profondeur de puits et de niveau piézométrique indique que les forages disposent de moins de marge pour absorber les rabattements futurs.

En 2021, la profondeur des forages varie de 60 – 66 mètres (certaines zones d'Oumèche, Ourlal et Zeribet el Oued) à 250 -260 mètres de profondeur (certaines zones de Laghrous, Sidi Okba, Chaiba et Ourlal) pour la nappe alluviale et la nappe du Pontien. En 2011, les extrêmes étaient identiques. On note aujourd'hui, selon les zones, que le niveau piézométrique de la nappe alluviale fluctue de 34 à 60 mètres (15 à 55 mètres en 2011). Celui du Pontien fluctue entre 80 et 200 mètres (60 à 120 en 2011).

Avec une moyenne de 110 mètres de profondeur à Ziban centre, les forages sont moins profonds qu'à Ziban Ouest (170 mètres) et Ziban Est (178 mètres). Les niveaux piézométriques de Ziban centre sont également moins profonds (68 mètres) que celle de l'ouest des Ziban Ouest (72,5 mètres) et de Ziban Est (110 mètres). Ainsi, en moyenne, il reste 32 mètres linéaire de réserve d'eau dans les forages de la zone centre, 97 mètres sur la zone ouest et 68 mètres sur la zone Est.

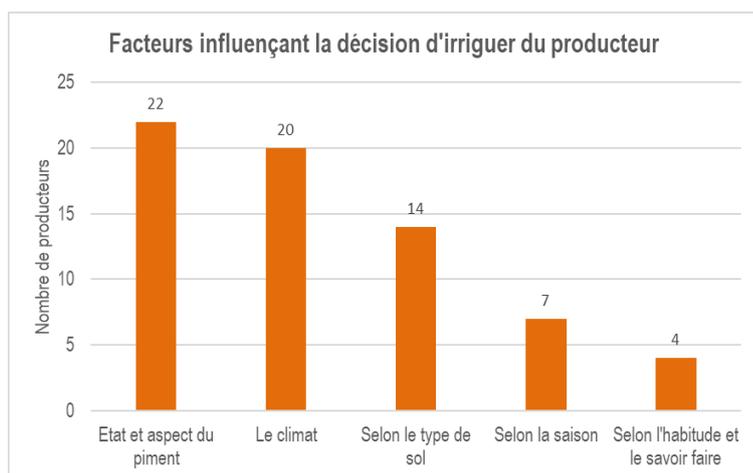
Les communes où la nappe alluviale est la moins profonde (entre 34 et 45 mètres) sont celles de Zeribet el Oued à Ziban Est et à Oumèche à Ziban Centre. En ce qui concerne la nappe calcaire du Pontien, c'est dans la commune de Zeribet El Oued que le niveau piézométrique est le plus bas (175 à 185 mètres de profondeur).

Si l'on compare les variations piézométriques de la nappe phréatique depuis ces 10 dernières années entre les producteurs, cette nappe varie assez peu à Zeribet et Oued et certaines zones d'Oumèche et de Lioua (variation de 0 à 20 mètres). Pour la zone calcaire, les plus faibles variations sont enregistrées dans certaines zones de Daoucen, Mzira et Zeribet El Oued (0 à 30 mètres) alors que d'autres zones enregistrent de fortes variations de 50 à 85 mètres à Ourlal, Zeribet El Oued, Daoucen et Laghrouss. On note donc des fortes variations à l'intérieur même de la même commune.

• Gestion de l'irrigation

Dans notre échantillon, tous les producteurs irriguent en goutte à goutte et le système de submersion qui existait encore dans les années 2010 a presque entièrement disparu. Les 7 derniers producteurs (28% de l'échantillon) l'ont adopté depuis les cinq dernières années (2016-2021), lorsqu'ils se sont lancés dans la plasticulture. Parmi ces 7 producteurs, 3 ont adopté un goutte à goutte à économie d'eau. Les raisons principales de l'adoption du goutte à goutte sont le moindre besoin de force de travail pour irriguer, l'économie d'eau et la moindre propagation d'adventices, synonyme également de moindre activité de désherbage manuel ou chimique.

Critères régissant les décisions de gestion de l'irrigation chez les producteurs de piments



Aucun producteur n'a bénéficié de formation en irrigation mais 20% d'entre-eux ont recours au conseil d'un grainetier ou d'une personne de leur famille agronome.

Seuls 5 producteurs (20%) déclarent connaître parfaitement les besoins en irrigation du piment, la majorité affirme qu'ils le savent de manière générale.

Graphe 22 : Facteurs influençant la décision d'irrigation

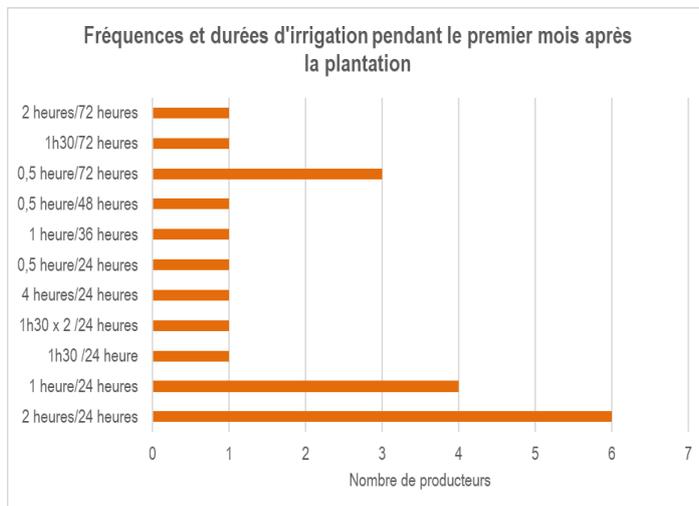
En conséquence, les producteurs se basent surtout sur l'aspect de la plante, le climat et le type de sol pour leur décision d'irrigation. En moyenne, les producteurs se basent sur 2,7 critères clés pour leur décision (Graphe 22). Certains se basent également sur l'habitude et le savoir-faire.

Ces critères basés sur l'observation et l'expérience sont pragmatiques et adaptés à chaque situation, mais elles suggèrent une tendance à la sur-irrigation. En effet, l'état et l'aspect de la plante en plasticulture n'est pas toujours lié à son besoin en eau, mais à la gestion de la serre (température, hygrométrie, pression de vapeur, aération, rayonnement direct, etc.).

Durées et fréquences d'irrigation par goutte à goutte lors du cycle du piment

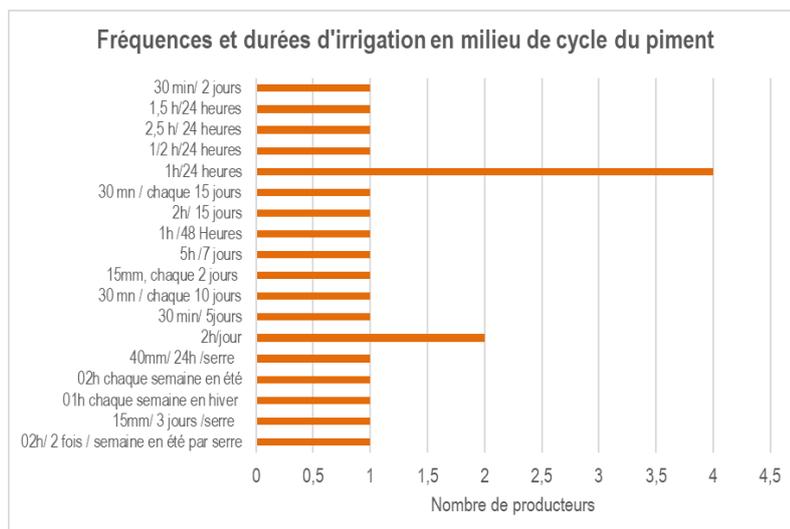
Lors du premier mois de culture, le producteur irrigue en moyenne 1h28 (88 minutes) par 24 heures et par serre.

En réalité, certains irriguent 10 minutes/24 heures alors que d'autres irriguent pendant 3 heures, selon des fréquences variant de 12 heures à 72 heures (Graphe 23).



Graphe 23 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte lors du premier mois de culture

Ce qu'il faut donc retenir du début de cycle, c'est que la fréquence d'irrigation est rapide (tous les 24 à 72 heures) et qu'elle dure le plus souvent 30 à 90 minutes par serre. En arrière-saison, l'irrigation est divisée par deux, le même volume étant appliqué toutes les 48 heures.



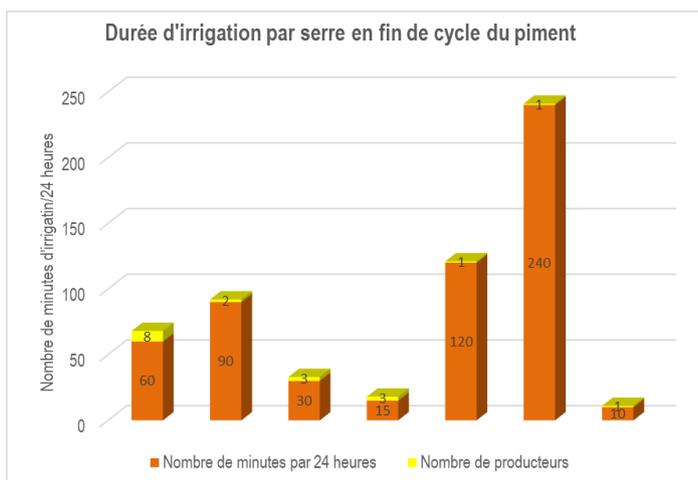
En milieu de cycle, entre les mois 2 et 4, les producteurs irriguent en moyenne 209 minutes/semaine par serre, c'est-à-dire environ 30 minutes par jour, toutes saisons confondues. On estime, d'après les données de terrain, que la durée est équivalente à environ 50 minutes par jour en saison chaude et de 15 minutes par jour en hiver.

Graphe 24 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte en milieu de cycle de culture

Cette irrigation est réalisée en deux ou trois fois par semaine en saison chaude et en une ou deux fois par semaine en arrière-saison. Toutefois, cette moyenne cache des situations extrêmes (Graphe 24).

On remarque, selon les producteurs, que les temps d'irrigation varient de 20 à 150 minutes par semaine et par serre en période fraîche et de 240 à 1000 minutes en saison chaude, avec des fréquences variant de 24 heures à 15 jours.

En fin de cycle, lors de la période de récolte, l'irrigation moyenne est de 61 minutes par 24 heures toutes saisons confondues, avec des extrêmes entre 10 et 240 minutes par 24 heures. D'après les données, l'irrigation la plus courante en saison fraîche est de 50-60 minutes/24 heures et de 90-120 minutes/24 heures en saison chaude (Graphe 25).



Graphe 25 : Durées et fréquences d'irrigation en submersion et en goutte à goutte en fin de cycle de culture

En fin de cycle, les irrigations se passent en général tous les 2 à 3 jours, au rythme des récoltes.

La revue de détail indique que le critère décisionnel d'irrigation de chaque producteur l'emporte sur les critères climat et sol, quelle que soit la zone. En effet, à zone, sol et période égale, les fluctuations de pratique d'irrigation restent fortes. Ces résultats indiquent que le critère d'observation de la plante, donc

relativement subjectif, domine dans la décision d'irrigation. Si, en milieu de cycle de culture (mois 2-4), l'on se fixe un besoin moyen de deux heures par semaine et par serre en été (17 minutes par 24 heures) et d'une heure par semaine et par serre en hiver (9 minutes/24 heures), on estime que **les deux tiers des producteurs pratiquent la sur-irrigation et près de 20% de manière très excessive.**

Les débits d'irrigation ne sont pas faciles à calculer car les diamètres et longueurs de tuyaux, les nombre et diamètres de gouteur et le nombre de serres irriguées par bassin varient d'un producteur à l'autre. Le dénivelé d'eau entre le bassin et la serre joue aussi sur la pression d'eau.

Si l'on prend comme référence moyenne un gouteur (N°2.5) avec un débit d'arrosage de 2 litres/heure, avec un nombre moyen de 850 pieds par serre, cela fait 1700 litres par serre et par heure.

Globalement, en saison ou arrière-saison, si les durées et doses d'irrigation (Tableau 3) sont en moyenne correctes en début de cycle, les fréquences d'irrigation sont trop élevées par rapport aux normes.

Tableau 3 : Calcul d'irrigation en équivalent 24 heures selon les trois périodes du cycle du piment

	Saison	Arrière-saison
Début de cycle	2 180	1 090
Maximum	285	
Minimum	5 100	
Milieu de cycle	1 417	425
Maximum	4 000	607
Minimum	971	81
Fin de cycle	2 975	1 558

Le fait d'irriguer fréquemment juste après repiquage ne motive pas le plan à développer des racines verticales pour aller chercher l'eau plus profondément. Ainsi, la plante sera condamnée à être irriguée régulièrement pour ne pas mourir. En principe, l'irrigation au premier mois ne devrait pas dépasser une fréquence de deux fois par semaine.

Après la pleine floraison, une irrigation chaque semaine suffit, mais ceux qui ont trop irrigué en début de cycle sont contraints à maintenir une fréquence plus intense de 2 à 3 fois par semaine.

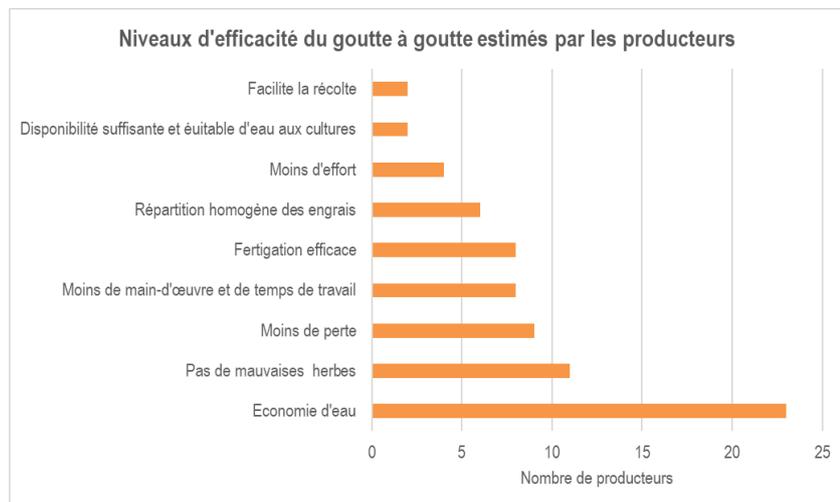
En conclusion, la bonne gestion de l'irrigation en début de cycle est importante pour pouvoir maintenir une irrigation raisonnée jusqu'à la fin du cycle. C'est surtout la deuxième irrigation après repiquage qui ne devrait pas être faite avant un re-départ et reverdissement naturel du piment, indiquant un développement racinaire vertical entamé.

- Efficacité des systèmes d'irrigation et techniques d'économie d'eau**

Sur les 25 producteurs de piment, 88% indiquent qu'ils irriguent de manière normale selon les normes du goutte à goutte et les besoins de la plante, alors que 2 producteurs pensent ne pas irriguer assez et un autre irriguer trop. Certains justifient leur irrigation conséquente par le fait que la plante est exigeante et que le sol est sableux et perméable.

Les producteurs sont tous unanimes pour dire que ce système est efficace. Ils décrivent neuf niveaux d'efficacité, en particulier l'économie d'eau, suivi par la moindre propagation des adventices, la moindre perte de production, le moindre besoin de force de travail, la possibilité de fertigation et la répartition homogène des engrais pour les plantes (Graphe 26).

En matière environnementale, ces perceptions confirment que le goutte à goutte permet d'économiser la ressource naturelle « eau », de limiter le désherbage et donc une partie des produits chimiques, et de mieux répartir et valoriser les engrais chimiques, ce qui limite les déperditions dans le sol, l'eau et l'air.

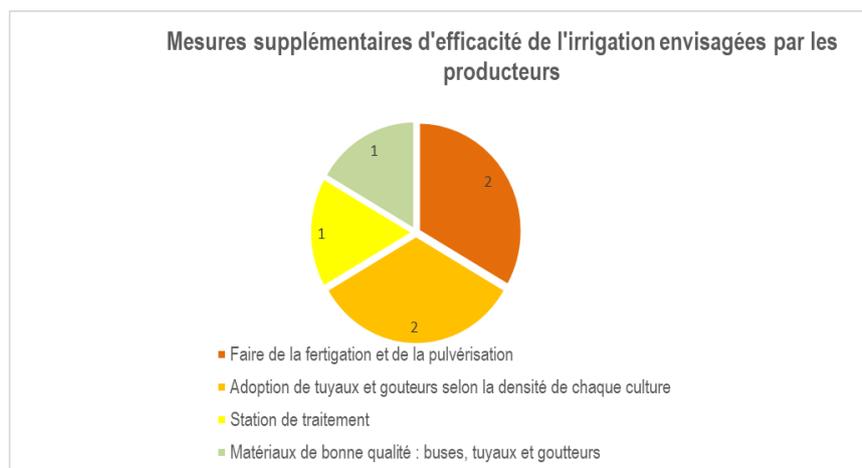


Graphe 26 : Niveaux d'efficacité du goutte à goutte estimés par les producteurs

Pour le producteur, cela se traduit par une diminution du coût de production (eau, désherbant, engrais minéral, main d'œuvre) et une augmentation de rendement.

Si tous les producteurs de l'échantillon ont déjà adopté le goutte à goutte, un quart envisage d'apporter des améliorations par la fertigation et pulvérisation, par l'adoption de diamètres de tuyaux et

de goutteurs selon les longueurs et densité d'irrigation du réseau, par le choix de matériaux de qualité ou par une station de traitement (Graphe 27).

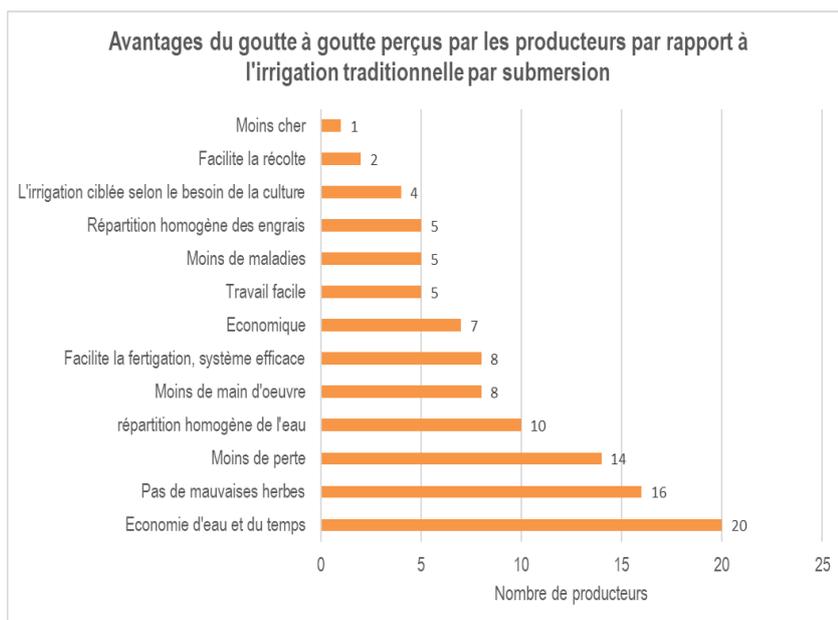


Graphe 27 : Mesures supplémentaires d'efficacité de l'irrigation envisagées par les producteurs

Avantages du goutte à goutte perçus par les producteurs

De manière plus globale, si l'on demande aux 25 utilisateurs de goutte à goutte les avantages qu'ils perçoivent par rapport à l'irrigation par submersion, ils mentionnent 13 types d'avantages et une moyenne de 4,2 avantages chacun (Graphe 28). L'économie d'eau, la moindre propagation d'adventices et la moindre perte de production sont les avantages mentionnés par plus de la moitié des utilisateurs.

Viennent ensuite la meilleure répartition de l'eau, le moindre besoin de force de travail, l'efficacité de la fertigation et le coût peu élevé du système, mentionné par un tiers des utilisateurs.

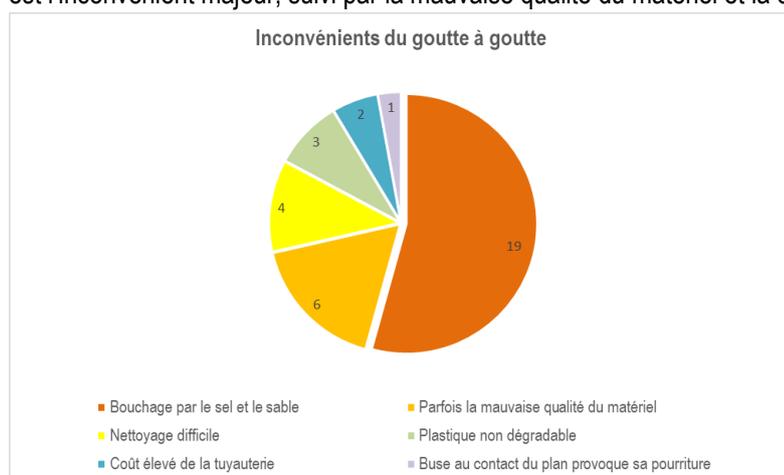


Graphe 28 : Goutte à goutte : avantages perçus par les utilisateurs

En termes environnementaux, le goutte à goutte apporte donc plusieurs avantages : économie d'eau, diminution d'utilisation des produits chimiques, diminution des risques de lessivage et de lixiviation de substances chimiques impactant le sol, la biodiversité et l'eau, diminution de l'effet destructurant des engrais organiques sur le sol.

Inconvénients du goutte à goutte perçus par les producteurs

A l'inverse, si l'on demande aux utilisateurs de goutte à goutte les inconvénients perçus de ce système, 6 producteurs n'en voient aucun et les 19 autres n'en mentionnent que 1,8 chacun en moyenne (Graphe 29). Le bouchage des goutteurs est l'inconvénient majeur, suivi par la mauvaise qualité du matériel et la difficulté de nettoyage. Moins de 15% des utilisateurs évoque le plastique non dégradable laissé dans la nature, le coût élevé des tuyaux qu'il convient de changer tous les ans ou deux ans et la blessure suivie du pourrissement des tiges en contact des tuyaux.

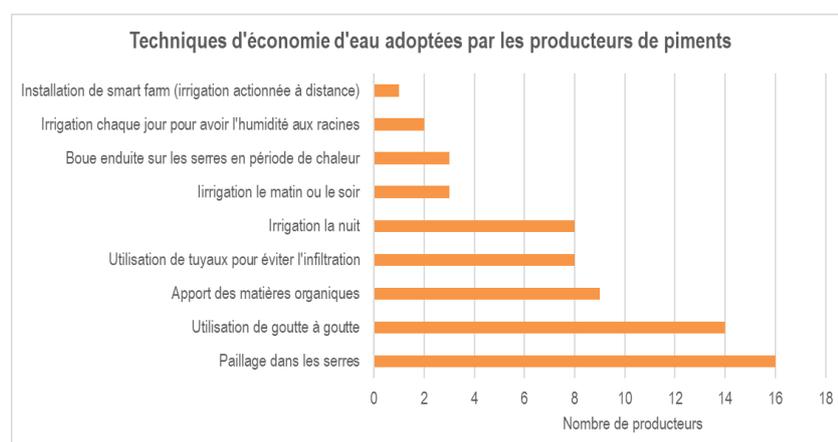


Graphe 29 : Goutte à goutte : inconvénients perçus par les utilisateurs

En termes environnementaux, il n'y a pas d'inconvénients majeurs de l'utilisation du goutte à goutte, en dehors de la gestion des tuyaux de goutte à goutte, quand ils sont laissés dans la nature.

sés dans la nature.

Options des producteurs pour améliorer l'économie de l'eau



Parmi les neuf techniques que les producteurs de piments mettent en œuvre pour économiser l'eau, le paillage et le goutte à goutte sont celles les plus répandues (Graphe 30).

Graphe 30 : Options d'amélioration pour économiser l'eau

Ces deux techniques permettent aussi de limiter le désherbage. Ils considèrent que l'apport de matière organique permet une meilleure rétention d'eau en surface et donc évite d'irriguer plus. L'utilisation de tuyaux d'amenée d'eau entre les bassins et les serres évite les pertes par infiltration. Plus du tiers irrigue aussi la nuit, tôt le matin ou le soir pour limiter les phénomènes d'évaporation, mais aussi de condensation dans les serres. Une autre technique locale consiste à enduire le plastique des serres avec une fine couche de boue, limitant le rayonnement direct en période de forte chaleur.

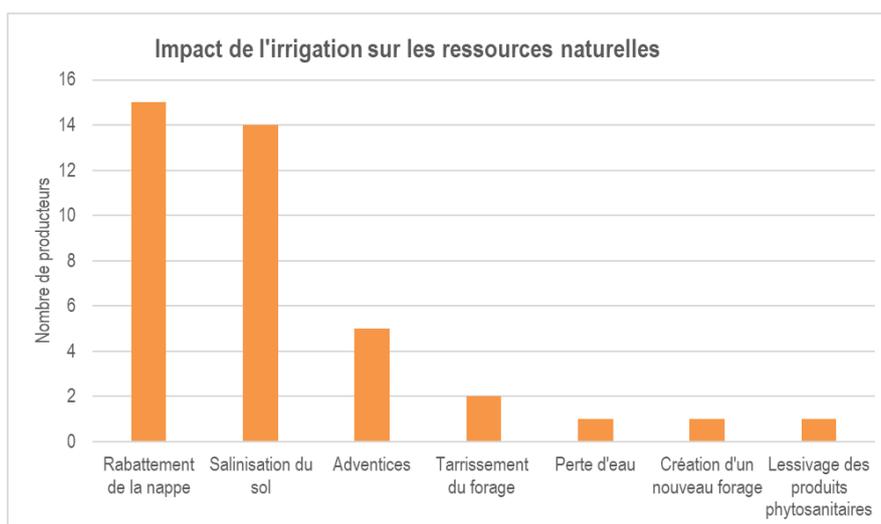
- **Drainage**

Aucun système de drainage n'existe pour la production de piments.

- **Perception des producteurs en matière d'impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles**

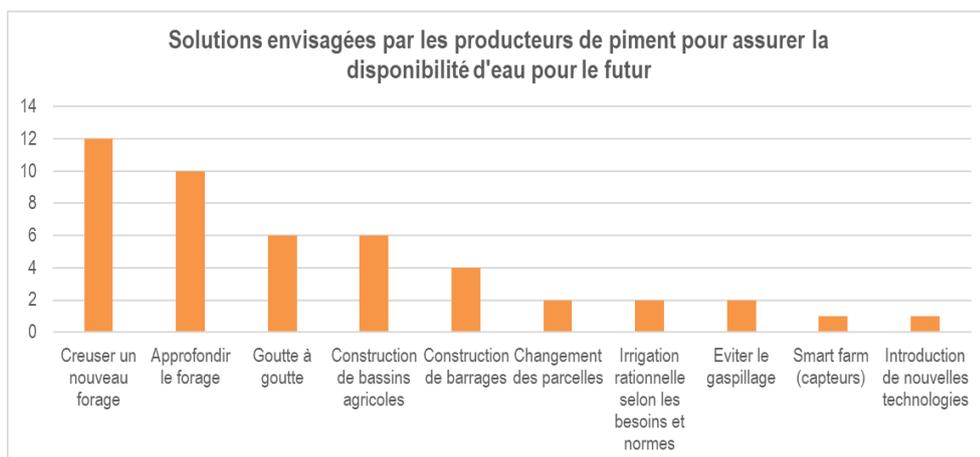
Sur l'ensemble des ménages étudiés, trois ne se connaissent pas les impacts que peuvent provoquer l'irrigation sur l'environnement. Les autres indiquent sept catégories d'impacts dont quatre relatifs à la diminution des réserves d'eau, un affectant la qualité du sol, un autre la propagation d'adventices importé et un dernier sur le lessivage des produits phytosanitaires. Pour la majorité des producteurs, c'est le rabattement de nappe et tarissement des forages ainsi que l'accumulation de sel apporté par l'eau d'irrigation qui sont les principaux impacts de l'irrigation, portant préjudice à la plasticulture (Graphe 31). Ces deux impacts agissent négativement sur la structure et l'équilibre chimique du sol et sur les réserves d'eau souterraine. La qualité des eaux souterraines n'est pas remise en cause par les producteurs qui pensent qu'elle n'est pas polluée. Les autres impacts sont mentionnés par moins de 20% des producteurs.

Graphe 31 : Impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles



Malgré ce rabattement de nappe touchant clairement plus des deux tiers des zones, 24 producteurs sur 25 souhaitent poursuivre cette activité même si le niveau d'eau continue à baisser, en donnant comme raison qu'ils n'ont pas d'autres choix (44%), qu'ils maîtrisent bien la gestion de cette culture (32%), que c'est leur seul revenu (8%) ou qu'ils rechercheront une autre parcelle à louer où l'eau est disponible (4%).

Ce souhait, ils l'envisagent avant tout par une stratégie de captage plus profond et de meilleur captage et stockage d'eau (trois quarts des réponses), plutôt que par des solutions d'économie de l'eau. Leur analyse de culture minière reste donc de court-terme. En effet, la majorité s'appuie sur la technologie des forages, en creusant des forages plus profonds y compris dans la nappe très profonde de l'Albien ou en creusant davantage leurs forages actuels (Graphe 32).



Grphe 32 : Solutions envisagées par les producteurs pour assurer la disponibilité d'eau pour le futur.

Pour les solutions d'économie d'eau, en dehors du goutte à goutte qu'ils ont déjà adopté, quatre producteurs (16%) évoquent le besoin d'irrigation plus rationnelle de l'eau d'irrigation.

On peut donc conclure qu'à ce stade de la production, les producteurs de piment gardent une stratégie minière et technologique de l'irrigation, malgré les diminutions des stocks d'eau et la dégradation des sols par l'irrigation. Ils ont toutefois mis en place les techniques locales d'économie d'eau. Même si ces techniques sont encore perfectibles, c'est plutôt la question de la pression du maraichage y compris du piment en plasticulture en zone saharienne qui pose question aujourd'hui, quand des pays confrontés à des problèmes similaires commencent à s'orienter vers des espèces plus adaptées.

4.3 Le thème « eau » chez les producteurs de pommes de terre

• Surfaces et systèmes d'irrigation utilisés

En 2021, la surface totale irriguée pour la culture de pomme de terre par les 33 producteurs étudiés s'élève à environ 845 ha, dont 770 ha irrigués par pivot⁷ et 75 ha irrigués par goutte à goutte.

Les terres irriguées par pivot représentent donc 91% de surfaces de pomme de terre irriguées. En moyenne, chaque producteur dispose de 23 pivots irriguant selon les modèles les plus courants entre 0,750 et 1,1 ha par pivot. Cette moyenne de 23 pivots reste inchangée depuis 2019 (Tableau 4), ce qui indique une stagnation des surfaces depuis ces trois dernières années, comme confirmée par les producteurs. Cette moyenne est toute théorique puisque les extrêmes par producteur varient de 1 à 138 pivots, sans qu'il y ait de nombre de pivots privilégié comme le montre le tableau.

Tableau 4 : Nombre de pivots par producteur entre 2019 et 2021

2019			2020			2021		
Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots	Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots	Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots
1	2	2	1	1	1	1	2	2
2	2	4	2	3	6	2	2	4
3	1	3	3	2	6	3	2	6
4	3	12	4	1	4	4	2	8
5	1	5	5	1	5	5	1	5
6	3	18	6	2	12	6	2	12
7	1	7	9	1	9	8	1	8
8	1	8	10	3	30	10	3	30
9	1	9	11	2	22	11	1	11
10	1	10	12	2	24	12	1	12
16	2	32	16	1	16	16	1	14
20	1	20	20	2	40	20	2	32
22	1	22	28	1	28	24	1	20
25	1	25	29	1	29	28	1	24

⁷ Les pivots les plus courants (Pivot 50 mètres ou « Bifo 50 ») irriguent le plus souvent 0,8 ha mais certains irriguent 0,9 ou 1,1 ha (Bifo 60). Pour des raisons de simplification, nous retiendrons une surface par pivot de 0,8 ha.

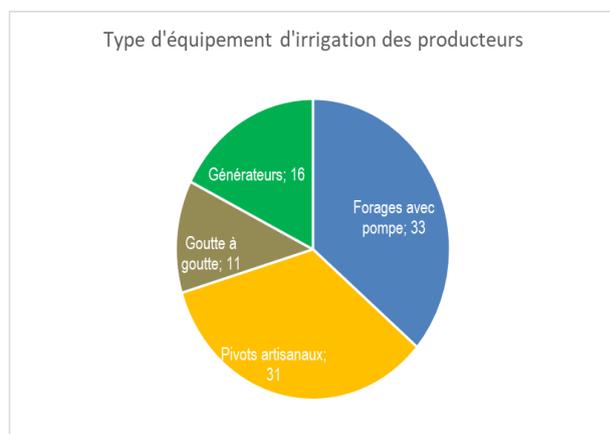
2019			2020			2021		
Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots	Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots	Nb de pivots	Nb de producteurs	Total Nb de pivots
28	1	28	30	1	30	30	1	28
30	1	30	34	1	34	35	1	30
34	1	34	40	1	40	36	1	35
35	1	35	42	1	42	42	1	36
39	1	39	40	1	40	50	1	42
40	1	40	45	1	45	55	1	50
80	1	80	50	1	50	100	1	55
100	1	100	100	1	100	138	1	100
130	1	130	132	1	132		1	138
	30	693		32	745		31	702

Sur les 33 producteurs, seul deux agriculteurs ont adopté le goutte à goutte comme ce seul mode d'irrigation (50-52 ha et 10 ha). Huit autres commencent à adopter ce système sur des petites surfaces variant de 0,25 à 4 ha.

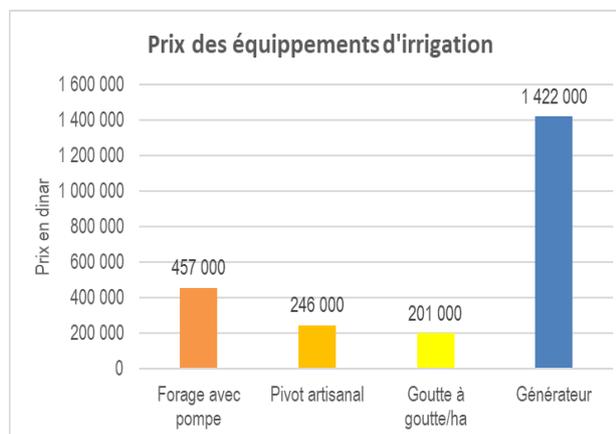
- Le pivot est le mode principal d'irrigation pratiquée par 94% des producteurs. Parmi ceux-ci ; 70% utilisent le pivot seul, 24% utilisent pivot et goutte à goutte sur des petites surfaces. Les 6% autres producteurs (2 agriculteurs) pratiquent uniquement le goutte à goutte. Aucun producteur ne dispose de système de drainage.
- L'équipement d'irrigation.

Tous les producteurs de notre échantillon possèdent au moins un forage avec pompe, 94% possèdent au moins un pivot, un tiers possède un système de goutte à goutte et la moitié a également un générateur lorsque les parcelles sont éloignées des réseaux électriques. (Graphe 33).

Graphe 33 : Type d'équipement d'irrigation



Graphe 34 : Prix des équipements d'irrigation



Sur toute la zone étudiée, les 33 producteurs enquêtés pratiquent le pompage à partir de forage et pompage par pompe électrique alimentée par le réseau électrique ou un générateur⁸. On recense un total de 309 forages et pompes parmi les 33 producteurs, ce qui fait une moyenne de 9,3 forages et pompes par producteur en moyenne et un ratio de 2,3 pivots par forage. Dans les meilleures conditions d'efficacité, un forage central irrigue quatre pivots autour du forage, mais cela n'est pas toujours possible.

⁸ Le Souf dispose de trois nappes : les nappes phréatique, profonde (nappe du complexe terminal, CT dite du pontien) et très profonde (nappe du continental intercalaire, CI dite de l'Albien). La nappe du CT est la plus sollicitée pour l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation. Les débits mobilisés à cet effet se répartissent comme suit : 31 417 131 m³/an pour l'irrigation, et 46 408 644 m³/an pour l'AEP (ANRH, 1993). Les producteurs de pommes de terre utilisent surtout la nappe du Pontien et celle phréatique.

Si 27 producteurs sur les 33 utilisent l'énergie du réseau électrique pour faire fonctionner leurs pompes et pivots, 9 utilisent à la fois le réseau électrique et les générateurs alors que 6 producteurs n'utilisent que les générateurs. Les générateurs sont en moyenne les plus chers, avec une valeur moyenne de 1,42 millions de DA, variant de 600 000 DA pour les plus petits à 2 000 000 DA pour le plus gros (Graphe 34). Ce sont en général les gros et moyens producteurs qui peuvent se permettre un tel investissement. Certains générateurs de plus de 1000KvA peuvent faire fonctionner 24 pivots en même temps. Le choix du générateur peut venir du fait que les parcelles en propriété sont éloignées du réseau électrique mais en général, c'est un choix délibéré du producteur qui préfère être autonome dans le choix des meilleures parcelles vierges éloignées pour des rendements conséquents.

Le forage avec pompe coûte en moyenne 457 000 DA, variant de 200 000 à 600 000 DA selon la profondeur et la distance. Chaque forage irrigue en général jusqu'à 4 pivots, ce qui représente entre 3,2 et 4,4 ha selon le type de pivot.

Le pivot artisanal (fait à El Oued) coûte en moyenne 246 000 DA installé, variant de 170 000 à 300 000 DA selon le type, qualité et équipement du pivot. Chaque pivot irrigue en général 0,8 ou 1,1 ha selon la longueur du bras, même si l'on trouve quelques pivots qui irriguent 0,9 ou 1,2 ha.

Le système goutte à goutte coûte en moyenne 201 000 DA par hectare, variant de 120 000 à 250 000 DA selon les systèmes. Les 10 producteurs utilisant le goutte à goutte relient leur système de goutte à goutte à un forage avec pompe. La surface varie de 0,3 ha pour le plus petit producteur à 50 ha pour le plus gros producteur. Avec une surface totale de 70,5 ha irriguée en goutte à goutte, la surface moyenne irriguée en goutte à goutte par producteur est de 7,5 ha. En réalité, en enlevant le producteur avec 50 ha de goutte à goutte, la moyenne de surface irriguée par goutte à goutte des neuf autres producteurs est de 2,3 ha.

• **Gestion de l'irrigation**

Les pratiques d'irrigation n'ont guère changé récemment : un seul producteur parmi les 33 est passé du pivot au goutte à goutte depuis ces cinq dernières années. Si plusieurs producteurs ont l'intention de changer du pivot au goutte à goutte si le rabattement des nappes et le changement climatique continuent et que les maladies fongiques deviennent difficiles à gérer, ces intentions ne se sont toujours pas concrétisées à ce jour.

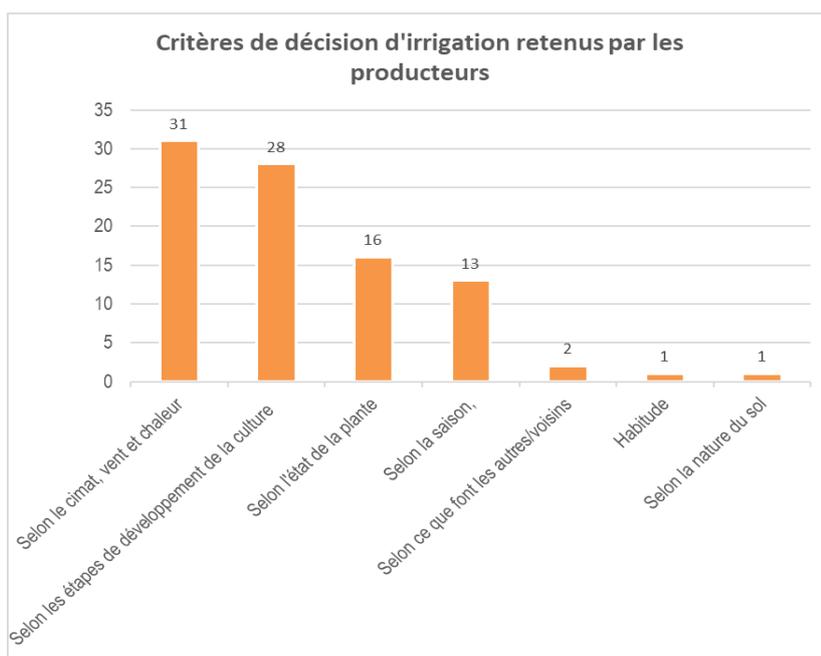
D'après les observations sur le terrain et les discussions avec les producteurs réticents à l'adoption du goutte à goutte, nous notons :

- *La disponibilité du producteur et sa présence sur l'exploitation* : le goutte à goutte demande de la main d'œuvre et une présence quasi quotidienne sur le terrain ;
- *La salinité de l'eau* : dans les zones qui ont une eau plus ou moins salée (zone Nord), la pomme de terre donne une bonne production seulement avec le goutte à goutte, alors qu'avec le pivot, la culture souffre beaucoup (plus de volume d'irrigation et donc plus de concentration de sel, effet du sel sur les feuilles) ;
L'exposition de la zone par rapport au vent : si la zone est exposée aux vents violents (surtout en zone sud), les producteurs n'utilisent pas de goutte à goutte parce que les gaines ne résistent pas à ces types de vents ;
- *La considération économique* : la longévité du goutte à goutte est moindre par rapport au pivot. Le goutte à goutte dure 2 à 3 ans avec des réparations régulières alors que le pivot dure de 5 à 10 ans.

Toutefois, si les réticents justifient leur choix avec des critères techniques et économiques de systèmes d'irrigation, ceux qui commencent à adopter le goutte à goutte évoquent d'autres critères qui relèvent plus de la performance en termes de production et de coût de production. Par exemple, le producteur qui est passé complètement au goutte à goutte pour faire 50 ha, s'est décidé suite à des essais sur deux ans 1 ha et 2 ha en goutte à goutte sans utilisation d'engrais chimique. Le résultat étant satisfaisant, il a affirmé que les engrais chimiques ne servent à rien en système goutte à goutte et l'économie en intrants est très importante (plus de 6 000 000 DA). En comparaison avec le pivot, il a noté plus de 50 % d'augmentation du rendement et beaucoup moins de maladies. Nous verrons de manière plus précise ces avantages un peu plus loin.

Critères régissant les décisions de gestion de l'irrigation chez les producteurs de pomme de terre

On note qu'en dehors d'un seul producteur conseillé en irrigation (par la firme phytosanitaire PROFERT), les autres n'ont pas eu de formation spécifique en irrigation. En conséquence, ils ont appris par expérience par observation et échange avec les voisins. Aujourd'hui, 19 producteurs (58%) déclarent connaître tout à fait les besoins en irrigation des pommes de terre alors que 44% indiquent qu'ils le savent de manière plus générale.



Sans formation théorique et technique, les agriculteurs se fient donc à l'observation et à l'expérience pour les décisions d'irrigation. Les deux critères essentiels pris en compte par plus des trois quarts des producteurs sont le climat (vent et température en particulier) et le stade croissance/développement de la plante. Environ la moitié prend aussi en compte l'état de la plante (feuilles fanées par exemple) et les besoins en fonction des deux saisons de culture. (Graphe 35).

Grappe 35 : Critères de décision d'irrigation retenus par les producteurs

Durées et fréquences d'irrigation par pivot et par goutte à goutte lors du cycle de la pomme de terre

- Culture d'arrière-saison

En arrière-saison, d'après les résultats de 31 producteurs (Tableau 5), les durées moyennes d'irrigation par pivot sont de l'ordre de 6,5 heures par 24 heures (moyenne estimée de 130 m³/24h/0,8 ha)⁹ pendant les 3-4 premières semaines après plantation, puis 10,3 heures/24 heures (206m³/24h/0,8 ha) pendant la phase de croissance, floraison et tubérisation et 3,5 heures/24 heures (70 m³/24h/0,8 ha) pendant les 3-4 dernières semaines. Lors de la phase croissance-tubérisation, la norme semble tourner autour de 12 heures d'irrigation par 24 heures.

Ces résultats cachent une grande diversité de situations puisque l'on trouve entre 9 et 12 fréquences/durées d'irrigation différentes selon les producteurs. Pour la fréquence sur la même période, certains irriguent tous les jours, d'autres tous les deux jours ou trois jours. Pour la durée d'irrigation sur la même période, on trouve des différences de 1 à 9 volumes d'irrigation. On ne note pas de corrélation claire entre ces différences de fréquences et de durées d'irrigation selon les zones. Ce résultat suggère que de telles amplitudes de variation sur les mêmes périodes ne peuvent pas être dues uniquement par des petites différences de climat ou des sols. Ce sont les pratiques et surtout les habitudes des producteurs qui priment, avec sans doute des excès d'eau tant que l'eau est gratuite.

Tableau 5 : Durée et fréquence d'irrigation par pivot en culture de pomme de terre en arrière-saison

Culture d'arrière-saison par pivot					
Irrigation pendant les 3 premières semaines		Irrigation pendant croissance - tubérisation		Irrigation pendant les 3 dernières semaines	
Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (31 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (26 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (31 producteurs)
12 h / 2 jours	8	12 h / jour	18	3 à 4 h/3 jours	7
12h/ jour	4	8 h / jour	3	12 h/3 jours	4
8 h/jour	5	7h/jour	2	8h/3jours	4
8h/2 jours	3	4h/jour	1	8 h/2 jours	3
6 h/jour	2	24 h / 2 jours	1	4 heures/ jour	3
4 h / 2 jours	2	20 h/2 jours	2	6 h/3 jours	2
5 h/jour	2	10 h / 2 jours	1	12h/2jours	2
4 h /jour	1	5h/jour	1	5h/ 2 jours	2
6 h/2 jours	1	10h/jour	1	18h/2 jours	1

⁹ Le débit moyen sortie pompe El Oued est calculé entre 18 et 22 m³ par heure. Notre calcul prend la valeur moyenne de 20 m³/heure.

Culture d'arrière-saison par pivot					
Irrigation pendant les 3 premières semaines		Irrigation pendant croissance - tubérisation		Irrigation pendant les 3 dernières semaines	
Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (31 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (26 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (31 producteurs)
7h/2jours	1			10 h / 2 jours	1
1 jour/3 jours	1			4 h / 2 jours	1
10 h/jour	1			6h/jour	1
Irrigation moyenne	6,5 h/24 h		10,3 h/24 h		3,25 h/24 heures
Irrigation minimum	2h/24 h		5h/24 heures		1 h/24 heure
Irrigation maximum	12h/24 heures		12 h/24 heures		9 h/24 heures

Les résultats selon la même méthode de calcul indiquent que les durées d'irrigation sont divisées par deux en système goutte à goutte entre la plantation et la floraison- tubérisation (Tableau 6). En effet, la durée moyenne d'irrigation est de 3 heures /24 heures dans les premières semaines après plantation, puis 5 heures par 24 heures jusqu'à la floraison-tubérisation. Pour les dernières semaines, on note 30% en moins de durée d'irrigation par 24 heures par rapport au pivot.

Si l'on s'en tient au fait que les débits moyens des forages sont de 18 à 22 m³ / heure, l'irrigation de 12 heures en système pivot pour 0,8 ha est considérée équivalent à l'irrigation de 3 heures pour un carré de 0,5 ha en goutte à goutte. Ainsi, en 12 heures d'irrigation, le système goutte à goutte permet d'irriguer 1,5 ha, soit près de deux fois plus de surface.

Ce calcul indique qu'en gros, avec une durée moyenne divisée par presque deux pour le goutte à goutte par rapport au pivot et une performance d'irrigation/débit du forage multiplié par deux, **l'efficacité d'irrigation moyenne du goutte à goutte est supérieure de 3,5 à 4 fois à celle du pivot, mais elle peut ne pas dépasser 2 fois si l'irrigation est mal conduite.**

Tableau 6 : Durée et fréquence d'irrigation en goutte à goutte pour la culture de pomme de terre en arrière-saison

Culture d'arrière-saison par goutte à goutte					
Irrigation pendant les 3 premières semaines		Irrigation pendant la croissance/tubérisation		Irrigation pendant les 3 dernières semaines	
Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (10 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (8 producteurs)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (10 producteurs)
3h/ jour	2	6 heures / jour	3	6 h/3 jours	2
6 h / jour	1	12 h/ jour	1	7 h/3 jours	1
4h/jour	1	5 heures / 2 jours	1	4h/3jours	1
2 h / jour	1	4 heures / jour	1	6h/2jours	1
1h/jour	1	2h/jour	1	1.5 h/ 2jours	1
10 h/2 jours	1	1.5 h /jour	1	4h/jour	1
5-6 h / 2 jours	1			3h / jour	1
Irrigation moyenne	3 h/24 heures		5h/24 heures		2,3 h/24 heures
Irrigation minimum	1h/24 heures		1,5 h/24 heures		1,3 h/24 heures
Irrigation maximum	6h/24 heures		12 h/24 heures		4 h/24 heures

Un rapide calcul des volumes d'irrigation en arrière-saison indique, pour une période de 100 jours d'irrigation des variétés précoces et semi-précoces Spunta et Bartina, les résultats suivants :

- **4 700 m³/0,8 ha irrigué par pivot ;**
- **4 000 m³/0,8 ha irrigué par goutte à goutte.**

- Culture de saison

Pour la culture en saison, on retrouve les mêmes tendances de diversité d'irrigation que celles observées en arrière-saison. Les durées moyennes d'irrigation cachent de fortes fluctuations selon les producteurs (Tableau 7). Avec le pivot, on estime une durée moyenne d'irrigation de 8,4 heures par 24 heures (168 m³/24h/0,8 ha), puis de plus de 12 heures par 24 heures (240 m³/24h/0,8 ha) sur le milieu et fin de cycle, avec des variations allant de 1 à 18 pour les extrêmes (Tableau 7). Comme pour la culture d'arrière-saison, ces fluctuations sont plus expliquées par les pratiques et habitudes du producteur que par des critères de climat et de sol, puisque ces fluctuations existent à l'intérieur des trois zones de l'étude.

Tableau 7 : Durée et fréquence d'irrigation en pivot en culture de pommes de terre en pleine saison

Culture de saison par pivot					
Irrigation pendant les 3 premières semaines		Irrigation pendant la croissance/tubérisation		Irrigation pendant les 3 dernières semaines	
Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (28)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (26)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (27)
18h/jour	2	12 h/ jour	12	12 h/ jour	12
15 h/ jour	1	18h/ jour	4	18h/jour	4
12 h / jour	4	8 h/jour	3	3, 5 heures/3 jours	2
10 h/jour	1	14 h/jour	2	24h/2jours	2
8 h/jour	1	10 h/jour	2	3 h/ 3 jours	2
6 h/ jour	4	15h/jour	1	16h/jour	1
4 h/ jour	5	5h/jour	1	15h/jour	1
24h/2 jours	2	24h/2jours	1	14h/ jour	1
12 h / 2 jours	4			10 h/jour	1
10h/2jours	1			4h/2jours	1
8h/2 jours	1				
24h/2 jours	1				
12h / 3 jours	1				
Irrigation moyenne	8,4 h/24 heures		12,3h/24 heures		12,7h/24 heures
Irrigation minimum	4 h/24 heures		5h/24 heures		1 h/24 heures
Irrigation maximum	18h/24 heures		18h/24 heures		18h/24 heures

En saison (Tableau 8), le ratio d'irrigation entre le pivot et le goutte à goutte diffère de l'arrière-saison, la durée d'irrigation en goutte à goutte étant d'environ 70% celle du pivot contre 50% en arrière-saison.

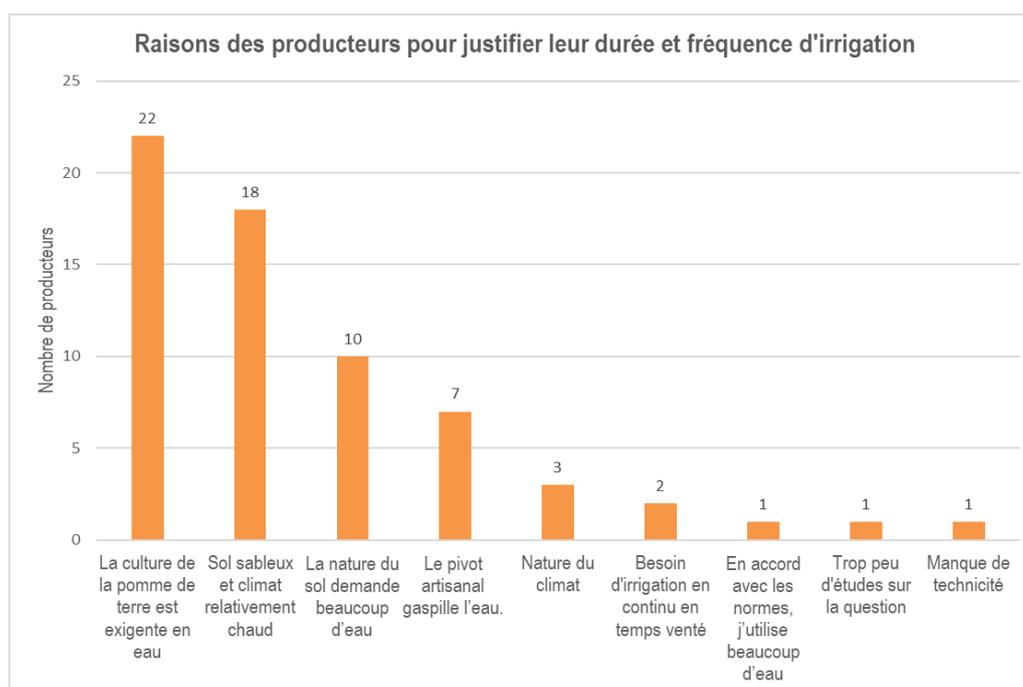
Les fluctuations des résultats de fréquence et de durée d'irrigation suggèrent qu'entre un tiers et la moitié des producteurs tendent à sur irriguer de manière très excessive leurs pommes de terre avec le système pivot, quel que soit la saison. En goutte à goutte, la sur-irrigation semble pratiquée par certains producteurs en saison.

Ce constat est vérifié chez les producteurs avec pivot, puisque la moitié de ceux-ci le confirment. Toutefois, aucun producteur n'indique de sur-irrigation en goutte à goutte : ils considèrent que l'irrigation est adaptée au besoin de la plante. Les producteurs justifient leurs pratiques de fréquence et durée d'irrigation en évoquant surtout l'exigence en eau de la pomme de terre (67% des producteurs), la texture sableuse et drainante du sol et le climat saharien (55% des producteurs) (Graphe 36). Près d'un tiers de producteurs n'utilisant que le système pivot reconnaît que le pivot artisanal gaspille l'eau.

Tableau 8 : Durée et fréquence d'irrigation en goutte à goutte pour la culture de pomme de terre en pleine saison

Culture de saison par goutte à goutte					
Irrigation pendant les 3 premières semaines		Irrigation pendant la croissance/tubérisation		Irrigation pendant les 3 dernières semaines	
Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (8)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (8)	Durée & fréquence d'irrigation	Nb de producteurs (9)
6 h / 2 jours	1	14 h/jour	1	12 h/jour	3
12h/jour	2	12 h/jour	3	4 h/jour	2
6 h/jour	1	6 h / jour	1	3h / jour	1
5h/jour	1	5 h/jour	1	2 h / jour	2
3 h / jour	1	4 h/jour	1	2 h/3 jours	1
2 h/ jour	1	3 h/jour	1		
4h/2jours	1				
Irrigation moyenne	6 h/24 heures		8,5 h/24 heures		5,6 h/24 heures
Irrigation minimum	2h/24 heures		3 h/24 heures		0,7 h/24 heures
Irrigation maximum	12 h/24 heures		14h/24 heures		12 h/24 heures

Graphe 36 : Raisons des producteurs pour justifier leur durée et fréquence d'irrigation



Un rapide calcul des volumes d'irrigation en saison indique, pour une période de 100 jours d'irrigation des variétés précoces et semi-précoces Spunta et Bartina, les résultats moyens suivants :

- **22 000 m³/0,8 ha irrigué par pivot ;**
- **7 722 m³/0,8 ha irrigué par goutte à goutte.**

• Efficacité des systèmes d'irrigation

Le pivot

Malgré le gaspillage d'eau et la sur-irrigation reconnus par les producteurs utilisant le pivot artisanal, les trois quarts d'entre eux déclarent que ce système est efficace. Ils justifient cette efficacité par une série de 10 raisons dont les principales sont la bonne adaptation de ce système à la région (48% des producteurs) et qu'il demande moins de travail que le goutte à goutte (39% des producteurs). (Graphe 37). Les côtés praticité, robustesse, longévité et niveau de contrainte reviennent

souvent comme les avantages clés du système de pivot, qui se répercutent sur le moindre temps de travail. Ce moindre temps de travail par rapport au goutte à goutte n'est d'ailleurs pas uniquement lié au système, mais aussi qu'il prend moins de temps à déplacer pour le travail du sol et la récolte. Le dernier quart, plus critique sur le système pivot évoque le gaspillage d'eau.

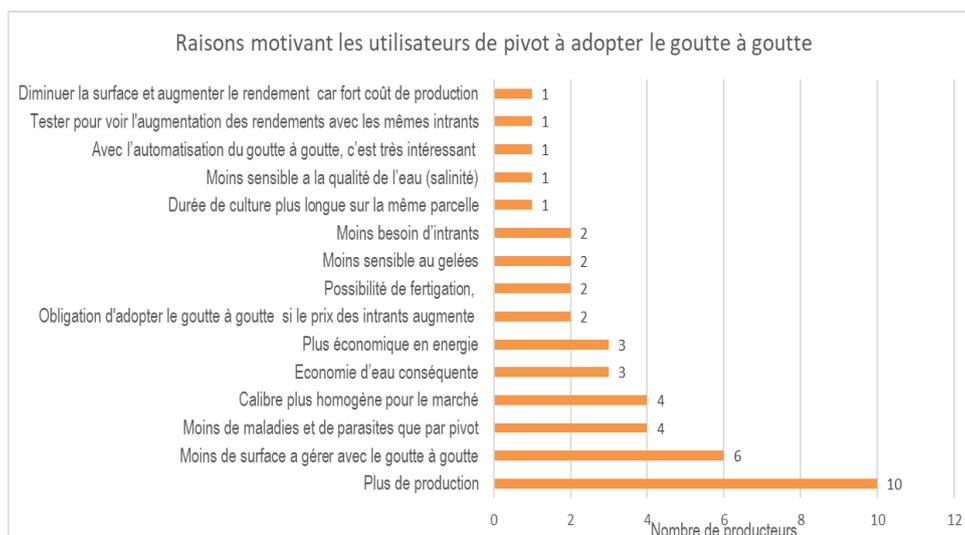
A l'avenir, environ un tiers des utilisateurs de pivot souhaiteraient améliorer la performance de l'irrigation par l'étude des débits des buses avec leur position par rapport à la rampe du pivot pour mieux contrôler l'irrigation. Une faible minorité évoque le besoin de renforcer le pivot pour allonger la rampe d'irrigation et donc la surface irriguée par pivot, ou d'améliorer la boîte de vitesse du système pivot. Près des deux tiers des utilisateurs de pivot indiquent au contraire que les marges d'amélioration du pivot ne sont pas vraiment possibles, toutes les astuces ont déjà été apportées ou essayées : changer les dimensions des buses, mettre un deuxième tuyau qui commence au centre du pivot et qui finit à la moitié du pivot, jouer sur l'espacement entre les buses, avec un espacement qui se réduit en allant du centre vers la périphérie du pivot.

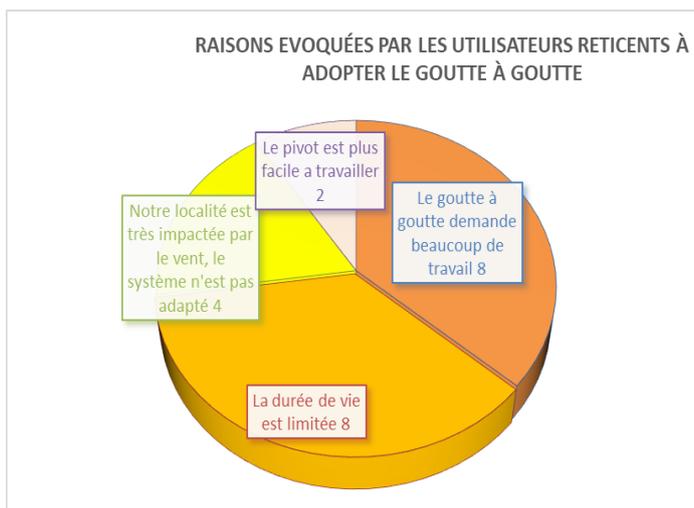


Graphe 37 : Raisons évoquées par les producteurs en faveur du pivot artisanal

Sur 28 utilisateurs de pivots, 16 (57%) se disent intéressés à adopter le goutte à goutte même si, depuis ces cinq dernières années, ils n'ont pas franchi le cap. Ils fournissent un cumul de 15 raisons en faveur du goutte à goutte et en particulier le fait que le système permet une meilleure production et donc meilleur revenu. La notion de déperdition de surface subit avec les pivots (arrosage en disque), la moindre propagation de maladies, l'économie d'eau, d'énergie et d'intrants sont en faveur du goutte à goutte. (Graphe 38).

Graphe 38 : Raisons motivant les utilisateurs de pivot à adopter le goutte à goutte





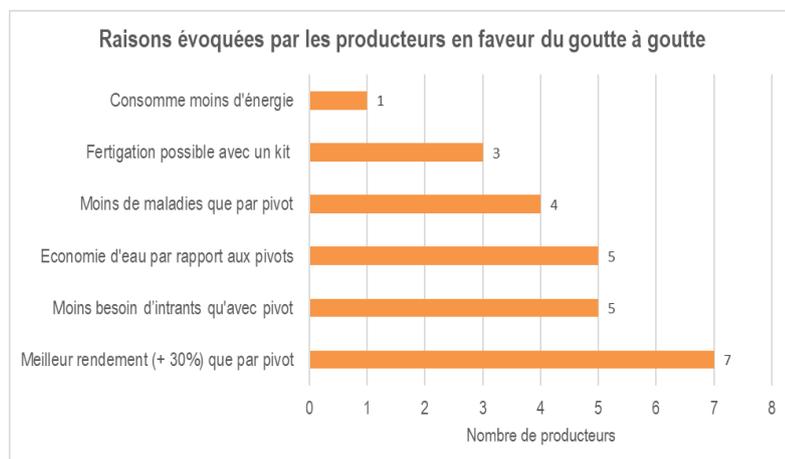
Les autres utilisateurs de pivot (12 producteurs, 43%) ne se disent pas intéressés à changer leur système d'irrigation pour deux raisons essentielles : la forte demande régulière de force de travail et la durée limitée des gaines. (Graphe 39). Pour ceux situés dans les couloirs de vents violents (surtout en zone sud), ils considèrent que le système de goutte à goutte actuel n'est pas adapté à la situation.

Grappe 39 : Raisons évoquées par les utilisateurs réticents à adopter le goutte à goutte

Le goutte à goutte

Plus de 90% des producteurs utilisant le goutte à goutte déclarent que ce système est efficace. Ils évoquent 6 raisons de cette efficacité, surtout en termes de rendement de production, du moindre besoin d'intrants et de propagation de maladie, d'économie d'eau et d'énergie et de possible fertigation grâce à des kits disponibles chez les grainetiers. Si le système en lui-même est moins apprécié que le pivot, le rendement et les coûts évités pèsent dans la balance, en particulier dans une tendance de la fluctuation du marché et de l'augmentation du prix des intrants et de l'énergie. Ce sont sans doute sur ces arguments que le développement du goutte à goutte devrait progresser.

D'autres réponses en faveur du goutte à goutte sont que l'on gagne environ une vingtaine de jours sur le cycle de la pomme de terre en raison de la gestion plus homogène de l'irrigation, que les calibres de la pomme de terre sont bons et plus homogènes, que les pannes sont faciles à réparer au niveau du producteur (Graphe 40). Les producteurs ayant définitivement adopté le goutte à goutte indiquent que tant que l'eau sera disponible et gratuite, les décisions envers le goutte à goutte resteront timides. Ces utilisateurs de goutte à goutte indiquent que les marges d'amélioration du système



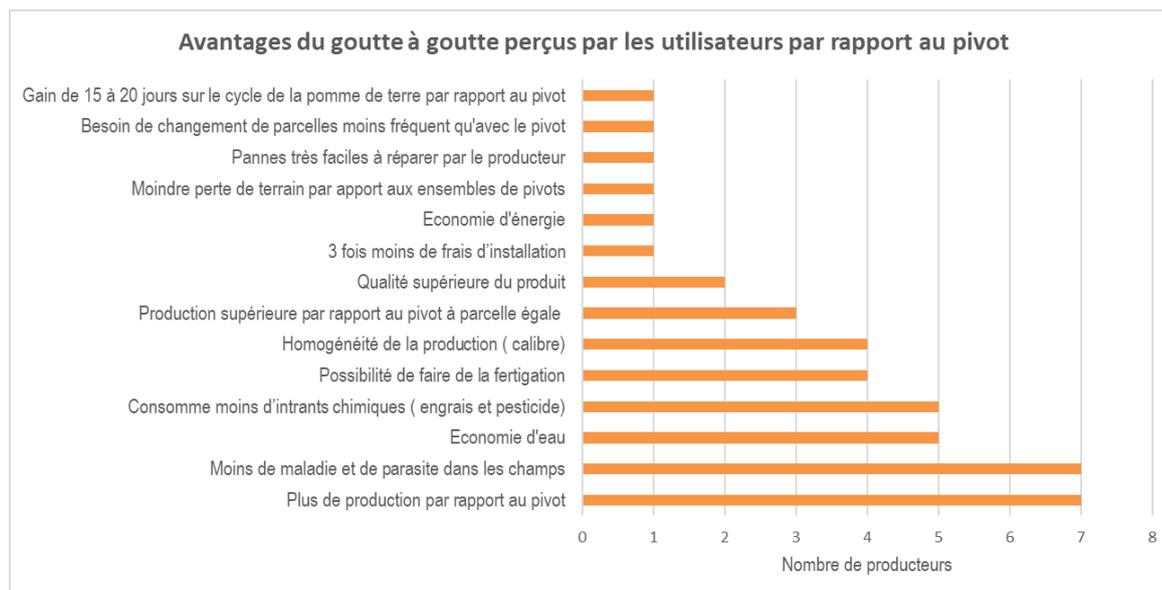
est meilleure qualité/résistance des gaines et une adaptation possible pour résister aux vents violents.

Grappe 40 : Raisons évoquées par les producteurs en faveur du goutte à goutte

Du côté négatif, certains utilisateurs du goutte à goutte regrettent la durée de vie limitée des gaines, le bouchage des goutteurs par le sable et le besoin de force de travail supplémentaire par unité de surface par rapport au système de pivot.

Au-delà de l'efficacité, 10 utilisateurs du goutte à goutte évoquent un total de 14 avantages de ce mode d'irrigation par rapport au pivot (Graphe 41).

Graphe 41 : Avantages du goutte à goutte perçus par les utilisateurs par rapport au pivot



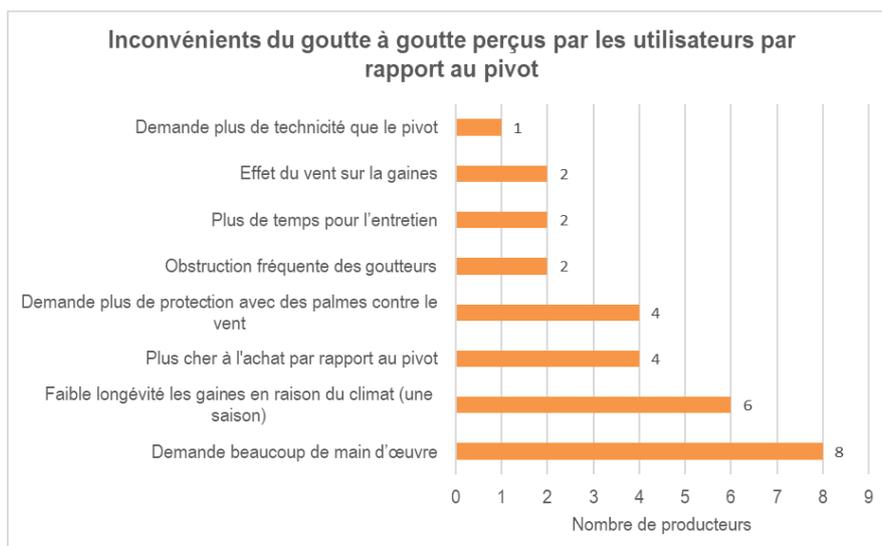
Sept d'entre eux mettent en avant l'accroissement du rendement et donc de la production permis par le goutte à goutte. Ils estiment que cet accroissement varie de 30 à 50% par rapport à l'irrigation par pivot, à sol et variété égaux. Le même nombre de producteurs indique la moindre propagation de maladies et de parasites, car les parties aériennes sont beaucoup moins touchées par l'irrigation et l'humidité qui favorise le développement de champignons. La moitié des utilisateurs de goutte à goutte évoque l'économie conséquente d'eau et la moindre consommation d'engrais minéraux et de pesticides par rapport au système pivot, qui jouent ensemble favorablement sur le coût de production. En fait tout est lié. Avec moins d'irrigation, il y a moins de lessivage des engrais minéraux et moins de coût d'énergie électrique. Avec moins de propagation de maladies, les besoins de traitements sont moindres.

Quatre utilisateurs du goutte à goutte apprécient l'obtention d'un bon calibre homogène des pommes de terre et la possibilité de fertigation par un système de kit disponible localement.

L'homogénéité du calibre, permise par une répartition plus homogène de l'eau sur les rangées par rapport aux pivots, se traduit par une qualité de produit se vendant à un meilleur prix. La fertigation évite des coûts de main d'œuvre et une répartition moindre et plus efficace de la fertilisation. Certains indiquent les moindres frais d'installation du goutte à goutte et la facilité de réparation des pannes. D'autres apprécient que ce système évite de perdre du terrain irrigué entre parcelles continue par rapport aux pivots. Enfin, certains, en particulier ceux qui ont peu de terre, apprécient de pouvoir cultiver la même parcelle deux fois plus longtemps qu'avec le système de pivot, en raison de la plus lente dégradation des sols (moins de lessivage, moins de maladies). Un utilisateur de goutte à goutte travaille la même parcelle 5 à 6 ans avec une double culture annuelle et plus de 10 ans en travaillant l'arrière-saison seulement.

En termes d'inconvénients, comme indiqué plus haut, c'est le besoin régulier de main d'œuvre qui est perçu le plus contraignant pour le goutte à goutte (Graphe 42).

Graphe 42 : Inconvénients du goutte à goutte perçus par les utilisateurs par rapport au pivot



Cela se traduit par une plus grande disponibilité de la force de travail familial ou coût de salaire d'ouvriers, pour les activités telles que pour l'installation et le démontage du système, la pré-irrigation, l'épandage du fumier, le travail du sol, la réinstallation du système sur toute la surface après chaque façon culturale, la surveillance des gaines et des goutteurs chaque jour potentiellement bouchés par le sable et le sel, ou encore les gaines arrachées par le vent.

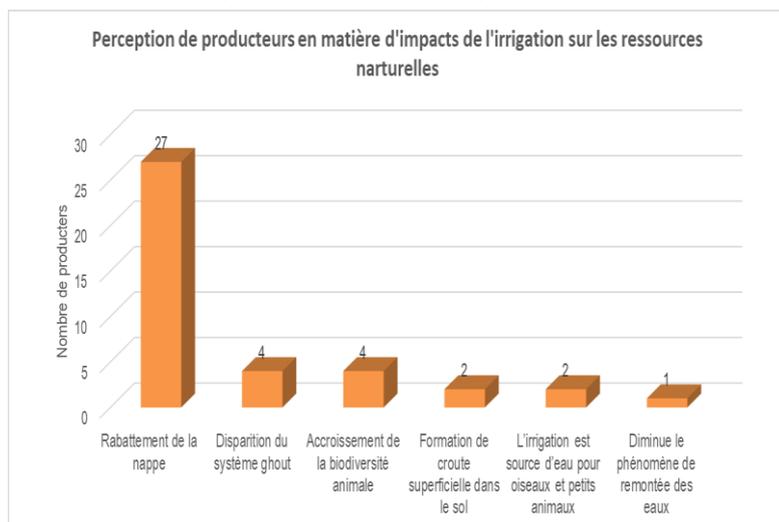
Nous avons vu que globalement, au moins la moitié des producteurs a tendance à sur-irriguer leurs pommes de terre, que ce soit en système de pivot que de goutte à goutte, basés sur des critères d'observation de la plante et de son cycle plutôt que sur des données issues de la vulgarisation agricole. Toutefois, malgré cela, 90% des producteurs déclarent des pratiques visant à économiser la ressource en eau, en particulier en favorisant l'irrigation nocturne, notamment en période estivale.

• **Perception des producteurs en matière d'impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles**

Comme indiqué dans les modèles de moyens d'existence des producteurs, la majorité a fait un choix clairement économique dans le choix et les pratiques de conduite de cette production, avec peu de considérations sociales et environnementales. Le système minier du début des années 2000 de puiser dans les ressources du sol et de l'eau prévaut encore aujourd'hui, même si certains commencent à prendre conscience des impacts sur la santé humaine et l'environnement.

Ainsi, les différentes réponses lors des enquêtes indiquent qu'une minorité se soucie des impacts environnementaux réels (structure et fonction des écosystèmes, biodiversité, services des écosystèmes, pollution, érosion, etc.) de la culture commerciale de la pomme de terre, en dehors des dimensions qui les intéressent pour la production de la pomme de terre : la disponibilité d'eau et de sol de qualité. La question environnementale est donc considérée sous-estimée par les producteurs. D'ailleurs, environ un tiers des producteurs déclare ne percevoir aucun impact de l'irrigation sur le sol, l'écosystème et/ou la biodiversité.

Pour la majorité des producteurs, c'est principalement le rabattement de la nappe de l'eau souterraine qu'ils considèrent



comme impact majeur de l'irrigation, quelle que soit la zone (27 producteurs sur 33). Un total de 4 producteurs fait la corrélation entre l'irrigation de la pomme de terre et la disparition du système Ghout ancestral (producteurs des zones sud et centre) et avec l'accroissement de la diversité animale qui trouve des conditions favorables à l'écosystème modifié et au microclimat créés par la culture irriguée de la pomme de terre (Graphe 43).

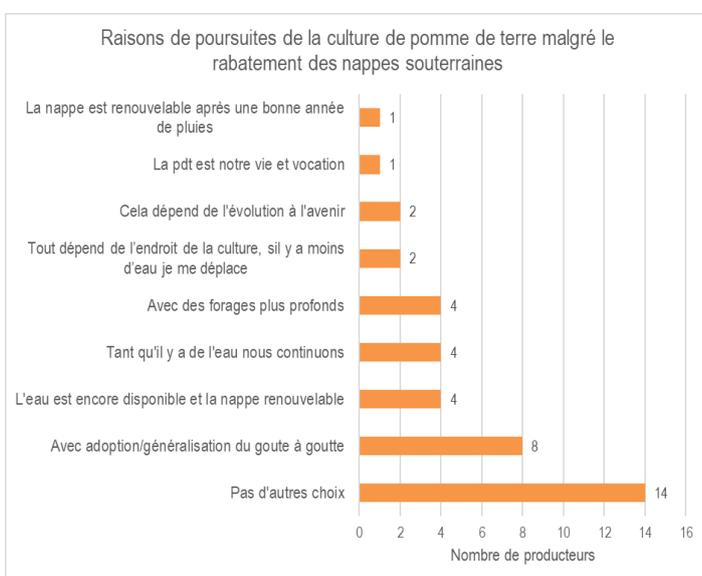
Graphe 43 : Perception des producteurs en matière d'impacts de l'irrigation sur les ressources naturelles

En zone sud, 2 producteurs indiquent la formation de croute avec l'irrigation, effet combinée de l'eau, du sel et de la composition du sol. Basé sur cet échantillon restreint, on estime donc qu'un maximum de 15% des producteurs de pomme de terre donnent des preuves de se soucier des ressources naturelles au-delà de constater le rabattement des nappes d'eau.

Si aucun producteur n'a évoqué spontanément le problème de pollution liée à l'irrigation de la pomme de terre, 94% d'entre eux déclarent également qu'à leur avis, les nappes d'eau ne sont pas polluées. Seuls 2 producteurs estiment que les nappes pourraient être polluées par le lessivage du fumier dû à la sur-irrigation ou éventuellement par des nitrates, sans pour autant en avoir des preuves¹⁰.

Malgré le rabattement des nappes d'eau constaté par la majorité des producteurs, 97% d'entre-eux indiquent vouloir continuer cette activité même si les nappes continuent à baisser. Pour justifier leur décision, près de la moitié se contente d'indiquer qu'ils n'ont pas d'autres choix alors qu'un autre quart lie leur décision au fait de généraliser la pratique de goutte à goutte, surtout dans la zone nord (Graphe 44).

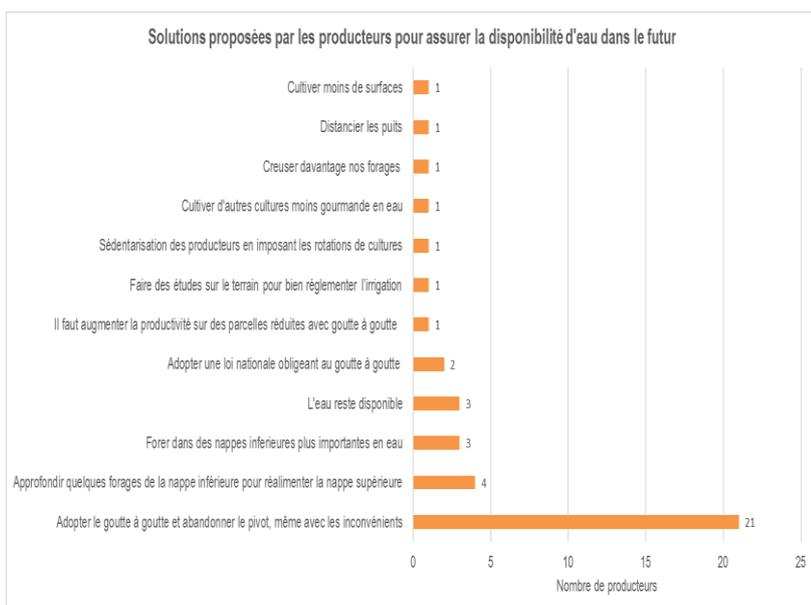
Les autres justifications montrent que certains font confiance à la technologie de pompage pour forer plus profond tant qu'il y a de l'eau, alors que d'autres se basent sur une stratégie de déplacement pour avoir accès à l'eau. Un producteur qui puise dans la nappe phréatique indique qu'une bonne pluie réalimente la nappe.



Graphe 44 : Raisons de poursuites de la culture de pomme de terre malgré le rabattement des nappes souterraines

A la question spécifique sur les solutions d'avenir pour assurer la disponibilité de l'eau d'irrigation, 30 producteurs font des propositions alors que les trois autres ne savent pas ou n'ont pas d'idées. Parmi les 30 producteurs, 21 d'entre eux (70%) mettent clairement en avant le fait d'abandonner le pivot en faveur du goutte à goutte. Cette décision est aussi motivée par l'augmentation continue du coût de production, la dégradation de la qualité de la semence et les fluctuations du marché, ce qui rend risqué de continuer le développement des surfaces.

Chacune des autres solutions n'est exprimée que par un maximum de 4 producteurs (Graphe 45).



Graphe 45 : Solutions proposées par les producteurs pour assurer l'eau dans le futur

En effectuant des regroupements, 8 réponses vont dans le sens de continuer à puiser dans les nappes sans changer de pratique d'irrigation, 3 réponses vont vers une réglementation plus stricte, 4 réponses vont vers une gestion différente des cultures (moins surface, rotation, espèces/variétés adaptées aux conditions de la région comme le fourrage, l'ail, l'oignon). Un producteur propose de distancier davantage les forages.

¹⁰ Il n'existe pas d'études suivies sur la qualité de l'eau dans le territoire de production de pommes de terre. Les résultats issus d'études isolées se trouvent dans la synthèse plus bas.

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

5.1 L'irrigation des palmiers-dattiers

Conclusions

Une dynamique d'adoption du goutte à goutte

*Près de la moitié des producteurs de notre échantillon a adopté le goutte à goutte, les autres irriguent en submersion à la rangée ou à la cuvette. **Les pratiques d'irrigation changent car un tiers des producteurs est passé de l'irrigation par submersion au goutte à goutte depuis ces cinq dernières années.***

Un rabattement moyen de 36 mètres en 10 ans

Entre 2011 et 2021, on note que les forages sont plus profonds en moyenne de 9 mètres (forages sur creusés et nouveaux forages), passant d'une moyenne de 243 mètres à 252 mètres. Pendant la même période, le niveau piézométrique est passé de 72 mètres à 108 mètres, soit un rabattement moyen de nappe de 36 mètres. La différence entre la variation de profondeur de puits et de niveau piézométrique indique que les forages disposent de moins de marge pour absorber les rabattements futurs.

Un niveau piézométrique plus élevé à Ziban Est

On note aujourd'hui, selon les zones, que le niveau piézométrique de la nappe alluviale fluctue de 23 à 56 mètres (10 à 55 mètres en 2011). Celui du calcaire fluctue entre 100 et 185 mètres (70 à 150 en 2011). Celui de l'albien est de 270 mètres en 2021 avec une profondeur de forage dépassant 2000 mètres. Avec une moyenne de 53 mètres de niveau piézométrique, les nappes de Ziban est sont bien moins profondes que celle de Ziban ouest dont la moyenne est de 127 mètres.

Un rabattement de nappe très élevé à Tolga

Les communes où la nappe alluviale est la moins profonde (entre 23 et 45 mètres) sont celles de El Ghrouss et Sidi Khaled à Ziban Ouest et El Haouch et Sidi Okba à Ziban Est. En ce qui concerne la nappe calcaire, ce sont dans les communes de Si Okba (Ziban Est) et de Bordj Ben Azouz, Oumache, Bouchagroune, Lioua, Doucen et El Ghrouss que le niveau piézométrique est le plus haut (100 à 120 mètres de profondeur). Si l'on compare les variations piézométriques depuis ces dernières années entre les producteurs, c'est à Tolga que l'on enregistre la plus forte chute (140 mètres).

Absence de standardisation des fréquences et durées d'irrigation

Aucun producteur n'a reçu de formation formelle en irrigation. Ils se basent sur leurs expériences, habitudes et savoirs hérités, la situation climatique et observations pour leur décision d'irrigation. Certains se basent également sur le niveau de maturité des dattes, l'humidité du sol, la saison, l'aspect physiologique de la plante, le cycle végétatif du palmier et la nature du sol. D'autres n'ont pas le choix car attendent les tours d'eau d'un forage collectif. On constate que pour l'irrigation par submersion et par goutte à goutte, il n'existe pas de mode d'irrigation standardisé, ni en fréquence, ni en volume, reflet de la diversité des traditions, des habitudes et des critères spécifiques de décision d'irrigation de chaque producteur.

Le goutte à goutte : économie d'eau avérée et reconnue par près de la moitié de ceux irriguant en submersion

***Les résultats indiquent que l'irrigation par goutte à goutte demande en moyenne deux fois moins d'eau qu'en système de submersion et que plus de la moitié des producteurs irrigant en submersion admettent qu'ils gaspillent l'eau.** Tous les producteurs irrigant en goutte à goutte indiquent que leur système d'irrigation est efficace. Plus des deux tiers de ceux qui irriguent en submersion affirment que leur système n'est pas efficace.*

Les avantages du goutte à goutte perçus par les producteurs, quelque soit leur système actuel d'irrigation, sont triples : économie d'eau et de temps et réduction de la pénibilité du travail. La grande majorité de ceux qui irriguent en submersion pensent adopter le goutte à goutte.

Goutte à goutte, apport de matière organique et irrigation nocturne : les trois actions majeures d'économie d'eau
Pour économiser l'eau, près de la moitié des producteurs a adopté le goutte à goutte. Plus des deux tiers pratiquent une irrigation nocturne, surtout pendant les mois chauds de juillet-août. La majorité apporte de la matière organique pour mieux retenir l'eau dans le sol. Les producteurs n'ont pas vraiment mis en œuvre d'autres techniques, ou de manière isolée : paillage, déduction de la taille des cuvettes, pas d'irrigation le jour de vent.

Le rabattement de nappe et l'accumulation de sel en surface : les deux impacts majeurs de l'irrigation sur les ressources naturelles

Pour la majorité des producteurs, c'est l'accumulation de sel apporté par l'eau d'irrigation qui est le principal impact sur le sol, ou facteur de dégradation. Le rabattement de la nappe est également évoqué par 60% des producteurs, c'est-à-dire une diminution des stocks d'eau.

Les forages de plus en plus profonds : la solution privilégiée aujourd'hui par les producteurs pour pallier au déficit hydrique

Malgré ce rabattement de nappe généralisé sur Ziban Ouest, 86% des producteurs font confiance à la technologie des forages pour accéder à l'eau plus profonde. Seul deux producteurs voient la solution par une gestion rationnelle de l'irrigation. Ces résultats confirment la stratégie avant tout économique des phoeniciculteurs indiquée plus haut, dans laquelle les ressources naturelles sont considérées un support à cette stratégie.

Recommandations

- Préparer et mener une campagne de sensibilisation et de vulgarisation auprès des agriculteurs sur le défi de la gestion rationnelle de l'eau souterraine pour une filière durable, sur les besoins en eau du palmier le long de son cycle et des techniques d'économie d'eau possibles dans les Ziban.
- Le goutte à goutte ayant fait ses preuves auprès des producteurs l'ayant adopté, en termes d'économie d'eau, d'efficacité d'irrigation, de gain de temps et de réduction de pénibilité, la généralisation de cette technique devrait être inscrite dans le cadre légal pour toutes nouvelles plantations, avec des systèmes d'incitation sur une période limitée (campagne de 3 ans maximum) pour ceux irrigant des palmeraies existantes à la rangée ou à la cuvette. Cette action devrait limiter d'environ de moitié les extractions d'eau par unité de surface et réduire donc la vitesse de rabattement de nappe.
- Réaliser un suivi du taux de salinité de l'eau d'irrigation par microzone pour définir celles affectées par des taux supérieurs à la capacité du palmier à le supporter dans sa période de production (environ 40-50 ans en culture commerciale), et où les drainages sont prioritaires à réaliser.
- Suite à cette étude, réaliser les drainages nécessaires.
- Etudier les possibilités de transfert d'eau pour réaliser/utiliser des forages situés dans des zones à faible teneur en sel et à faible pression d'extraction pour irriguer les palmeraies situées dans des zones montrant les forts rabattements de nappe (Tolga par exemple) ou situées sur des nappes aujourd'hui quasi tariées ou salées.

5.2 L'irrigation des piments

Conclusions

Un rabattement moyen de nappe de 33 mètres depuis cette dernière décennie

*Entre 2011 et 2021, on note que les forages sont plus profonds en moyenne de 8 mètres (forages sur creusés et nouveaux forages), passant d'une moyenne de 148 mètres à 156 mètres. Pendant la même période, le niveau piézométrique est passé de 65,4 mètres à 98,7 mètres, soit **un rabattement moyen de nappe de 33,3 mètres**.*

Des fortes différences de niveau piézométrique selon les zones et les micro-zones

*Avec une moyenne de 110 mètres de profondeur à Ziban centre, les forages sont moins profonds qu'à Ziban Ouest (170 mètres) et Ziban Est (178 mètres). Les niveaux piézométriques de Ziban centre sont également moins profonds (68 mètres) que celle de l'ouest des Ziban Ouest (72,5 mètres) et de Ziban Est (110 mètres). Ainsi, en moyenne, **il reste 32***

mètres linéaire de réserve d'eau dans les forages de la zone centre, 97 mètres sur la zone ouest et 68 mètres sur la zone Est.

Une adoption généralisée du goutte à goutte

Dans notre échantillon, tous les producteurs irriguent en goutte à goutte et le système de submersion qui existait encore dans les années 2010 a presque entièrement disparu. Les raisons principales de l'adoption du goutte à goutte sont le moindre besoin de force de travail pour irriguer, l'économie d'eau et la moindre propagation d'adventices, synonyme également de moindre activité de désherbage manuel ou chimique.

Le goutte à goutte : une efficacité reconnue et des avantages environnementaux multiples

Les producteurs sont tous unanimes pour dire que ce système est efficace. Ils décrivent neuf niveaux d'efficacité, en particulier l'économie d'eau, suivi par la moindre propagation des adventices, la moindre perte de production, le moindre besoin de force de travail, la possibilité de fertigation et la répartition homogène des engrais pour les plantes.

De manière plus globale, les producteurs mentionnent 13 types d'avantages du goutte à goutte et une moyenne de 4,2 avantages chacun. L'économie d'eau, la moindre propagation d'adventices et la moindre perte de production sont les avantages mentionnés par plus de la moitié des utilisateurs. Viennent ensuite la meilleure répartition de l'eau, le moindre besoin de force de travail, l'efficacité de la fertigation et le coût peu élevé du système, mentionné par un tiers des utilisateurs.

En termes environnementaux, le goutte à goutte apporte donc plusieurs avantages : économie d'eau, diminution d'utilisation des produits chimiques, diminution des risques de lessivage et de lixiviation de substances chimiques impactant le sol, la biodiversité et l'eau, diminution de l'effet déstructurant des engrais organiques sur le sol.

Une gestion de l'irrigation surtout basée sur l'observation

Les producteurs se basent surtout sur l'aspect de la plante, le climat et le type de sol pour leur décision d'irrigation. Certains se basent également sur l'habitude et le savoir-faire. Ces critères sont pragmatiques et adaptés à chaque situation, mais elles suggèrent une tendance à la sur-irrigation. En effet, l'état et l'aspect de la plante en plasticulture n'est pas toujours lié à son besoin en eau, mais à la gestion de la serre (température, hygrométrie, pression de vapeur, aération, rayonnement direct, etc.).

De fortes fluctuations de durées et fréquences d'irrigation entre producteurs

Les résultats indiquent que le critère décisionnel d'irrigation propre à chaque producteur l'emporte sur les critères climat et sol, quelle que soit la zone. En effet, à zone, sol et période égaux, les fluctuations de pratique d'irrigation restent fortes entre producteurs. Ces résultats indiquent que le critère d'observation de la plante, donc subjectif, domine dans la décision d'irrigation. On estime que **les deux tiers des producteurs pratiquent la sur-irrigation et près de 20% de manière très excessive.**

Neuf techniques mises en œuvre par les producteurs pour économiser l'eau

Parmi les neuf techniques que les producteurs de piments mettent en œuvre pour économiser l'eau, le paillage et le goutte à goutte sont celles les plus répandues. Ces deux techniques permettent aussi de limiter le désherbage. Ils considèrent que l'apport de matière organique permet une meilleure rétention d'eau en surface et donc évite d'irriguer plus. L'utilisation de tuyaux d'amenée d'eau entre les bassins et les serres évite les pertes par infiltration. Plus du tiers irrigue aussi la nuit, tôt le matin ou le soir pour limiter les phénomènes d'évaporation, mais aussi de condensation dans les serres. Une autre technique locale consiste à enduire le plastique des serres avec une fine couche de boue, limitant le rayonnement direct en période de forte chaleur.

Impacts environnementaux de l'irrigation : une diminution des réserves d'eau souterraines et une dégradation des sols

Parmi les sept catégories d'impacts constatés par les producteurs, quatre sont relatifs à la diminution des réserves d'eau, un affecte la qualité du sol, un autre la propagation d'adventices importé et un dernier sur le lessivage des produits phytosanitaires. Pour la majorité des producteurs, c'est le rabattement de nappe et tarissement des forages ainsi que l'accumulation de sel apporté par l'eau d'irrigation qui sont les principaux impacts de l'irrigation, portant préjudice à la plasticulture. Ces deux impacts agissent négativement sur la structure et l'équilibre chimique du sol et sur les réserves d'eau

souterraine. La qualité des eaux souterraines n'est pas remise en cause par les producteurs qui pensent qu'elle n'est pas polluée.

Malgré le rabattement de nappe et la dégradation du sol, les producteurs désirent poursuivre leur production avec une stratégie minière et technologique

Malgré ce rabattement de nappe touchant clairement plus des deux tiers des zones, 24 producteurs sur 25 souhaitent poursuivre cette activité même si le niveau d'eau continue à baisser, en donnant comme raison qu'ils n'ont pas d'autres choix (44%), qu'ils maîtrisent bien la gestion de cette culture (32%), que c'est leur seul revenu (8%) ou qu'ils rechercheront une autre parcelle à louer où se trouve de l'eau (4%).

Ce souhait, ils l'envisagent avant tout par une stratégie de captage plus profond et de meilleur captage et stockage d'eau (trois quarts des réponses), plutôt que par des solutions d'économie de l'eau. Leur analyse de culture minière reste donc de court-terme.

On peut donc conclure qu'à ce stade de la production, les producteurs de piment gardent une stratégie minière et technologique de l'irrigation, malgré les diminutions des stocks d'eau et la dégradation des sols par l'irrigation. Ils ont toutefois mis en place les techniques locales d'économie d'eau. Même si ces techniques sont encore perfectibles, c'est plutôt la question de la pression du maraichage y compris du piment en plasticulture en zone saharienne qui pose question aujourd'hui, quand des pays confrontés à des problèmes similaires commencent à s'orienter vers des espèces plus adaptées.

Recommandations

- Préparer et mener une campagne de sensibilisation et de vulgarisation auprès des agriculteurs sur le défi de la gestion rationnelle de l'eau souterraine pour une filière durable, sur les besoins en eau du piment et autres cultures maraichères.
- Réaliser des campagnes régulières auprès des producteurs pour vulgariser une irrigation standardisée de la culture du piment et des autres produits maraichers selon leur besoin (normes issues de la recherche-développement dans les zones arides), tout au long du cycle de culture. Deux ou trois formules devraient être adaptées pour les cultures de saison et arrière-saison, plein champ et serre, sols sableux, sols limoneux et sol argileux. Une pancarte explicative rattachable sur serre pourrait être préparée et distribuée auprès des producteurs.
- Réaliser un suivi régulier des variations des niveaux piézométriques des nappes et des réserves d'eau des forages, avec priorité à la zone centre.

5.3 L'irrigation de la pomme de terre

Conclusions

Les ressources en eau sont surexploitées avec des pratiques de sur irrigation provoquant du gaspillage et du lessivage propices à la pollution des nappes et du sol. Les tendances vers des pratiques d'économie de l'eau restent très timides malgré le rabattement régulier des nappes. En effet, si la majorité déclare que le goutte à goutte est la solution pour limiter la surexploitation des nappes, ces intentions ne sont pour l'instant pas suivies de changement significatif de pratique.

- 70% des producteurs utilisent le pivot seul, 24% utilisent pivot et goutte à goutte et 6% utilisent seulement le goutte à goutte ;
- 91% des surfaces irriguées se fait par pivot, le reste en goutte à goutte. Pas d'accroissement sensible du goutte à goutte depuis ces 5 dernières années ;
- Pas de standardisation des fréquences et doses d'irrigation et volume, avec des volumes d'eau d'irrigation par pivot et par cycle variant de d'un gradient de 1 à 18 selon le producteur
- Sur-irrigation généralisée en système pivot et goutte à goutte, avec au moins un tiers des producteurs irriguant en pivot de manière très excessive ;
- Deux à trois fois moins d'eau utilisée en moyenne de système goutte à goutte par rapport au pivot ;
- Rabattement de nappe quasi généralisée sur la zone depuis ces deux dernières décennies, d'une moyenne de 0,62 cm/an, variant de 0,1 à 1,75 m/an selon les zones ;

- Salinité des nappes variant de 1 à 4 gr par litre, sans augmentation sensible de la teneur en sel ou en soufre de l'eau irriguée depuis la dernière décennie. En zone nord, avec une teneur en sel de 4 gr/l, le sel s'accumule en surface ;
- Pas de résultats d'étude ni de suivi sur les résidus des engrais minéraux et des pesticides dans les nappes souterraines ;
- Les producteurs ne sont globalement pas préoccupés par les impacts environnementaux de la culture irriguée et par la surexploitation des réserves en eau. Les forages plus profonds sont perçus comme la principale solution ;
- Si la grande majorité voit l'avenir à terme dans le goutte à goutte, très peu sont prêts à franchir le pas à ce stade en raison de leur stratégie essentiellement économique et spéculative de la pomme de terre ;

Ceux qui adoptent le goutte à goutte mettent en avant les avantages de rendement et de revenus alors que les autres justifient la non adoption par les coûts de main d'œuvre et les inconvénients techniques du goutte à goutte.

L'irrigation non standardisée et la sur-irrigation généralisée avec au moins un tiers de producteurs adoptant des pratiques sont très excessives, provoquant un rabattement des nappes utilisées quasi généralisé depuis cette dernière décennie. Ce comportement existe aussi bien en irrigation pivot (91% des surfaces irriguées) qu'en goutte à goutte (9%), même si le système goutte à goutte consomme moins d'eau. Les producteurs, maintenant pour la plupart une approche purement économique et spéculative de la culture de la pomme de terre, adoptent surtout des solutions technologiques à la descente du niveau piézométrique par forage profond, plutôt qu'une approche écologique d'économie d'eau. Ce choix est motivé par l'eau gratuite. En termes qualitatifs, si la totalité des producteurs déclarent que l'eau n'est pas polluée, il n'existe pas de suivi scientifique pour le prouver. Si les producteurs estiment que le niveau de sel dans l'eau d'irrigation ne pose pas un gros problème, c'est aussi parce que la teneur en sel de l'eau est le critère clé de choix des parcelles. Ce résultat n'est donc peut-être pas représentatif d'une tendance générale de l'ensemble des nappes utilisées. Si les producteurs voient l'avenir dans le goutte à goutte, ces intentions ne sont pour l'instant pas suivies d'effet. L'absence de conscience écologique constatée à tous les niveaux de réponse des producteurs indique que sans des décisions en matière de police et tarification de l'eau et sans contrôle effectif, cette dégradation va se poursuivre tant que les forages le permettront. Certains évoquent déjà l'option de forer dans la nappe très profonde de l'Albien.

Recommandations

Dans le moyen-terme, si les forces du marché (instabilité du marché de la pomme de terre, augmentation du prix des intrants) et les coûts d'extraction de l'eau finiront sans doute à obliger les producteurs à adopter le goutte à goutte, le paiement de l'eau selon des modalités appropriées (tarifs liés au volume de consommation), associé à une campagne d'aide à l'adoption de goutte à goutte de qualité certifiée) accélérerait significativement cette tendance. Pour les zones exposées aux vents violents, la recherche d'adaptation du goutte à goutte paraît nécessaire à cette adoption. Ces mesures sont bien sûr à associer à celles liées aux autres composantes environnementales de l'étude (concept d'agro écologie de rotation sur parcelles permanente avec goutte à goutte).

Scénario 1 : maintien de la situation actuelle

- Maintien des systèmes en place avec accroissement du rabattement des nappes, frais d'irrigation en hausse ;
- Accroissement du prix des intrants (engrais et produits phytosanitaires en particulier) et du coût de production ;
- Abandon et reconversion progressif des exploitations les moins solides financièrement ;
- Adoption progressive et lente du goutte à goutte par les grands exploitants en monoculture pomme de terre ou autre culture intéressante et par les petits exploitants en système de rotation et association de cultures.

Scénario 2 : adoption rapide du goutte à goutte pour diminuer la pression sur la ressource en eau

- Compteur d'eau et tarif lié à la consommation d'eau (prix préférentiel pour un volume selon norme goutte à goutte, et nettement plus, élevé après) ;
- Campagne de 2-3 ans d'aide et d'accompagnement à l'adoption du goutte à goutte ;
- Contrôle et certification de système de goutte à goutte résistant ;
- Formation technique des revendeurs de goutte à goutte pour l'installation et l'opération adéquate des gouttes à goutte ;
- Formation des agriculteurs à la gestion de l'irrigation, fréquences et durées ;
- Adaptation du cadre légal (police de l'eau) et contrôle effectif ;
- Suivi régulier des niveaux piézométriques et de la qualité de l'eau sur un réseau de forages ;
- Programme de recherche pour adapter le système goutte à goutte aux vents violents.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Arias-Estévez, M., López-Periago, E., MartínezCarballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J. C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(4), 247-260.
- Association Rivière Rhone-Alpes, 2015. Pollution de l'eau liée aux activités agricoles. Actes de la journée technique du 27 février 2015. Alixan. 37 pages.
- Berdai H, Soudi B., Bellouti A., Contribution à l'étude de la pollution nitrique des eaux souterraines en zones irriguées : CAS DU TADLA. Revue H.T.E. N° 128 - Mars 2004. 23 pages
- Bettiche F., Gunberger O., Belhamra M., 2017. Contamination des eaux par les pesticides sous systèmes de production intensive (Serres), Cas de Biskra, Algérie. *Courrier du savoir* N° 23, pp.39-48.
- Bettiche F., 2017. Usages des produits phytosanitaires dans les cultures sous serres des Ziban (Algérie) et évaluation des conséquences environnementales possibles. Université Mohamed Khider Biskra. 327 pages
- Coote D.R., Gregorich L. J., 2000. La santé de l'eau. Vers une agriculture durable au Canada Publication 2020F. Ottawa, Canada, 185p
- Drouiche, A. M., Chaib, W., Rezeg, A., Bougherira, N., Hamzaoui, W., & Djabri, L. (2013). Risque de contamination des eaux souterraines par les nitrates en régions arides; cas d'Elghrous (Région des Ziban-SudEst Algérien). *Journal Algérien Des Régions Arides*, (Numéro Spécial), 65–75.
- Fait, G., Balderacchi, M., Ferrari, F., Ungaro, F., Capri, E., & Trevisan, M. (2010). A field study of the impact of different irrigation practices on herbicide leaching. *European Journal of Agronomy*, 32(4), 280– 287. [16] Gilliom, R. J. (2007). Pesticides in U.S. Streams and Groundwater. *Environmental Science and Technology*, 3409–3414.
- Gonzalez, M., Miglioranza, K. S. B., Shimabukuro, V. M., Londoño, O. M. Q., Martinez, D. E., Aizpún, J. E., & Moreno, V. J. (2012). Surface and groundwater pollution by organochlorine compounds in a typical soybean system from the south Pampa, Argentina. *Environmental Earth Sciences*, 65, 481–491. [18]
- Haarstad, K., Bavor, J., & Roseth, R. (2012). Pesticides in Greenhouse Runoff, Soil and Plants: A Screening. *Open Environmental & Biological Monitoring Journal*, (1875), 1–13
- [IFEN] Institut français de l'environnement, 2007. Les pesticides dans les eaux Données 2005. les dossiers ifen n 9 ; France, Ifen , 2007 , 36p.
- Keddal, H., & Yao N'dri, J. (2007). Impacts De L ' Intensification Agricole Sur La Qualite Des Eaux De Surface Et Des Eaux Souterraines. *HTE*, 1(138), 13– 29. [24]
- Konstantinou, I., Hela, D., & Albanis, T. (2006). The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. *Environmental Pollution*, 141, 555–570.
- Schiavon M., Perrin-Ganier C., Portal J.M. - *Agronomie*, 1995. La pollution de l'eau par les produits phytosanitaires: état et origine. hal.archives-ouvertes.fr.
- Wauchoper.D., 1978. The pesticide content of surface water drainage from agricultural fields: A review. *Journal of Environmental Quality*, 7: 459-472