

Sénégal : Les énergies renouvelables dans les chaînes de valeur agricoles

*Modèle d'analyse de rentabilité :
Pompage d'eau à l'énergie
solaire photovoltaïque pour un
programme d'irrigation à petite
échelle répondant à une faible
demande d'eau*



INTRODUCTION

Ce Modèle d'analyse de rentabilité étudie la viabilité d'un investissement au Sénégal dans un système de pompage d'eau d'irrigation fonctionnant à l'énergie solaire photovoltaïque (PV), par comparaison à des systèmes fonctionnant au diesel ou à l'électricité du réseau. La modélisation porte sur des systèmes de pompage d'eau fonctionnant au diesel, à l'électricité du réseau et au PV pour des parcelles cultivées

de petite superficie¹ de 0,1, 1 et 5 hectares (ha) : Cette superficie représente à peu près 90 % des parcelles cultivées des agriculteurs sénégalais, en dessous de 5 ha², si l'on intègre l'horticulture des variétés relativement peu consommatrices d'eau comme l'arachide, l'oignon et la carotte. On suppose que ces systèmes pourraient être mis en œuvre au niveau de l'exploitant individuel ou du groupe d'agriculteurs

- 1) Un second Modèle d'analyse de rentabilité étudie la faisabilité des pompes solaires pour les systèmes d'irrigation de grandes surfaces cultivées : 50 et 250 ha ; consultable sur www.get-invest.eu
- 2) Recherche du Centre de politique et d'économie de l'environnement de l'Afrique (CEEPA)

GET.invest bénéficie du soutien de



(5 ha), dans ce dernier cas avec un panneau solaire et une pompe mutualisés.

Au niveau mondial, le marché de l'irrigation fonctionnant à l'énergie solaire présente un potentiel de croissance significatif. Une étude publiée récemment prédisait une augmentation globale du nombre d'unités installées de quelque 120 000 en 2014 à près d'1,5 million en 2022³. Pour le Sénégal, le Guide du développeur GET.invest qui accompagne cette étude estime le marché potentiel à plus de⁴ 55 millions EUR, eu égard à l'expansion considérable des superficies irriguées.

On estime à 497 500 ha la superficie du Sénégal présentant un potentiel relativement prometteur pour l'irrigation. Ces zones sont concentrées autour du fleuve Sénégal au nord, sur la région des Niayes à l'ouest et sur le bassin arachidier au centre. La superficie irriguée totale a récemment été estimée à 95 400 ha dont 26 000 ha pour les cultures maraîchères et 69 400 ha pour les cultures céréalières (surtout le riz). Le rôle de l'irrigation est essentiel pour la production agricole dans le pays ; une étude FAO/IFC (2016)⁵ indique que les parcelles irriguées de petite surface (0,2 ha) utilisant les eaux superficielles assurent 90 % de la production des légumes vendus sur les marchés locaux.

Actuellement, les petits propriétaires agricoles sénégalais irriguant une superficie de 2 à 3 ha utilisent majoritairement des pompes diesel de faible puissance (< 5 kW). Les pompes électriques, en revanche, sont généralement plus puissantes (50 à 90 kW) et sont majoritairement utilisées par les moyennes et grandes entreprises agroalimentaires existantes et émergentes. Les dépenses d'exploitation quotidiennes sur les parcelles de petite superficie, combustible compris pour les pompes diesel, vont de 1,55 EUR/ha à 2,63 EUR/ha. C'est 3 fois plus que le prix de l'électricité du réseau, même si l'accès à ce réseau reste limité, avec environ 40 % des ménages ruraux raccordés.⁶ Le combustible diesel représente aussi près d'un tiers des besoins en énergie des exploitations raccordées au réseau de pompage,

en raison des pannes fréquentes qui rendent le réseau indisponible. Les systèmes diesel sont souvent associés à un tuyau⁷ prélevant une grande quantité d'eau sur une courte durée, ce qui provoque un ruissellement important des engrais, et diminue le rendement et la qualité des récoltes.

Dans ce contexte, l'abondance de la ressource en énergie solaire au Sénégal, combinée à la baisse progressive de tarif des panneaux PV et à l'émergence de nouveaux systèmes de financement peut créer des conditions favorables à l'irrigation solaire pour certaines exploitations agricoles.

PUBLIC CIBLE

- **Les agriculteurs et leurs associations** qui envisagent le pompage solaire dans l'objectif de baisser leurs dépenses d'exploitation, entre autres avantages potentiels
- **Les développeurs de projets et les financeurs** susceptibles d'être intéressés par un marché de l'irrigation à l'énergie solaire estimé à plus de 55 millions EUR et souhaitant identifier leur possible clientèle future

PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE

L'Annexe A apporte des informations plus détaillées.

HYPOTHÈSES ET PRINCIPAUX PARAMÈTRES

Trois solutions de pompage différentes sont modélisées pour fournir aux trois superficies de parcelle (0,1 ha, 1 ha et 5 ha) un volume d'eau d'irrigation compris entre 63 et 70 m³/ha/jour⁸. TCe volume d'eau correspond à des cultures dont les besoins sont faibles, comme l'arachide, la pastèque, la carotte, les brassicacées (brocoli, chou-fleur, choux,) oignons et laitues. L'étude retient pour hypothèse deux saisons de culture par an, pour un total de

3) HYSTRA (2017) Reaching Scale in Access to Energy : Lessons from Practitioners. Disponible sur : www.hystra.com/a2e/ – consulté en janvier 2019

4) Voir le « Guide du développeur » de notre dossier, consultable sur www.get-invest.eu

5) FAO/IFC (2016) Senegal Irrigation Market Brief ; Disponible sur : <http://www.fao.org/3/a-i5365e.pdf> – consulté en janvier 2019

6) Banque mondiale (non daté) Accès à l'électricité, zones rurales (% de la population rurale), Accessible sur : <https://bit.ly/2QEo0HK> – consulté en janvier 2019

7) L'Annexe A apporte des informations plus détaillées sur les méthodes d'irrigation

8) FAO (1986) Gestion des eaux en irrigation : Les besoins en eau d'irrigation. Accessible sur : <https://bit.ly/2TFqvea> – consulté en janvier 2019

274 jours d'irrigation entre mars et novembre⁹, les besoins spécifiques en irrigation étant ajustés à chaque saison en fonction de la température et de la pluviométrie.¹⁰

Le Modèle tient compte des informations disponibles publiquement concernant les types de pompes les plus fréquents sur le marché sénégalais, notamment en termes de caractéristiques et de tarifs. Nous avons sélectionné dans les catalogues des fournisseurs des pompes adaptées pour répondre aux besoins estimés de débit et de hauteur dynamique pour chaque profil. Nous tenons compte d'une hauteur de 30 m pour accorder une tolérance aux pertes du système et garantir une pression d'eau suffisante pour alimenter toutes les technologies d'irrigation disponibles (pivot central, pulvérisateur et goutte-à-goutte¹¹) et la compatibilité aux systèmes intégrant des réservoirs de stockage d'eau.

Pour assurer la sécurité de l'approvisionnement, la capacité du panneau solaire PV associé est dimensionnée en cohérence avec la pompe. Une pompe a besoin d'une certaine puissance pour produire la pression et le débit souhaités. Le panneau PV doit donc être dimensionné de façon optimale pour fournir la puissance requise. Un système PV de plus forte capacité, bien que plus cher, permettra à la pompe de démarrer plus tôt et de fonctionner plus longtemps pendant les périodes de faible ensoleillement.

De manière générale, la demande d'eau et la hauteur dynamique requise dépendent fortement des conditions présentes sur le site et des variétés cultivées. Même si toutes les hypothèses formulées reflètent une configuration typique du Sénégal, certains facteurs locaux peuvent varier de façon significative et donc influencer les résultats obtenus et la viabilité financière. Le **Tableau 1** synthétise les principaux paramètres système utilisés.

TABLEAU 1. Principaux paramètres de configuration

VARIABLES D'ENTRÉE	VALEURS		
Taille de parcelle (ha)	0,1	1	5
Jours d'irrigation	274	274	274
Besoin d'irrigation (m ³ /ha/jour)	70	70	70
Besoin d'irrigation (m ³ /jour)	7	70	350
Puissance de la pompe (kW)	0,07	0,74	3,7
Hauteur dynamique (m)	30	30	30
Capacité PV (kWp)	0,9	0,87	4,3

DÉPENSES D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION

Dans tous les cas étudiés, les dépenses d'investissement couvrent le coût direct de la pompe. Pour la pompe solaire, le coût du panneau solaire est inclus. Le cas de la parcelle de 0,1 ha s'appuie sur l'utilisation d'une unité combinée pompe et panneau PV. Pour les pompes électriques, les coûts du raccordement au réseau d'électricité n'ont pas été pris en compte ; en revanche, on a tenu compte de frais de connexion à une ligne basse tension sur la parcelle de 0,1 ha. Comme le matériel est directement disponible au Sénégal, le calcul ne tient pas compte de droits d'importation. On suppose que les trois options présentent des coûts similaires en termes d'installation, de logistique, de transport et de travaux de génie civil. Ces données n'ont donc pas été prises en compte dans la comparaison.¹²

Les dépenses d'exploitation des pompes solaires sont faibles, et les dépenses d'exploitation et de maintenance représentent environ 2 % des dépenses d'investissement. Les dépenses d'exploitation des pompes diesel sont plus élevées et représentent environ 10 % des dépenses d'investissement, en plus du coût du combustible, estimé pour ce Modèle entre 1,20 EUR/

9) De nombreux agriculteurs sénégalais travaillent sur une seule saison de culture. Cependant, on suppose que ceux qui auront accès à un système de pompage (amélioré) utiliseront deux saisons de culture. L'impact du nombre de jours d'irrigation est étudié dans la partie « Analyse de sensibilité » de ce document
 10) On a utilisé pour ce Modèle les données climatiques de la région de Dakar, qui fournissent une moyenne représentative du climat du pays.
 11) L'Annexe A contient des informations plus détaillées sur les méthodes d'irrigation citées

12) Même s'il existe certains écarts de coûts, nous avons retenu cette approche par souci de simplification. Ce Modèle d'analyse de rentabilité permet de comparer directement le coût des différentes solutions de pompage (solaire, diesel, réseau électrique) pour les besoins de l'irrigation au Sénégal

litre et 1,29 EUR/litre, selon la puissance de l'équipement.¹³ Pour les pompes électriques, l'électricité fournie par le réseau est considérée comme étant une dépense d'exploitation. Les calculs s'appuient sur le tarif « usage professionnel » de la Senelec¹⁴ déterminé par la Commission de régulation du secteur électrique (CRSE), les trois tailles de parcelle n'étant soumises à aucune facturation mensuelle fixe. La parcelle de 5 ha relève de la catégorie UD-MP (usage professionnel moyenne puissance), la classe de consommation inférieure UD-PP (usage professionnel petite puissance) s'appliquant aux deux autres superficies. D'autres tarifs peuvent s'appliquer si l'électricité est fournie par un autre opérateur que la Senelec.

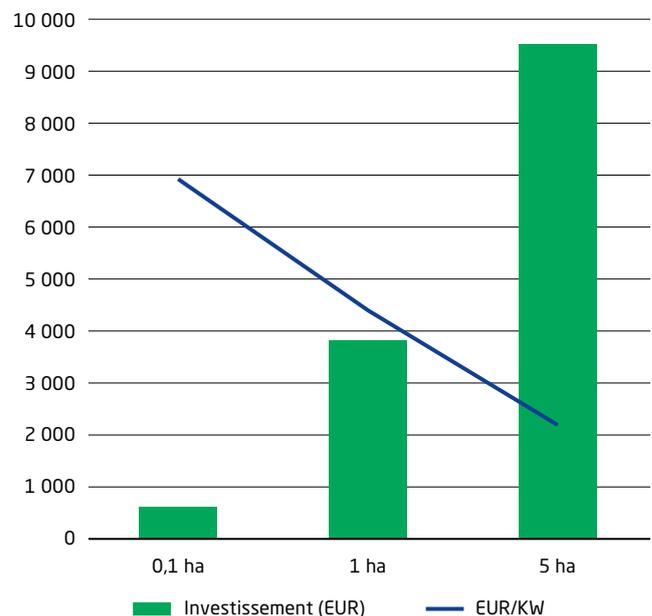
De manière générale, le besoin de remplacement des installations de pompage dépend de la fiabilité du système et de l'environnement opérationnel (par exemple, qualité de l'eau, qualité du diesel, exposition directe au rayonnement solaire, température excessive) et du niveau de maintenance assurée. En nous appuyant sur notre connaissance du secteur et sur nos entretiens avec des fournisseurs de pompes, nous avons estimé la durée de vie des installations à 10 ans pour le projet. Les trois scénarios ne tiennent compte d'aucun coût de remplacement de matériel pendant ces 10 années.

Le **Tableau 2** synthétise les dépenses d'investissement et d'exploitation du système de pompage. Sans surprise, les pompes solaires nécessitent un investissement initial plus élevé mais bénéficient de dépenses d'exploitation moins importantes. La **Figure 1** compare le coût d'investissement total d'une pompe solaire PV et le coût par kW, pour faire apparaître l'impact des économies d'échelle.

TABLEAU 2. Dépenses d'investissement et d'exploitation

VARIABLES D'ENTRÉE		VALEURS		
Taille de parcelle (ha)		0,1	1	5
Investissement (EUR)	Diesel	300	800	1 500
	PV	600	3 814	9 504
	Réseau	442	1 000	1 500
Dép. d'expl. dont combustible (EUR/an)	Diesel	78	544	2 386
	PV	12	82	216
	Réseau	23	169	794

FIGURE 1. Coût de la pompe solaire PV (pompe et panneau PV)



13) Les prix du diesel ont été ajustés par rapport à la moyenne nationale (0,92 EUR/l) pour tenir compte des tarifs et des coûts plus élevés dans les zones rurales et reculées

14) La Senelec est la Société nationale d'électricité du Sénégal. Voir le Guide du développeur, consultable sur www.get-invest.eu, qui apporte des informations complémentaires sur les tarifs de la Senelec.

Scénarios¹⁵ de financement

Ce Modèle d'analyse de rentabilité n'intègre aucune subvention ou financement concessionnel. Nous vous invitons à consulter les Études de cas du dossier, qui présentent un scénario de financement concessionnel. Le **Tableau 3** synthétise les hypothèses de financement utilisées pour cette étude :

TABLEAU 3. Hypothèses de financement

VARIABLES D'ENTRÉE		VALEURS		
Taille de parcelle (ha)		0,1	1	5
Ratio endettement/ fonds propres	%	80/20	50/50	50/50
Coût moyen pondéré du capital (CMPC), avant impôts, réel	%	16	15	15
Taux d'intérêt, réel ¹⁶	%	15,7	12,5	12,5
Période de grâce du prêt	mois	6	12	12
Durée de rembourse- ment du prêt	années	1,5	3	3

ANALYSE FINANCIÈRE

Coût normalisé de l'énergie (LCOE, levelised cost of electricity)¹⁷ et valeur actualisée nette (VAN)¹⁸ des économies de coûts

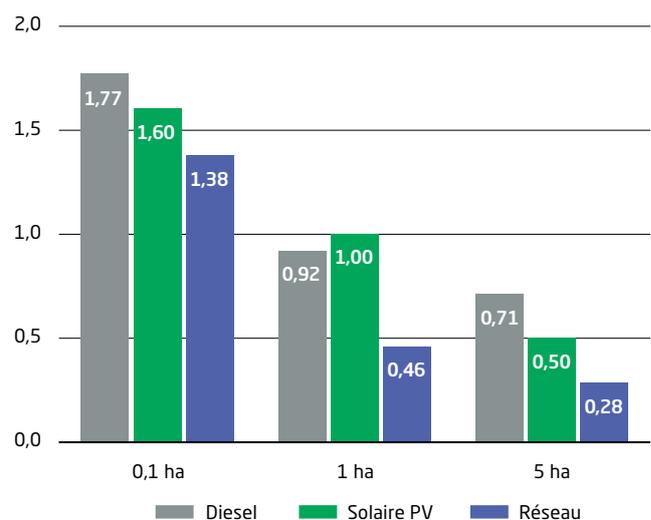
La **Figure 3** synthétise les résultats des calculs de LCOE en prenant pour taux d'actualisation le coût moyen du capital pondéré réel avant impôts. Le **Tableau 3** synthétise la VAN des économies

- 15) Voir le « Guide du développeur », consultable sur www.get-invest.eu pour de plus amples informations sur les différentes options de financement
- 16) Sur la base des taux nominaux moyens des banques commerciales
- 17) Le LCOE sert ici d'indicateur de comparaison du coût de l'électricité dans les différents scénarios. Le LCOE est le rapport entre le total des coûts sur la durée de vie et la production d'électricité sur la durée de vie du projet, les deux grandeurs étant actualisées à une année commune en appliquant un taux d'actualisation adapté
- 18) La VAN correspond à la différence entre la valeur actualisée des flux de trésorerie futurs du projet et l'investissement initial. La valeur actualisée est la valeur courante d'une future somme d'argent ou d'un flux de trésorerie futur, en appliquant un taux d'actualisation théorique représentant le risque d'investissement

résultant de l'utilisation du solaire PV par rapport à l'utilisation de pompes fonctionnant au diesel et à l'électricité du réseau, en prenant pour taux d'actualisation le coût moyen du capital pondéré réel avant impôts. Il apparaît clairement qu'investir dans une pompe PV est une meilleure solution pour les scénarios d'irrigation des parcelles de 0,1 ha et 5 ha par rapport à l'utilisation de pompes fonctionnant au diesel. Pour la parcelle de 1 ha, la pompe diesel est plus intéressante que la solution solaire, même si les valeurs de LCOE sont proches. En réalité, l'attractivité relative du pompage solaire PV ou diesel dépend des conditions spécifiques de chaque exploitation. Il est donc important de prendre en compte les variables présentées dans la suite de ce document.

Par comparaison à la pompe électrique raccordée au réseau, l'avantage de la pompe solaire en termes de coût est moins concluant. Toutefois, si l'on intègre la qualité du service de fourniture d'électricité et les pannes du réseau, il faut prévoir un équipement de secours pour la production d'électricité, ce qui peut faire pencher la balance des coûts en faveur du pompage solaire PV (pour plus d'informations, se rapporter à la section consacrée à l'analyse de sensibilité).

FIGURE 2. LCOE (EUR/kWh) des différentes pompes pour les trois superficies



TABEAU 3. VAN des économies résultant de l'utilisation du solaire PV contre diesel et électricité

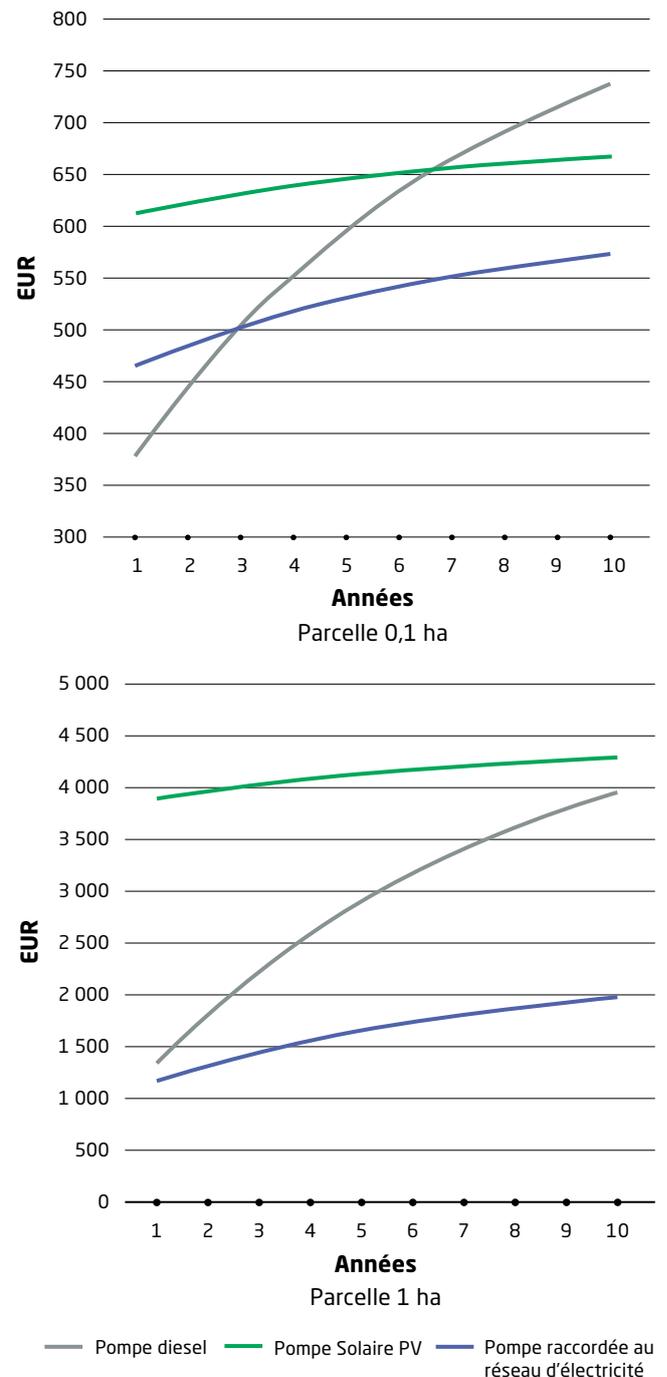
		PARCELLE 0,1 HA	PARCELLE 1 HA	5 ha PLOT
VAN des économies résultant de l'utilisation du solaire PV contre : (EUR)	Pompe diesel	70	-346	4529
	Pompe raccordée au réseau	-94	-2313	-4665

Analyse d'équilibre budgétaire

L'analyse d'équilibre budgétaire du total cumulé des dépenses actualisées (dépenses d'investissement et d'exploitation) est présentée pour illustrer la faisabilité économique relative de chaque scénario. La **Figure 3** synthétise les résultats. Les pompes PV deviennent manifestement plus intéressantes que les pompes diesel après sept ans pour la parcelle de 0,1 ha et après cinq ans pour la parcelle de 5 ha. Pour le scénario de la parcelle 1 ha, la pompe solaire n'atteint pas l'équilibre budgétaire dans la période modélisée de dix ans.

De manière générale, on observe que l'attractivité supérieure des pompes d'irrigation solaire s'explique par le coût élevé du combustible nécessaire pour les pompes diesel. Ce n'est pas le cas pour la parcelle d'1 ha, ce qui peut s'expliquer par l'augmentation relativement forte du coût de l'investissement initial pour la pompe sur cette superficie. En effet, parmi les pompes disponibles sur le marché, il faut choisir une pompe d'une certaine puissance pour assurer la fourniture du débit d'eau requis. **L'Annexe B** présente plus en détail sous la forme de tableaux les économies nettes permises par le système solaire PV par rapport à la solution diesel.

FIGURE 3. Équilibre budgétaire des différentes solutions de pompage pour les trois tailles de parcelle



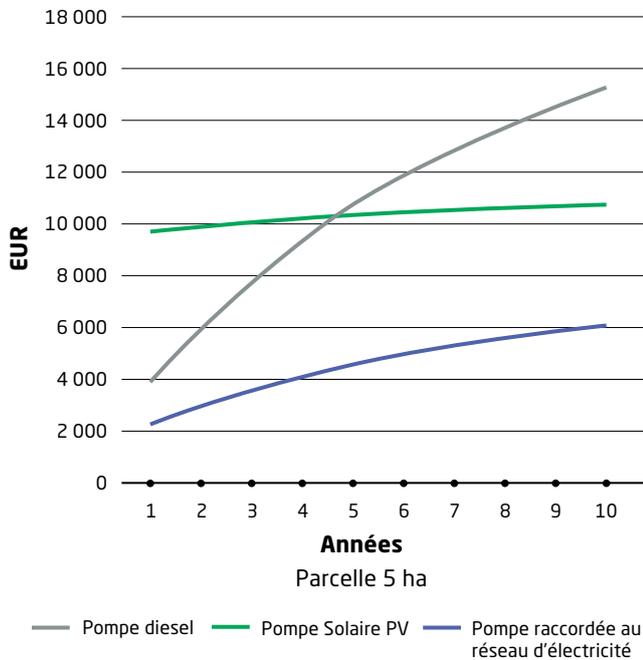
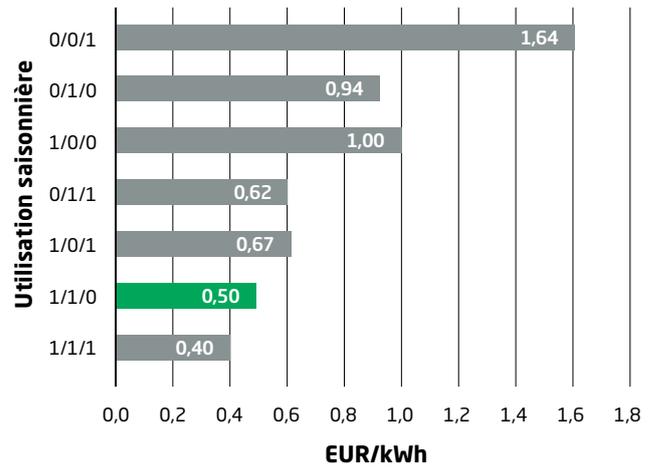
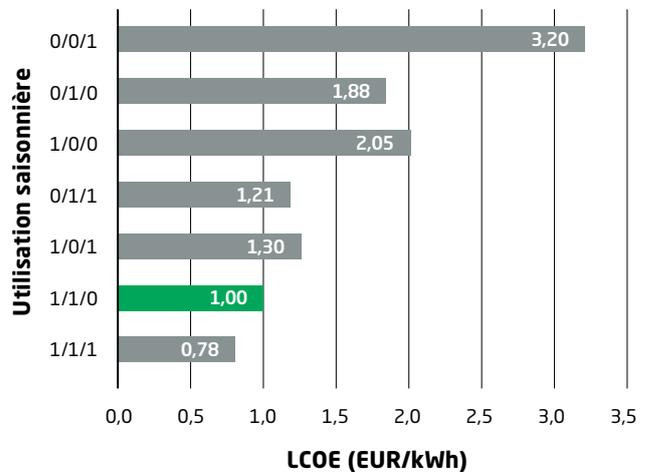


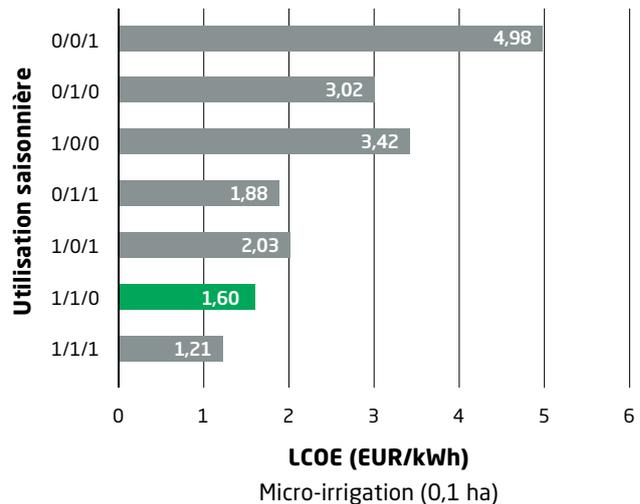
FIGURE 4. LOCE des pompes PV en fonction du nombre de saisons de culture (Saison 2 / Saison 1 / Saison 3)



Irrigation mutualisée petit périmètre (5 ha)



LCOE (EUR/kWh) - Irrigation petit périmètre (1 ha)



LCOE (EUR/kWh) - Micro-irrigation (0,1 ha)

ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Nous avons réalisé une analyse de sensibilité sur deux variables, afin de tester leur incidence sur la performance économique de l'investissement dans un système de pompage d'eau. Les variables sont :

- Le nombre de saisons de culture
- Le prix du module solaire PV

Variable 1 – Effet du nombre de saisons de culture sur le LCOE de la pompe PV

Le nombre de saisons de culture (1 à 3)¹⁹ exerce une influence non négligeable sur la performance économique des pompes d'irrigation solaire. L'utilisation d'électricité et la consommation de combustible diesel augmente avec le nombre de saisons de culture, augmentant ainsi le potentiel d'économie associé aux pompes solaires PV, et vice versa.

La Figure 4 présente le LCOE d'une pompe d'irrigation solaire pour différents scénarios de saisons de culture. Les derniers chiffres de LCOE rapportés figurent en vert. Il est clair que le choix du solaire devient moins rentable économiquement à mesure que les périodes de culture raccourcissent.

19) Les scénarios s'appuient sur une année comportant trois saisons de culture : Saison 1 (sec et chaud, contre saison chaude) de mars à juin, Saison 2 (humide, hivernage) de juillet à novembre et Saison 3 (sec et froid, contre saison froide) de décembre à février.

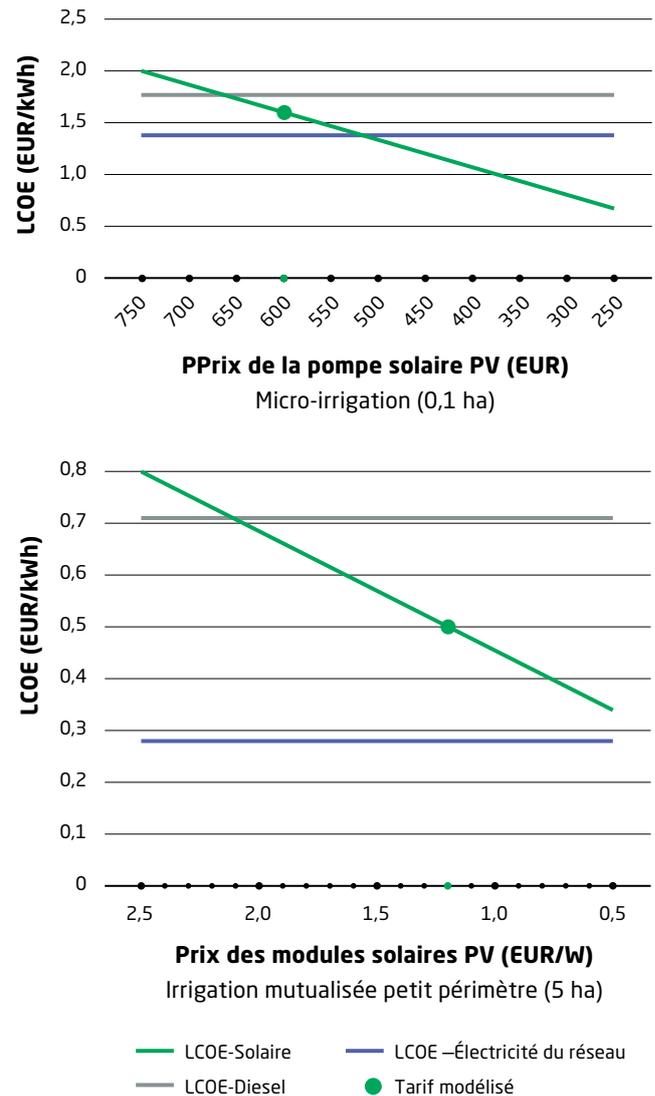
Pour mieux juger de la pertinence de cette variable, il est utile de souligner l'impact des besoins en eau d'irrigation selon la saison et la région du pays. Pour la même parcelle cultivée au Sud du pays dans la région de Ziguinchor, les besoins en eau par hectare diminuent de 63 m³/ha/jour en moyenne à 55 m³/ha/jour pendant la saison humide (de juillet à novembre).

Variable 2 — Effet du prix des modules PV sur le LCOE des pompes solaires par rapport aux pompes fonctionnant au diesel et à l'électricité

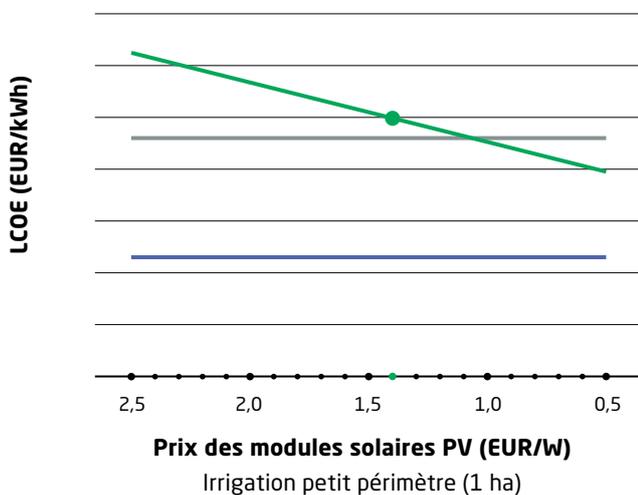
Les coûts associés à l'utilisation d'une pompe solaire sont directement corrélés à l'investissement initial nécessaire à l'acquisition du panneau solaire. Même si la technologie solaire PV devient de moins en moins chère, le prix des panneaux achetés au titre d'un investissement individuel reste une variable critique. Nous avons donc étudié l'effet du prix d'un module PV sur le LCOE d'une pompe solaire dans le cadre d'une analyse de sensibilité. Les résultats sont présentés par comparaison au LCOE fixe d'une pompe diesel ou raccordée au réseau à la **Figure 5**.

On constate que pour la parcelle d'1 ha, une diminution de 30 % du prix du panneau PV par rapport à un LCOE statique pour le diesel donne un résultat positif. Pour la parcelle de 0,1 ha²⁰ une diminution de moins de 20 % du prix de l'unité de pompage PV permet de rendre la solution solaire attractive par rapport à la solution raccordée au réseau d'électricité. Ces résultats sont obtenus pour un tarif statique, sans tenir compte de la nécessité d'un groupe électrogène de secours pour pallier les pannes du réseau électrique.

FIGURE 5. Sensibilité du LCOE des pompes solaires PV en fonction du prix des modules PV (EUR/W) par comparaison au LCOE statique des pompes fonctionnant au diesel et à l'électricité



20) Le scénario d'une parcelle de 0,1 ha s'appuie sur l'utilisation d'une unité combinée pompe et panneau PV, pour laquelle les modules PV ne sont pas vendus séparément. L'analyse de sensibilité a donc été réalisée sur le coût de l'unité de pompage



Note à propos du groupe électrogène diesel de secours

Bien souvent, l'exploitant doit intégrer l'impact du coût d'un groupe électrogène diesel de secours pour pallier les pannes du réseau. Dans un scénario tenant compte des pannes du réseau, le LCOE de la pompe électrique de la parcelle de 5 ha augmente de 0,28 EUR/kWh à 0,34 EUR/kWh (15 % d'indisponibilité) et à 0,43 EUR/kWh (30 % d'indisponibilité). Par comparaison, le LCOE de la pompe solaire PV s'établit à 0,50 EUR/kWh. L'écart de LCOE entre la pompe solaire PV et la pompe électrique se resserre encore si l'on tient compte du coût d'un nouveau raccordement au réseau d'électricité.

À RETENIR

- La décision d'investir dans un système d'irrigation fonctionnant à l'énergie solaire doit être étudiée au cas par cas. En évaluant avec soin les différents facteurs critiques comme la demande d'eau et les contraintes de hauteur dynamique, en fonction de la configuration du site et de la nature des cultures. Il est tout aussi important d'étudier l'impact de l'irrigation sur les rendements futurs, y compris sur la possibilité de réaliser des récoltes supplémentaires, mais également les méthodes de financement de l'investissement initial.
- Le coût initial d'acquisition d'une pompe d'irrigation solaire implique une décision d'investissement importante, au vu du niveau de revenu moyen des ménages agricoles sénégalais. Pour les trois tailles de parcelle modélisées dans cette étude, la dépense d'investissement, pompe et panneaux

solaires inclus, s'élève à environ 600 EUR (0,1 ha), 3 800 EUR (1 ha) et 9 500 EUR (5 ha).

- Un investissement dans la technologie de pompage solaire PV peut s'avérer attractif si l'on tient compte des économies nettes actualisées réalisées par rapport aux pompes diesel sur une période de dix ans : 70 EUR pour la parcelle de 0,1 ha et 4 529 EUR pour la parcelle de 5 ha. Ce résultat s'explique par les dépenses d'exploitation relativement faibles de la pompe solaire par rapport au coût élevé du combustible nécessaire au fonctionnement des pompes diesel. L'analyse d'équilibre budgétaire du total cumulé des dépenses actualisées (investissement et exploitation) renforce cette conclusion, montrant que les pompes PV deviennent intéressantes en sept ans (0,1 ha) et en cinq ans (5 ha).
- L'analyse de sensibilité démontre que certains paramètres ont un impact majeur sur la viabilité des différentes solutions de pompage :
 - a) Le nombre de saisons de culture (1 à 3) peut exercer une influence significative sur la rentabilité économique des pompes d'irrigation solaire. Les pompes PV deviennent plus intéressantes à mesure que le nombre de saisons augmente, et donc le taux d'utilisation. Cette relation s'explique par les besoins en eau, pour lesquels certains paramètres comme la nature des cultures et la situation géographique (pluviométrie et température) sont importants ;
 - b) Une baisse de 30 % du prix des panneaux solaires rend la solution solaire attractive par comparaison au LCOE statique des pompes diesel pour une parcelle d'1 ha ;
 - c) Cette tendance s'applique aux pompes raccordées au réseau d'électricité, où une diminution de 17 % du prix des panneaux par rapport aux tarifs actuels du marché permet d'obtenir un bilan positif pour le solaire sur une parcelle de 0,1 ha.

Pour les pompes raccordées au réseau d'électricité, de façon générale, les périodes d'indisponibilité du réseau d'électricité et donc la nécessité d'acquérir un groupe électrogène de secours fonctionnant au diesel fait d'emblée pencher la balance en faveur du solaire. Par exemple, le LCOE d'une pompe raccordée au réseau d'électricité sur une parcelle de 5 ha passe de 0,28 EUR/kWh à 0,43 EUR/kWh en tenant compte d'une indisponibilité du

réseau de 30 %, à comparer au LCOE de 0,50 EUR/kWh pour une pompe solaire PV équivalente.

ANNEXE A

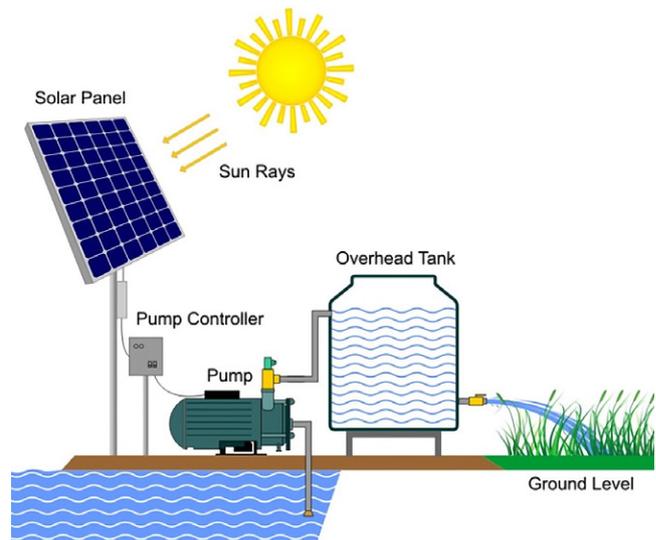
Présentation de la technologie

L'irrigation fonctionnant à l'énergie solaire repose sur la technologie PV qui convertit l'énergie solaire en énergie électrique pour alimenter une pompe intégrant un moteur à courant continu (CC) ou alternatif (CA). La technologie ressemble à tout autre système de pompage d'eau traditionnel, hormis le fait que la source de puissance est l'énergie solaire.

Schématiquement, un groupe de pompage d'eau solaire (Figure 6) comporte trois composants principaux : les panneaux PV, la pompe solaire et le régulateur. Certains systèmes comportent également des installations de stockage, reposant sur des méthodes de stockage d'eau physique (par exemple réservoir surélevé) et/ou de stockage d'énergie, c'est-à-dire des batteries. Cependant, comme elles sont relativement chères, les batteries sont plus rarement utilisées pour le stockage d'énergie que les autres solutions, comme les réservoirs surélevés, les petits barrages d'irrigation ou les systèmes de conduites (que l'on utilise pour canaliser l'eau par exemple dans les cultures de riz paddy).

Le système comporte également la structure d'installation, le câblage, les canalisations, le contacteur à flotteur. Pour protéger les équipements critiques (dont la pompe et le panneau de commande) contre le risque de vandalisme et de vol, ces éléments sont souvent logés dans une structure de sécurité fermant à clé.

FIGURE 6. Représentation schématique d'une pompe de surface PV²¹



Il existe trois catégories de pompes à eau solaires, en fonction de l'application : pompe immergée, de surface, flottante. La pompe immergée prélève de l'eau dans les puits profonds, la pompe de surface dans les puits peu profonds, sources, mares, rivières ou réservoirs, et la pompe flottante est utilisée dans les réservoirs pour sa capacité à s'adapter à la hauteur d'eau.

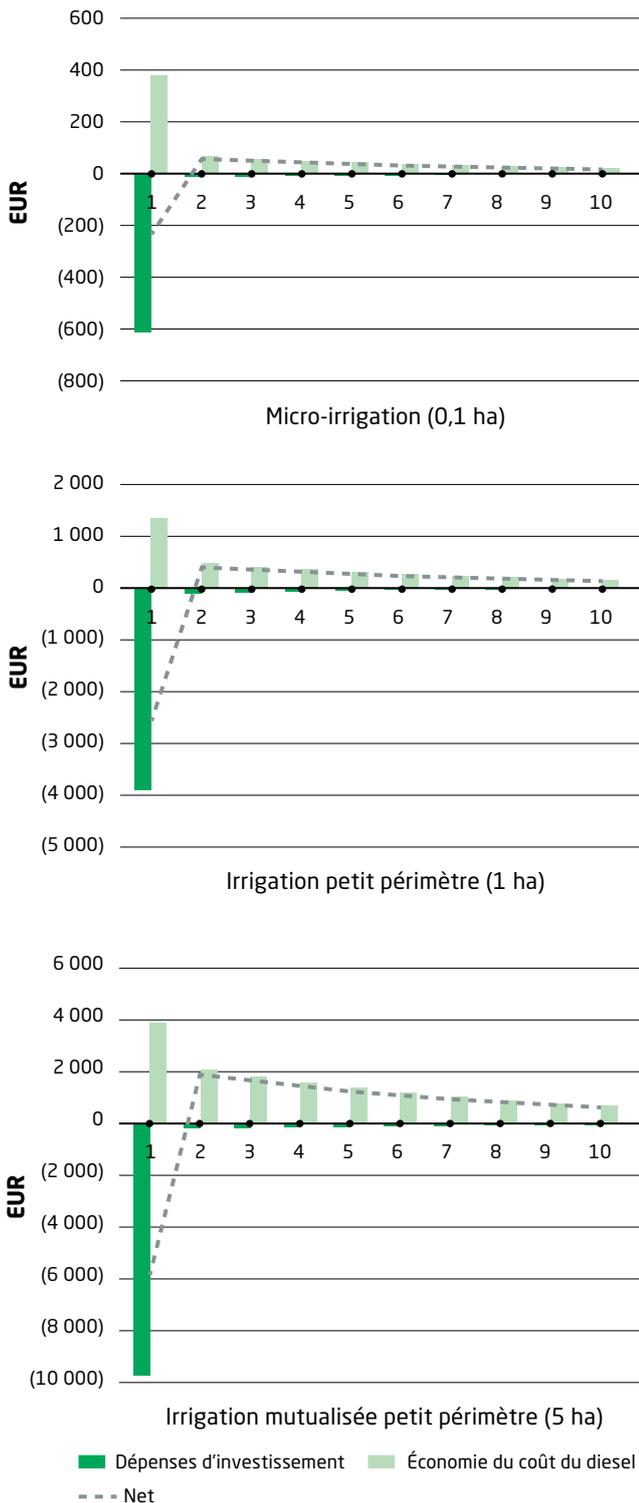
Pour utiliser l'eau pompée, trois méthodes d'irrigation sont généralement appliquées : tuyaux, pulvérisateur et goutte-à-goutte.

L'irrigation permet d'apporter de l'eau aux cultures sur le terrain afin d'augmenter les rendements. À cet égard, l'irrigation au tuyau est inefficace, car seule une petite quantité de l'eau déversée sur le champ est absorbée par les plantes cultivées. Par comparaison, l'irrigation par pulvérisateur est plus efficace, tandis que l'irrigation au goutte-à-goutte est généralement considérée comme étant la plus efficace. Ainsi, en comparant directement les méthodes d'irrigation pour un même résultat, si l'on place l'irrigation au goutte-à-goutte à 100 %, la pulvérisation demanderait 133 % et l'utilisation d'un tuyau 250 %. Ce dernier chiffre explique pourquoi les systèmes de tuyaux sont généralement associés à une pompe diesel autorisant un débit important sur une courte durée

21) Auteur inconnu, « Système de pompage d'eau solaire ». Sans autorisation. Lien : <https://greenlifesolution.in/solar-photovoltaics/solar-water-pumping-system/> – consulté en avril 2019

ANNEXE B

FIGURE 7. Économies nettes sur les coûts actualisés des pompes d'irrigation solaires PV par rapport aux pompes diesel



À PROPOS DES ÉCLAIRAGES MARCHÉ GET.INVEST

La première série des Éclairages Marché GET.invest est publiée au début de l'année 2019, dédiée à quatre segments du marché des énergies renouvelables dans trois pays différents, à savoir : les applications des énergies renouvelables dans la chaîne de valeur agricole (Sénégal), production de puissance captive pour consommation propre (Ouganda), mini-réseaux (Zambie) et systèmes solaires indépendants (Zambie).

Chaque dossier d'Éclairage Marché comprend **a)** un Guide du développeur, fournissant la méthode, **b)** des Modèles d'analyse de rentabilité et **c)** des Études de cas. Le Guide du développeur permet au lecteur de découvrir le marché et ses acteurs, de comprendre le cadre réglementaire en vigueur. Il pose les jalons, pas à pas, qui permettront de lancer un nouveau projet, ou une nouvelle activité. Le Modèle d'analyse de rentabilité examine les paramètres économiques d'un projet et formule des scénarios d'investissement hypothétiques mais réalistes. Il indique par conséquent les critères d'un projet/d'une activité viable, qui donneront au lecteur les moyens d'identifier les opportunités de projet/d'activité les plus rentables. L'Étude de cas analyse la viabilité de projets/activités opérationnels ou à fort potentiel pour mettre en lumière les enseignements acquis et les tendances du secteur.

Les Éclairages marché GET.invest proposent ainsi la synthèse d'une quantité considérable de données qui pourront soutenir une première prospection de marché et des études de faisabilité préalables. La lecture croisée du guide, des modèles et des études de cas fournira une vue d'ensemble complète de la problématique. Les différents produits peuvent être consultés sur www.get-invest.eu.

À PROPOS DE GET.INVEST

GET.invest est un programme européen qui encourage les investissements dans des projets promouvant les énergies renouvelables et décentralisées. Le programme cible les développeurs d'affaires et de projets du secteur privé, les financeurs et les régulateurs dans l'objectif d'un développement durable des marchés de l'énergie.

Différents services sont proposés, dont l'aide au développement de projets et d'affaires, la mise à disposition d'informations, la mise en relation, l'aide à la mise en œuvre des processus réglementaires. L'offre est proposée au niveau mondial, sur différents segments de marché.

GET.invest bénéficie du soutien de l'Union européenne, de l'Allemagne, de la Suède, des Pays-Bas et de l'Autriche. Il travaille en collaboration étroite avec différentes initiatives et associations professionnelles du secteur de l'énergie.

EXPRIMEZ-VOUS

Nous serons heureux de connaître votre avis sur les Éclairages marché. N'hésitez pas à poser vos questions ou à nous faire part de vos remarques en écrivant à l'adresse info@get-invest.eu.

AVERTISSEMENT

Les informations de ce document proviennent de sources et d'entretiens sélectionnés avec soin. GET.invest ne peut toutefois garantir qu'elles sont complètes et exactes ; GET.invest exclut par conséquent toute mise en cause de sa responsabilité au motif de l'utilisation d'informations inexactes ou incomplètes. Le contenu du présent document ne reflète pas nécessairement les opinions de GET.invest ou des pays mentionnés. GET.invest n'endosse ni ne recommande aucun produit, procédé ou service commercial dont il est fait mention dans ce document. Ce document n'a pas vocation à remplacer une étude de projet ou analyse commerciale spécifique. Toute décision d'investissement doit se fonder sur une analyse détaillée des caractéristiques spécifiques d'un projet ou d'une activité.

CONTACT

GET.invest
E info@get-invest.eu
I www.get-invest.eu

Lieu et date de publication : Bruxelles, juin 2019
Crédits photographiques : © GIZ, sauf indication contraire