

Modèles techniques et critères de choix



Dans ce cahier

- Un panel de solutions techniques
- Les éoliennes utilisées
- L'alternative photovoltaïque
- Les stations de traitement des eaux de surface

Espace
Eolien
Régional



GRET

Phase de transition – Juin 2003
FINANCEMENT REGION NORD-PAS-DE-CALAIS

La mise en œuvre de programmes éoliens suite à l'introduction massive des premiers équipements a été fortement marquée par la volonté de prendre en compte les facteurs d'échec en instaurant par exemple un service de maintenance et un transfert de technologie. La réhabilitation par l'Ong World Vision d'une quinzaine d'éoliennes FIASA a été une tentative durant les années 90 a permis de restaurer l'image de la technologie éolienne.

Cette action a été confortée par le Projet Alizés dans la même zone :

- *en complétant le panel d'intervention par la mise en place d'un service de maintenance payé par les usagers et le transfert de technologie pour la maîtrise de la fabrication locale d'éoliennes plus simples comme les OASIS*
- *par la diversification des équipements par l'introduction d'autres marques d'éoliennes, de pompes solaires*
- *par une combinaison entre les énergies renouvelables et le traitement d'eau de surface.*

Le Projet Alizés a permis la réalisation de 30 systèmes de pompage dont 27 éoliennes et 3 pompes solaires.

1. Un panel de choix techniques

1. Des contraintes variées

► Zone d'intervention

La zone d'intervention du projet se caractérise par l'existence d'un grand nombre de villages de petite taille dont la population est inférieure à 500 habitants. La faiblesse des besoins en eau (inférieurs à 15 m³/j) et des capacités financières des populations rend ces localités inaptes à recevoir des systèmes de pompage diesel onéreux à l'investissement et à l'entretien.

De plus les contraintes d'accès à certaines localités très enclavées rendent difficile l'approvisionnement en combustibles diesel, en pièces de rechanges et les prestations de maintenance. La grande dispersion des habitats et des localités inhibe la pénétration du réseau électrique interconnecté qui pourrait constituer une alternative au pompage diesel.

► Typologie des équipements et ouvrages existant

Le pompage manuel largement diffusé dans cette zone conjuguée à la profondeur des niveaux statiques (variant entre 30 et 40 m) est très contraignant physiquement pour la frange dominante de la population présente (femmes et enfants en charge de la corvée d'eau).

L'existence d'ouvrage de captage en bon état (puits et forages de type PVC existant par centaines) justifie le pompage mécanisé et même motorisé.

► Potentiel éolien

La zone d'intervention possède un potentiel éolien intéressant même si les données existantes ne portent que sur une partie des régions couvertes, sont incomplètes et ne permettent pas une analyse statistique fiable pour les besoins du pompage éolien (altitudes des appareils et séquences de mesures non adaptées). Cependant, l'existence d'une moyenne annuelle avoisinant 3 m/s renseigne sur le potentiel existant dans cette partie du pays soumise à des régimes de vents divers (alizés continentaux et maritimes notamment).

► Contraintes spécifiques

La satisfaction des critères de viabilité technique a été limitée par certaines contraintes spécifiques telles que :

- la profondeur du niveau statique des points d'eau dépassant généralement la limite de 30 m,
- la salinité de la nappe souterraine,
- L'environnement immédiat du site de pompage défavorable à l'éolien du fait de la présence d'arbres ou d'une topographie locale contraignante, même si globalement le potentiel éolien est jugé suffisant,
- L'importance des besoins en eau mal pris en compte au départ du fait de l'existence de données erronées sur la population et le cheptel,
- La qualité de l'ouvrage de captage (puits ou forage) nécessitant à posteriori des travaux de réhabilitation,

- La qualité de la ressource en eau, même douce, présentant un aspect visuel rebuté (taux de fer excessif) et accélérant la corrosion des matériaux utilisés.

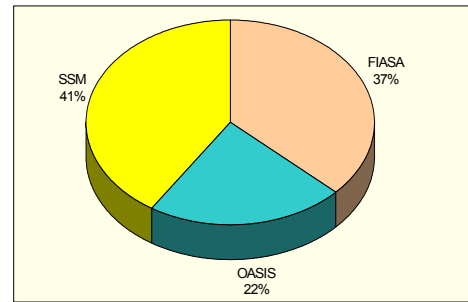
2. Une solution pour chaque site

► Types d'équipements

Le Projet Alizés a permis d'équiper 26 villages avec 27 éoliennes, un des villages ayant reçu 2 éoliennes de pompage. Sur 27 éoliennes, 14 sont installées sur forages, 10 sur puits et 3 en surface.

Le Projet a diversifié en introduisant le pompage solaire sur 3 sites dont une pompe couplée avec une éolienne.

Pour vaincre certaines contraintes spécifiques, des réarrangements techniques sont été opérés :



- Introduction de d'éoliennes plus puissantes pour le pompage profond et les besoins en eau importants,
- Pompage de surface et traitement d'eau pour les zones à nappes souterraines salées,
- Relèvement de la hauteur du pylône pour contrer l'effet des obstacles aériens,
- Réhabilitation des puits ou forages et fonçage de nouveaux puits,
- Mise en œuvre d'un programme de monitoring sur un échantillon d'équipements pour plus de précision dans la détermination des performances des éoliennes et pompes solaires, une maîtrise des données de base de dimensionnement et une connaissance plus fine du potentiel éolien.

3. En pratique...

► Dimensionnement

Le dimensionnement des éoliennes fait appel à :

- Une connaissance fine du potentiel par la répartition en fréquence des classes de vent et le nombre d'heures théorique de fonctionnement.
- Les caractéristiques nécessaires des éoliennes portent sur la géométrie et le nombre de pales, la vitesse de rotation maximum.
- La connaissance des besoins en eau et de la profondeur du niveau statique est indispensable.
- Le dimensionnement permet de caler le diamètre de roue, la hauteur du pylône et le diamètre du cylindre de pompe.

► Implantation

L'implantation des éoliennes requiert un environnement dégagé de tout obstacle dans un rayon de 50 à 100 m dans la direction des vents dominants (Nord, Nord-Est, Nord-Ouest dans la zone du projet). La hauteur d'eau dans les puits doit être au moins de 2 m.

► Production et configuration type des villages par système

Les OASIS conviennent aux localités de moins de 200 habitants et un niveau statique de 30 m au plus. La production peut être estimée à 6 m³/jour.

Les FIASA possèdent plusieurs gammes de roue adaptées à des villages de 300 habitants au plus et des niveaux statiques n'excédant pas 35 m. La production varie de 8 à 10 m³/j.

Les éoliennes SSM de 6 m de diamètre permettent un pompage en profondeur (entre 40 et 60 m) et peuvent équiper des villages de 300 à 700 habitants. La production avoisine 15 m³/j.

2. Les éoliennes utilisées

1. OASIS

► Description

Eoliennes de marque française fabriquée par Ecolab ex. Poncelet et installées par milliers depuis les années 20. Elles existent en diamètre 2.5 et 3 m. Alizés a installé des diamètres de 3 m. Le pylône initial de 7.5 m a été porté à 10 puis à 12 m.

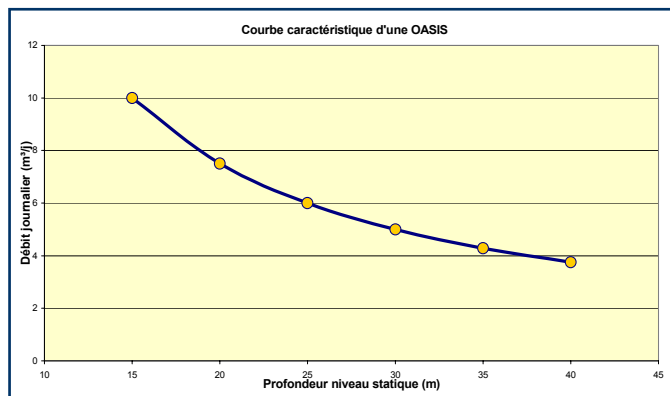
L'éolienne comprend une roue de 15 pales avec un moteur de type bielle-manivelle à transmission directe. La bielle est raccordée à la tige de commande de la pompe par guide plongeur.

La tige actionne une pompe volumétrique à piston équipée d'un clapet crépine Lasso, d'un piston à garniture plastique ou en cuir. Le diamètre cylindre de pompe varie en fonction de la profondeur du niveau statique de 50 mm pour les profondeurs de 30 à 35 m et 70 mm pour les profondeurs inférieures à 25 m. La course du piston est de 8 cm. Le volume pompé est le produit de la cylindrée unitaire et du nombre de tour de roue.

La roue est supportée par un pylône à 4 montants, muni d'entretoises et de croisillons. L'éolienne s'oriente face au vent grâce à un gouvernail. Le démarrage de la rotation est facilité par des contrepoids annulant le couple résistant.

L'éolienne est protégée contre les vents violents par un système de régulation qui permet une mise en drapeau de la roue commandée par une palette de régulation. L'éolienne se remet en face du vent en période de vent normal par un ressort de rappel du gouvernail.

Mis à part l'axe de la roue en acier spécial et le système bielle-manivelle, les autres éléments sont réalisés soit en acier ordinaire (pylône), acier galva (roue, pales) ou en inox (colonne d'exhaure, tige de commande, pompe).



► Particularités

- Facilité dans la fabrication, l'installation et la maintenance : exige un dispositif léger pour sa confection et sa maintenance, fabrication locale maîtrisée avec une formation et un équipement minimum.
- Très performante dans les conditions d'exploitation optimales : cas de l'éolienne OASIS de Sam Gaye installée depuis juin 1999, qui donne entièrement satisfaction. Elle a une roue de 3 m, un pylône de 10 m. La profondeur du niveau statique est de 27

m. Un fonctionnement régulier avec moins de 2 pannes par an.

- Points faibles : très sensible à la vitesse du vent et à profondeur du niveau statique, vitesses de rotation très grandes entraînant des ruptures de tige de commande fréquentes, usure rapide du guide plongeur.

► Coûts

- Fourniture : 2,3 millions FCFA,
- Installation : 300 000 FCFA,
- Maintenance en garantie totale : 150 000 FCFA par an.

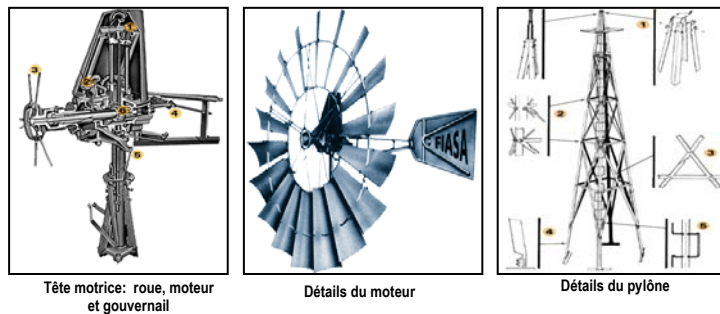
Conditions de production optimale

- Vitesse de vent : 2 à 4 m/s
- Diamètre de roue : 3 m sur pylône de 10 m
- Profondeur de niveau statique : 20 – 25 m
- Diamètre de cylindre de pompe : 70 mm
- Débit moyen journalier : 6 m³/j

FABRICATION LOCALE ET INSTALLATION : EIC, SODISA, BP 123 St-Louis, contact Moussa DIA, tel : 961 14 61, 639 64 58

2. FIASA

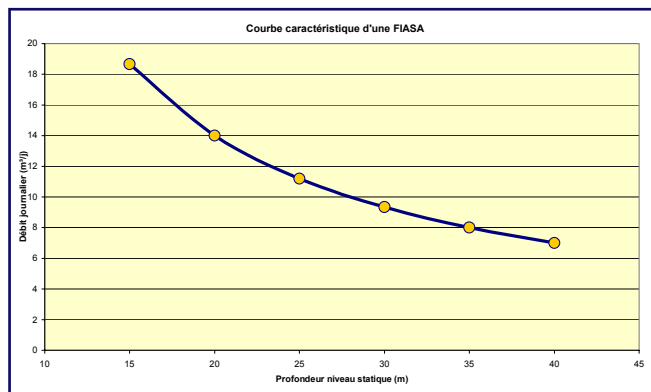
Eoliennes de marque argentine (similaire au moulin américain) fabriquée en Argentine par FIASA et installées par centaines vers les années 80 au Sénégal. Ces équipements existent en diamètre 2.5 et 4.2 m. Alizés a installé des modèles de 3,6 et de 4.2 m de diamètre. Le pylône initial de 10 m à été porté à 12 m.



L'éolienne comprend une roue de 18 pales munie d'un moteur à engrenages avec démultiplication. La tige actionne une pompe volumétrique à piston équipée d'un clapet crépine, d'un piston à garniture plastique ou en cuir. Le diamètre cylindre de pompe varie en fonction de la profondeur du niveau statique de 60 mm pour les profondeurs de 30 à 35 m à 80 mm pour les profondeurs inférieures à 25 m. La course est multiple (longue ou courte) de 21 ou 29 cm. A cause de la démultiplication, le volume pompe est le produit de la cylindrée unitaire et du nombre de cycle de pompage (tours de roue divisé par 2.5 à 3).

La roue est supportée par un pylône à 4 montants, muni d'entretoises et de croisillons. L'éolienne s'oriente face au vent grâce à un gouvernail. L'éolienne est protégée contre les vents violents par un système de régulation qui permet une mise en drapeau de la roue. L'éolienne se remet en face du vent en période de vent normal par un ressort de rappel du gouvernail.

Mis à part l'axe de la roue, le moteur en acier spécial, les autres éléments sont réalisés soit en acier galvanisé (pylône, roue, pales) ou en inox (colonne d'exhaure, tige de commande, pompe). La tige de commande est protégée contre les ruptures par un fusible en bois qui rompt en lors des efforts importants de traction ou de compression. La faiblesse du nombre de coups par minute constitue aussi une forme de protection contre une usure rapide et les ruptures de tige.



► Particularités

- Moteur à engrenage nécessitant un certain niveau d'équipement et de compétence pour sa fabrication.
- Exige un dispositif léger pour sa maintenance : le moteur est logé dans un carter et une fois graissé, il fonctionne longtemps sans maintenance particulière (2 graissages par an en moyenne).
- Eolienne très performante : vitesse de rotation de la roue est grande mais le rythme

de pompage est démultiplié (réduit de 3 à 3.5 fois) ce qui lui confère une grande résistance par rapport aux ruptures de tige de commande. Peut fonctionner selon deux courses de pompe en fonction du potentiel éolien et du poids de la colonne d'eau sur la tige (adaptation à la vitesse de démarrage par vents faibles).

- Tige de commande protégée par un fusible en bois qui amortit les efforts excessifs et limite les ruptures de tige et la dépose de la colonne d'exhaure
- S'adapte à toutes les configurations grâce à l'existence de gammes variées : roue de 3.3 m, 3.6 m, 4.2 m. Equipement très robuste en matériau galvanisé lui conférant une durée de vie très grande.
- Points faibles : les pannes au niveau du moteur exigent souvent le remplacement coûteux des pièces de rechange et d'usure rapide. La fabrication locale de ce type d'éolienne est loin d'être maîtrisée. Une très forte dépendance vis-à-vis du fournisseur argentin.

► Coûts et production

- Fourniture et installation : éolienne importée d'Argentine.
- Maintenance en garantie totale : 2 graissages par an et 1 panne par an, une provision hors pièce de 150 000 FCFA largement suffisante.
- Production moyenne journalière fonction de la taille de la roue et des diamètres de pompe.

Conditions de production optimale

- Vitesse de vent : 2 à 4 m/s
- Diamètre de roue : 3,6 m sur pylône de 10-12 m
- Profondeur de niveau statique : 30 –35 m
- Diamètre de cylindre de pompe : 70 mm
- Débit moyen journalier : 7 m³/j

FABRICATION LOCALE ET INSTALLATION : Aucune compétence locale identifiée pour la fabrication. Pour l'installation et la maintenance : KOSSO FALL, artisan, LOUGA, tel :5514571

3. SSM

► Description

Eoliennes de marque italienne Tuzzi e Bardi dont la fabrication a été reprise au Sénégal par la LVIA basée à Thiès. Ces équipements existent par centaines installées depuis les années 80 en diamètre 6 m sur pylône de 16 m. Il existe un modèle de 5 m de diamètre non testé dans le cadre du projet.

L'éolienne comprend une roue de 18 pales munie d'un moteur de type bielle-manivelle à transmission directe.

La bielle est raccordée à la tige de commande de la pompe par guide plongeur. La tige actionne une pompe volumétrique à piston équipée d'un clapet crépine, d'un piston à garniture plastique ou en cuir. Le diamètre cylindre de pompe varie en fonction de la profondeur du niveau statique de 50 mm pour les profondeurs de 30 à 35 m et 70 mm pour les profondeurs inférieures à 25 m. La course du piston est de 8 cm. Le volume pompé est le produit de la cylindrée unitaire et du nombre de tour de roue.

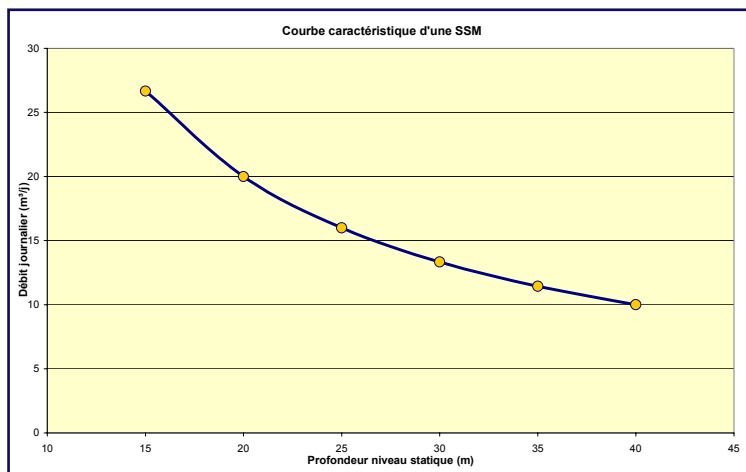
La roue est supportée par un pylône à 4 montants, muni d'entretoises et de croisillons. L'éolienne s'oriente face au vent grâce à un gouvernail. L'éolienne est protégée contre les vents violents par un système de régulation qui permet une mise en drapeau de la roue. L'éolienne se remet en face du vent en période de vent normal par un ressort de rappel du gouvernail.

Mis à part l'axe de la roue en acier spécial et le système bielle-manivelle, les autres éléments sont réalisés soit en acier ordinaire (pylône), acier galva (roue, pales, colonne d'exhaure et tiges de commande) ou en inox (colonne d'exhaure, tige de commande, pompe). La tige de commande est protégée contre les ruptures par un fusible en bois qui rompt en lors des efforts importants de traction ou de compression. La faiblesse du nombre de coups par minute constitue aussi une forme de protection contre une usure rapide et les ruptures de tige.



► Particularités

- Moteur de type bielle manivelle à transmission indirecte limitant une liaison directe avec la tige de commande qui pourrait être source de ruptures excessive.
- Eolienne lourde et de grande taille exigeant un dispositif assez important pour sa confection et sa maintenance.
- Fabrication locale, installation et maintenance maîtrisée par plusieurs opérateurs spécialisés dans les différentes parties de l'éolienne.



- Facilité d'entretien du moteur également logé dans un carter. Le moteur graissé régulièrement fonctionne longtemps sans maintenance particulière (2 graissages par an en moyenne).
- Eolienne très performante pour les grandes profondeurs de pompage (jusqu'à 60 m !).
- Tige de commande protégée par un fusible en bois qui amortit les efforts excessifs et limite les ruptures de tige et la dépose de la colonne d'exhaure
- Points faibles : très sensible au vent à cause de son envergure, ruptures fréquentes de chaînes de gouvernail qui résistent mal aux bourrasques, nécessitent des ressorts de rappel très forts à cause de la dimension du gouvernail, matériaux utilisés jusqu'ici très sensibles à la corrosion et à la qualité agressive des eaux.

► Coûts et production

- Fourniture : 4.2 millions
- Installation : 400 000 FCFA,
- Maintenance en garantie totale : 250 000 à 300 000 FCFA par an et 1 à 2 pannes par an.
- Production moyenne journalière de 15 m³ à 40 m de HMT par vitesse moyenne annuelle de 3 m/s.

Conditions de production optimale

- Vitesse de vent : 2 à 4 m/s
- Diamètre de roue : 6 m sur pylône de 16 m
- Profondeur de niveau statique : 40 -45 m
- Diamètre de cylindre de pompe : 100 mm
- Débit moyen journalier : 10 m³/j

3. L'alternative photovoltaïque

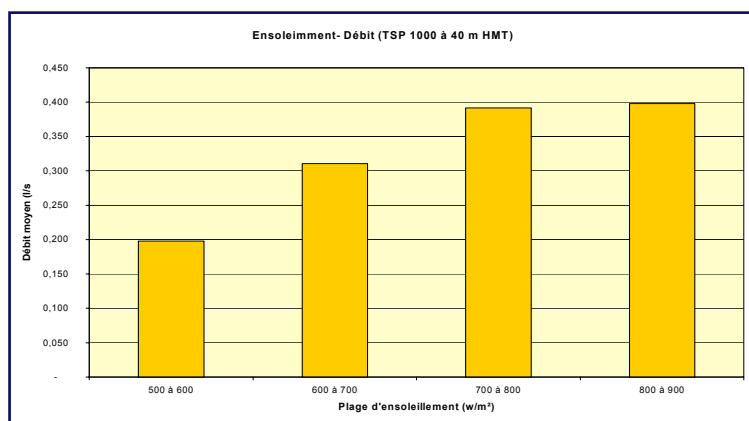
Le pompage solaire a été introduit comme alternative au pompage éolien dans des sites dont la configuration est défavorable malgré la faiblesse des besoins en eau : faible potentiel éolien, profondeur importante du niveau statique.

► L'intérêt du solaire dans la zone du projet

L'existence d'un potentiel énergétique quasi constant toute l'année milite en faveur de l'introduction du pompage solaire dans tout le pays, particulièrement dans les régions centre et nord où le rayonnement atteint varie entre 5 et 6 kWh/m²/jour.



Il existe parfois des zones défavorables au pompage éolien du fait de l'importance de la profondeur du niveau statique et de la baisse progressive du potentiel éolien d'ouest en est.



► Coûts et production

- Fourniture : 8 millions FCFA -TSP 1000 de 400 WC
- Installation : 400 000 FCFA,
- Maintenance hors pièces : 200 000 FCFA par an, 1 panne par an.
- Production moyenne journalière de 8 m³ à 40 m de HMT par irradiation moyenne annuelle de 5.5 kWh/m²/jour.

► Les équipements

Deux pompes TSP 1000 de 400 WC ont été installées à titre pilote dans la zone du projet. La production moyenne de ces équipements est de 6 à 8 m³/jour avec une profondeur de pompage de 40 m.

Une pompe solaire de 350 WC a été installée à Guidakhar en couplage avec une éolienne FIASA pour le traitement d'eau de surface. La pompe sert de reprise des eaux décantées.

Conditions de production optimale

- Ensoleillement moyen : 700 w/m²
- Puissance générateur PV : 400 WC
- Profondeur de niveau statique : 42 m
- Heures d'ensoleillement par jour : 6 h
- Débit moyen journalier : 7.5 m³/j
- Rendement moyen global : 40%

FOURNITURE, INSTALLATION ET MAINTENANCE: TOTAL ENERGIE AFRIQUE DE L'OUEST, Dakar, contact Antoine FARCOT, tel :832 39 44

4. Stations de traitement d'eau de surface

1. Pourquoi les stations de traitement ?

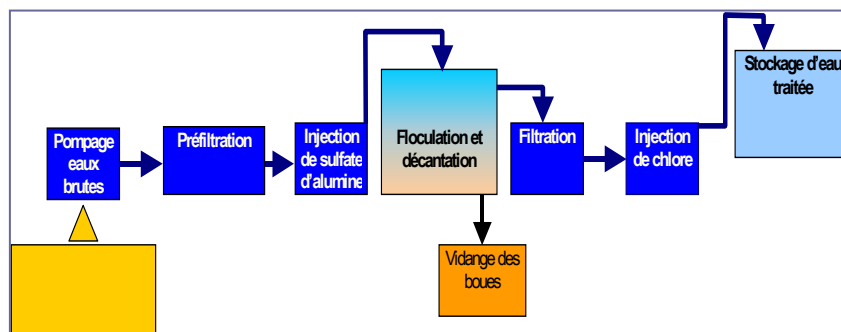
Les ressources en eau souterraine d'une partie de la région de Saint-Louis sont impropres à la consommation à cause du degré de salinité parfois excessif. L'existence de ressources en eau de surface douces et abondantes combinées aux habitudes des populations en matière d'approvisionnement en eau à partir des cours d'eau rendent pertinent le pompage des eaux de surface.

Cependant, ces ressources sont polluées et non potables, ce qui requiert un traitement complet avant leur consommation par les populations.

L'intérêt de la station de traitement réside non seulement dans la fourniture d'une eau potable aux populations mais aussi permet de limiter l'accès aux cours d'eau pollués (par la bilharziose notamment qui se contracte au simple contact de l'eau) et réduit la corvée d'eau contraignante pour les femmes et enfants.



2. Configuration technique



Les stations comprennent un système de pompage double permettant de pomper les eaux brutes vers la zone de traitement et de refouler les eaux traitées vers un stockage surélevé.

Le traitement comprend une floculation-décantation pour éliminer les particules

solides et matières organiques en suspension, une filtration pour supprimer les matières en suspension non décantées et une chloration pour éliminer les bactéries et autres microorganismes pathogènes.

La station de Ndiawdoune a été conçue et réalisée conjointement avec l'association Aquassistance. La station de Guidakhar a été fournie par l'entreprise Nord Pompes basée dans la région Nord-Pas-de-Calais.

5. Autour des points d'eau...

1. Stockage et distribution

Tous les sites équipés ont systématiquement bénéficiés d'un stockage de 10 ou 20 m³ et d'un réseau de distribution avec au moins une conduite attenante à la station de pompage et une borne fontaine à 2 robinets. Ces ouvrages sont réalisés en béton armé et leur confection est maîtrisée par les entreprises locales.

L'aire d'implantation est dotée d'une clôture et d'un portail d'accès limitant la fréquentation par les hommes et les animaux. Les stations sont dotées de local de traitement au besoin, pour abriter les équipements de potabilisation.

Deux puits neufs ont été foncés suite à la dégradation des conditions de sécurité sur l'un d'eux (venues de sables et risques d'éboulement). L'autre puits a été entièrement repris compte tenu de l'étroitesse des buses de captage rendant difficile l'accès des engins et les travaux d'approfondissement.

Des vannes et accessoires de raccordement permettent de sécuriser la desserte : distribution, vidange, trop-plein.

Quelques sites ont reçu des compteurs placés à la sortie des éoliennes pour évaluer la production journalière. Cette option n'est pas généralisée.

2. Réhabilitation et fonçage de puits

Plusieurs puits ont été réhabilités pour être en conformité avec les exigences de pompage souterrain : bonne hauteur d'eau, eau de qualité, sécurité du pompage.

La réhabilitation de 6 puits a consisté à les approfondir, à renouveler les buses de captage, à installer une dalle de fond, à sécuriser le cuvelage, à prévoir une dalle de propreté autour du puits, à effectuer des essais de pompage et un traitement physico-chimique.

6. Bilan et analyse

1. Points forts

► La validation des options techniques de pompage sur puits et forages

L'expérience a permis de décliner des schémas d'équipement type en fonction de la configuration des villages de la zone d'intervention. Les éoliennes peuvent concerner toutes les marques disponibles.

Besoins en eau -m ³ /j	4	4 - 6	6 - 10
Population estimée	200	200 - 300	300 - 500
HMT : 0-30 m	Pompe manuelle	Eolienne diam 4 m / pylône 16 m	Eolienne diam 5 m / pylône 16 m
	Eolienne diam. 3 m / pylône 12 m	Pompe solaire 300 WC	Pompe solaire 500 WC
	Pompe solaire 200 WC		
HMT : 30-35 m	Pompe manuelle	Eolienne diam 5 m / pylône 16 m	Eolienne diam 6 m / pylône 16 m
	Eolienne diam. 4 m / pylône 12 m	Pompe solaire 350 WC	Pompe solaire 600 WC
	Pompe solaire 250 WC		
HMT : 35 - 40 m	Eolienne diam. 5 m / pylône 16 m	Eolienne diam 6 m / pylône 16 m	Pompe solaire 700 WC
	Pompe solaire 300 WC	Pompe solaire 400 WC	
HMT : 40 - 45 m	Eolienne diam. 6 m / pylône 16 m	Pompe solaire 450 WC	Pompe solaire 750 WC
	Pompe solaire 300 WC		
HMT : 45 - 50 m	Pompe solaire 350 WC	Pompe solaire 500 WC	Pompe solaire 850 WC

► Qu'est ce qui fait que les stations de traitement sont « modèles » ?

La conception est simple : le schéma de traitement mis en place combine des équipements de traitement et de pompage dont la fabrication locale est maîtrisée, l'entretien et la maintenance faciles et accessibles aux techniciens et prestataires locaux, la mise en service, l'exploitation et le suivi du fonctionnement accessible au personnel local.

L'innovation ayant consisté à combiner les énergies renouvelables et le traitement de surface et à optimiser les investissements a constitué un atout de taille en perspective de la diffusion massive des stations vers les localités enclavées de la région.

La mise en place depuis le départ d'un service de l'eau payant a permis de sécuriser le fonctionnement de la station de traitement.

La maîtrise de la filière d'approvisionnement en produits chimiques a été déterminante dans la pérennisation du service d'eau potable.

Les schémas de traitement existant dans la région paraissent très complexes aussi bien à la réalisation qu'à l'exploitation.

► Transferts de technologie : quelle maîtrise locale aujourd'hui?

Les entreprises EIC et SSM ont reçu un transfert de technologie dans le domaine de la fabrication, du montage et de la maintenance des éoliennes de la part des opérateurs Deyloul et LVIA et à travers la formation dispensée par le GRET.

Pour EIC, le transfert a impliqué l'entreprise mauritanienne Deyloul qui a réalisé les éoliennes OASIS dans le cadre de Alizés Mauritanie. Le transfert a permis :

- la réalisation complète des pylônes, avec une rallonge de 7.5 m à 10 puis à 12 m,

- l'installation des éoliennes et leur mise en service,
- la confection de certaines parties comme : le guide plongeur, le plateau manivelle, l'ensemble de l'exhaure, la pompe étant importée,
- la confection des cuirs de pompe,
- la réhabilitation des éoliennes FIASA,
- une initiation à la technologie solaire et à la pose des équipements de traitement,
- la réalisation d'ouvrages de stockage en béton armé et de réseaux de distribution d'eau potable,
- la maintenance des éoliennes.

Pour SSM, initialement impliqué par la LVIA de Thiès dans la fabrication des moteurs d'éoliennes, la mise en œuvre du projet a permis de renforcer ses capacités dans la fabrication complète des éoliennes SSM y compris les pompes et les garnitures en cuir.

Les entreprises ont pu diversifier leurs activités et se procurer un marché (toujours en extension) dans le domaine de l'éolien et de l'hydraulique villageoise.

La maîtrise de la fabrication locale et de la maintenance est à renforcer par un accroissement du parc d'éoliennes pour créer un effet d'échelle. Le rodage d'un dispositif de suivi technique est indispensable au niveau des entreprises pour compléter le transfert de technologie.

2. Points faibles

► Quels étaient les problèmes de rendement ? Combien de villages ?

- Les OASIS ont été initialement installées sur des sites ne répondant pas forcément aux critères de fonctionnement de ce type d'éolienne : profondeur du niveau statique et obstacles aériens.
- Cet état de fait a justifié plusieurs réarrangements techniques : augmentation de la hauteur du pylône, optimisation du diamètre de la pompe...éloignant les équipements de leur configuration de base avec un manque de maîtrise des performances finales.

► En quoi les OASIS n'étaient pas adaptées ?

- Des problèmes de production liés principalement à la profondeur des niveaux statiques ont été recensés dans presque 90% des 14 sites initialement équipés d'éoliennes OASIS. La baisse de production est la conséquence de la faiblesse des volumes pompés (ruptures fréquentes des tiges de commande, faible cylindrée de pompe, efforts importants au démarrage, faible potentiel éolien sur le site).

► Les problèmes de SAV ?

- Les pannes répétées sur les OASIS ont rendu peu rentable la maintenance du point de vue de l'entreprise EIC.
- Par ailleurs, la non-satisfaction des besoins en eau a contribué à une réduction des recettes et à des arriérés de paiement des annuités de SAV, aggravant le déficit financier.

3. Analyse

► Potentiel éolien : manque de finesse du potentiel éolien et certaines données étaient inexploitable,

Il s'agit du principal facteur à risque dans la diffusion des éoliennes de pompage. Le potentiel éolien du Sénégal est mal connu et les données complètes disponibles concernent quelques localités et sont exploitées à d'autres fins : agriculture, transport aérien...

► Absence d'outils de dimensionnement basé sur l'expérience pratique du Sénégal

Aucun outil n'est disponible au Sénégal pour permettre un dimensionnement correct des éoliennes de pompage.

► La garantie totale est-elle réellement adaptée à la capacité des villages et à la rentabilité des entreprises ?

Le fonctionnement des éoliennes est affecté par les pannes qui ne sont pas systématiquement prise en compte par les entreprises par suite de la non-rentabilité déclarée de la maintenance en garantie totale.

Cette option est une sorte d'arrangement consensuel qui limite le paiement de sommes importantes par les populations en cas de paiement à l'intervention, force l'entreprise à meilleure réalisation pour

éviter les pannes précoces fréquentes (hormis les ruptures de tige de commande inhérentes au fonctionnement régulier de l'éolienne).

Le mode de paiement du service de l'eau également forfaitaire influe fortement sur le paiement de la maintenance.

La rentabilité de la maintenance en garantie totale pour les entreprises est loin d'être prouvée. Celles-ci font face à des sorties fréquentes sur appel des populations avec un taux de recouvrement assez faible les contraignant à des délais d'intervention importants.

► **Manque de concurrence entre les prestataires**

Il existe au Sénégal peu d'opérateurs privés impliqués dans le domaine de l'éolien ce qui crée une situation de quasi-monopole. Les opérateurs connus sont spécialisés chacun pour un type d'éolienne. Le transfert de technologie pour la fabrication de l'OASIS a permis d'accroître le nombre d'opérateurs compétent sans que cela ne puisse créer les conditions d'une concurrence saine.

5. Et s'il fallait le refaire ?

1. Connaître finement le potentiel éolien

La définition de zones homogènes du point de vue du potentiel éolien doit être possible. A défaut de disposer de données exhaustives statistiquement valables, il est pertinent de collecter et de définir des valeurs types à affecter par zone portant sur les classes de vent et leurs fréquences pour aider à la définition des durées de fonctionnement prévisionnelles des équipements.

Cet aspect peut constituer la première activité d'un programme éolien, sur une durée minimale de 12 mois, notamment durant les périodes vent faible (saison des pluies) qui conditionnent le dimensionnement des équipements.

Cette campagne se ferait sur la base d'un minimum de 3 systèmes d'acquisition disposés dans la zone pressentie.

2. Evaluer correctement les besoins en associant le plus possible les futurs usagers

Partir des besoins réellement exprimés est une exigence pour la réussite des programmes d'hydraulique villageoise. A cette demande, on opposera le panel de technologies disponibles pour aboutir à un choix judicieux des équipements à installer.

3. Définir le type de point d'eau en fonction des contraintes du site et de la technologie

En fonction des contraintes spécifiques de chaque site et de la technologie, il est important de définir le type d'ouvrage à réaliser et surtout son point d'implantation.

Pour améliorer le potentiel du site par exemple, il est possible soit de concevoir le pylône en tenant compte de la taille des obstacles ou en cas de limite, de réaliser un point d'eau dans une zone favorable.

4. Dimensionnement

► **Equipement de pompage**

Dimensionner en tenant compte des besoins en eau, du potentiel énergétique disponible, de la qualité et du type d'ouvrage de captage, des contraintes de la nappe (profondeur, qualité), des périodes de pointe (besoins en eau maximum et potentiel énergétique minimum).

► **Stockage**

Compte tenu de la faible maîtrise du potentiel, notamment de sa variabilité inter-annuelle, il est important d'adopter un stockage dit de sécurité qui permet de collecter le maximum d'eau pour les prévenir les périodes sans vent (3 jours de consommation).

► **Comptage**

Il est important de prévoir systématiquement des compteurs aux points de production (sortie éolienne) de distribution (sortie stockage et points de distribution). Les bilans périodiques permettront d'évaluer les pertes et la demande en eau réelle. Cette option est un préalable à la vente d'eau au volume.

5. Elargir le panel technologique en choix en fonction des contraintes spécifiques de chaque site

Tous les types de pompage possible doivent être mis à contribution en privilégiant bien sur ceux permettant un optimum entre les besoins des populations, leurs capacités financières et organisationnelles, leur aptitude à assurer un suivi technique efficace.

Des paliers technologiques sont à définir en fonction des avantages et inconvénients de chaque système, de leur coût et niveau de complexité : pompe manuelle, pompes éoliennes, pompes solaires, pompes électriques, pompes thermiques....

6. Associer systématiquement le monitoring à la mise en place des équipements

Le monitoring consistant à évaluer avec précision le potentiel disponible et la production obtenue, doit intégrer un dispositif de suivi-évaluation permanent accompagnant la mise en place des équipements. La collecte de données et leur restitution permettront de mieux crédibiliser la technologie utilisée.

7. Diversifier les offres en matière de maintenance

L'organisation actuelle de la maintenance offre peu de perspectives de rentabilisation aux entreprises et constitue un frein à l'amélioration de la qualité du service de l'eau pour les populations.

Plusieurs variantes devront être étudiées et validées d'un commun accord :

- Un niveau supérieur impliquant le fournisseur-installateur pour les opérations lourdes (dépannage du moteur, de la roue, pose et dépose d'un pylône)
- un niveau intermédiaire avec la mise en place d'un service de maintenance léger de proximité pour ce qui concerne les pièces d'usure courante comme les tiges de commande, les garnitures de pompe, les fuites...
- l'appui technique par la formation, logistique et/ou financier aux maintenanciers de proximité pour une rapidité dans la réaction aux sollicitations des populations.
- La création de bases locales et la promotion des petites structures de maintenance
- La création d'une filière commerciale de pièces de rechange associant les opérateurs actuels mais aussi d'autres compétences dans le domaine de la chaudronnerie et de la construction métallique
- Favoriser un joint-venture entre les opérateurs actuellement identifiés pour créer un effet d'échelle bénéfique tout en répartissant les tâches et activités en fonction de l'expérience et de la compétence de chacun.
- Diversifier les modes de paiement du service après vente : garantie totale (pièces et main d'œuvre), garantie partielle (pièces ou main d'œuvre), entretien courant, paiement à l'intervention (avec ou sans pièces)...
- Evaluer la pertinence de la prise en charge du renouvellement par les usagers : il est possible que certaines opérations de maintenance lourde soit assimilable à un renouvellement (une partie de la colonne d'exhaure de la roue, du moteur ou du pylône).

8. Tenir compte des variantes possibles en ce qui concerne les matériaux de confection

La réalisation des pompes et des colonnes d'exhaure devra tenir compte de la qualité de la ressource et du pouvoir corrosif de l'environnement. A ce titre, il est important de systématiser l'introduction de l'acier inox pour le pompage et la colonne d'exhaure (tuyauteries et tiges de commande).

La prise en charge financière se fera en fonction du choix des populations.