



LES GUIDES DE LA FONDEM

FAVORISER L'ACCÈS À L'EAU POTABLE GRÂCE À L'ÉNERGIE SOLAIRE EN MILIEU RURAL

Retour d'expériences du projet RANOSOL à Madagascar



FAVORISER L'ACCÈS À L'EAU POTABLE GRÂCE À L'ÉNERGIE SOLAIRE EN MILIEU RURAL

Une publication proposée par la **Fondation Énergies pour le Monde**

Auteurs

Jérémy Ankri
Madeleine Fauchier
Tanjona Andriamora

Mise en page

Tiffanie Petit Goffi

Photos

Fondation Energies pour le Monde

Avec le soutien de :



Fondation Énergies pour le Monde (FONDEM)

Président :

Jean-Louis Borloo

Président Fondateur :

Alain Liébard

Directrice Générale :

Madeleine Fauchier



SOMMAIRE

- 1** Notre identité
- 3** Objectif du guide
- 5** Contexte du projet
- 9** Recommandations de dimensionnement
- 11** Recommandations de réhabilitation
- 15** Analyse des impacts financiers
- 18** Conclusion

LA FONDATION ÉNERGIES POUR LE MONDE

Faire de l'accès à l'énergie une priorité depuis 1990

Depuis plus de 30 ans, la Fondation Énergies pour le Monde (Fondem), promeut et développe l'accès à l'électricité à partir de sources renouvelables afin d'améliorer les conditions de vie et les revenus des populations rurales dans les pays du Sud. Par sa connaissance du terrain et son expertise en ingénierie technique et sociale, la Fondem est capable d'intervenir à toutes les étapes d'un projet d'électrification rurale décentralisée. Qu'il s'agisse de technique éprouvée ou d'innovation, la Fondem s'attache à mettre en œuvre des solutions adaptées au territoire, répondant aux besoins en électricité identifiés avec les parties prenantes locales, et s'appuyant sur un modèle économique viable.

Convaincue de l'importance d'une collaboration entre secteur privé et société civile, la Fondem met son expertise en ingénierie technique et sociale au service des collectivités territoriales, des opérateurs et des institutionnels dans la réalisation de projets d'électrification rurale décentralisée (ERD).

Optimiser les impacts de l'électricité pour assurer un développement rural pérenne

La Fondem est née à une époque où les énergies renouvelables avaient à faire leurs preuves. Acteur pionnier de la diffusion du photovoltaïque, dorénavant incontournable, la Fondem a favorisé les conditions pour une prise de relais de l'électrification décentralisée par le secteur privé. Quelques années plus tard, face au constat qu'il n'existe pas de lien mécanique entre accès à l'électricité et développement économique, elle intègre d'autres axes d'intervention à son action : la mise en place de structures opérantes locales et autonomes financièrement ainsi que le développement des usages productifs de l'électricité.

Ces dernières années, l'aide au développement a financé un nombre croissant de projets s'intéressant au nexus Eau - Énergie, avec un accent particulier sur les énergies renouvelables, dont les projets d'irrigation solaire. Une source d'énergie pérenne, abondante et à un prix abordable est indispensable pour tout développement économique, pourtant 700 millions de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité.

Convaincue que l'accès à l'électricité est un préalable nécessaire pour la satisfaction d'autres besoins essentiels, la Fondem souhaite déployer une approche multisectorielle et multi-acteurs de l'accès à l'électricité. Son objectif est de faire de l'électricité un vecteur pour favoriser d'autres besoins essentiels, dont l'accès à l'eau potable.



L'objectif de ce guide de capitalisation est

de contribuer à l'amélioration du taux de réussite des projets de solarisation en faveur de l'accès à l'eau en milieu rural malgache, en favorisant une gestion autonome des services électriques par les acteurs locaux.

Les questions abordées sont :

- Quels sont les effets directs de la solarisation d'une Adduction d'Eau Potable (APE) rurale sur son mode de gestion et la pérennisation du service ?
- Quelles sont les avantages et inconvénients d'une gestion d'AEP ruraux par un acteur public ?

Les témoignages et enseignements de ce guide proviennent d'interactions avec :

- Les bénéficiaires du projet RANOSOL
- l'équipe projet de la Fondem : Jérémy Ankri (coordinateur de projets), Tanjona Andriamora (chargé de projets à Madagascar)
- Les partenaires locaux et nationaux de la Fondem : Aquassistance, l'Alimentation en Eau dans le Sud (AES)



L'extrême Sud de Madagascar est une des zones les plus arides d'Afrique

L'extrême Sud de Madagascar, et plus particulièrement les régions d'Androy et d'Anosy, est une zone à climat aride où la sécheresse (kéré) prédomine avec une très faible pluviosité et un taux d'ensoleillement très élevé. L'Alimentation en Eau dans le Sud (AES), la structure publique en charge de l'approvisionnement en eau potable de cette région, parvient difficilement à satisfaire les besoins de la population.

En effet, l'éloignement des sites rend complexe la bonne gestion et onéreux les coûts d'exploitation des centres de distribution d'eau potable. La situation est précaire en raison du manque de moyens pour l'entretien des installations et du coût d'exploitation élevé des groupes thermiques qui s'explique principalement par la hausse des prix du carburant.

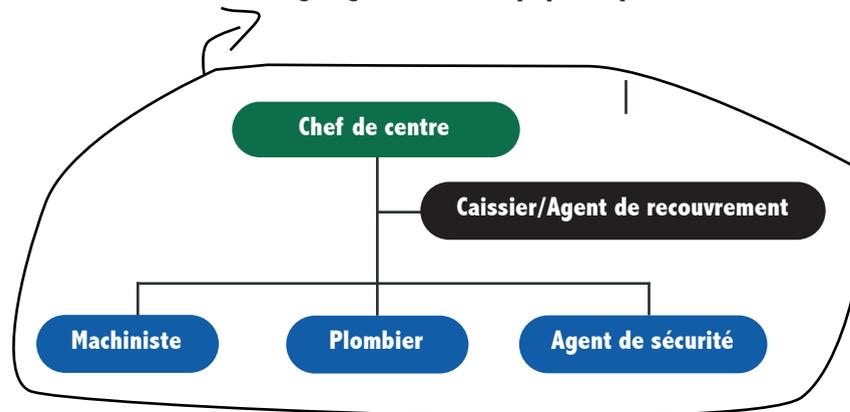
L'énergie solaire pour favoriser l'accès à l'eau potable

Face au constat de grande précarité, la Fondem a élaboré, en partenariat avec l'association Aquassistance experte dans le domaine de l'eau, le projet RANOSOL. Ce projet a pour objectif une amélioration durable de l'accès à l'eau potable dans trois localités du Sud de Madagascar, la solarisation et la réhabilitation de 3 AEP ruraux situés en Androy, Andalatanosy, Isoanala et Antanimora, et exploités par l'Alimentation en Eau dans le Sud (AES)¹.

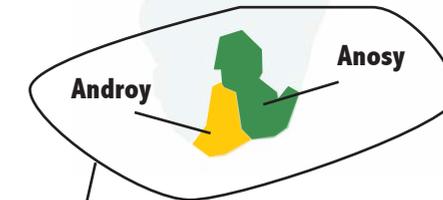
Des conditions d'exploitation fragiles

| | Antanimora | Andalatanosy | Isoanala |
|---|------------|--------------|-----------|
| Date d'achèvement des travaux des AEP | mars 1992 | mars 1992 | mars 1992 |
| Date de première mise en fonction des AEP | mars 1993 | mars 1993 | mars 1993 |

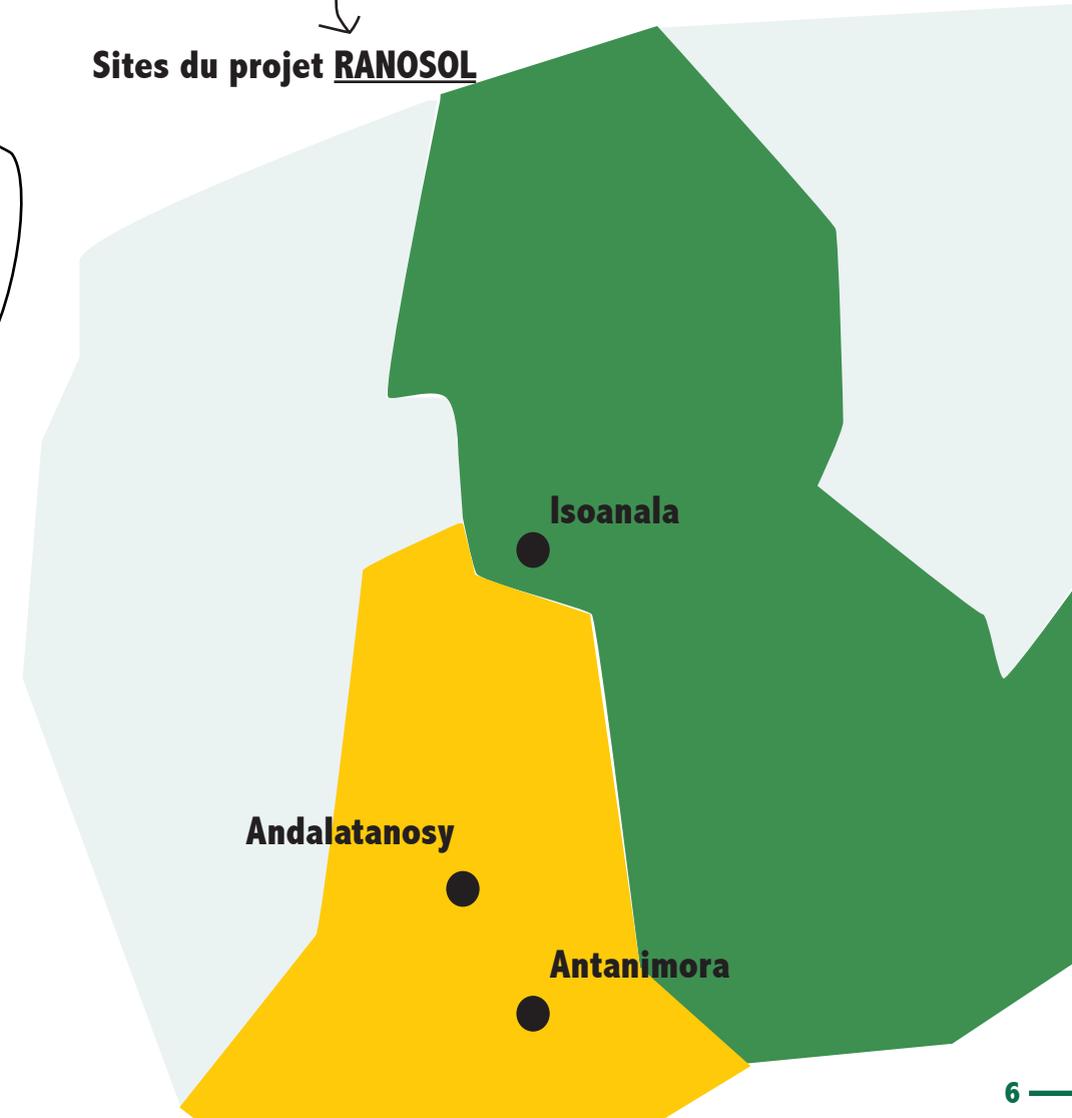
Organigramme des équipes exploitantes de l'AES



MADAGASCAR



Sites du projet RANOSOL



¹ «Alimentation en Eau dans le Sud» (AES) est une structure publique créée par le ministère de l'eau, qui exploite des centres d'eau potable dans le Sud de Madagascar.

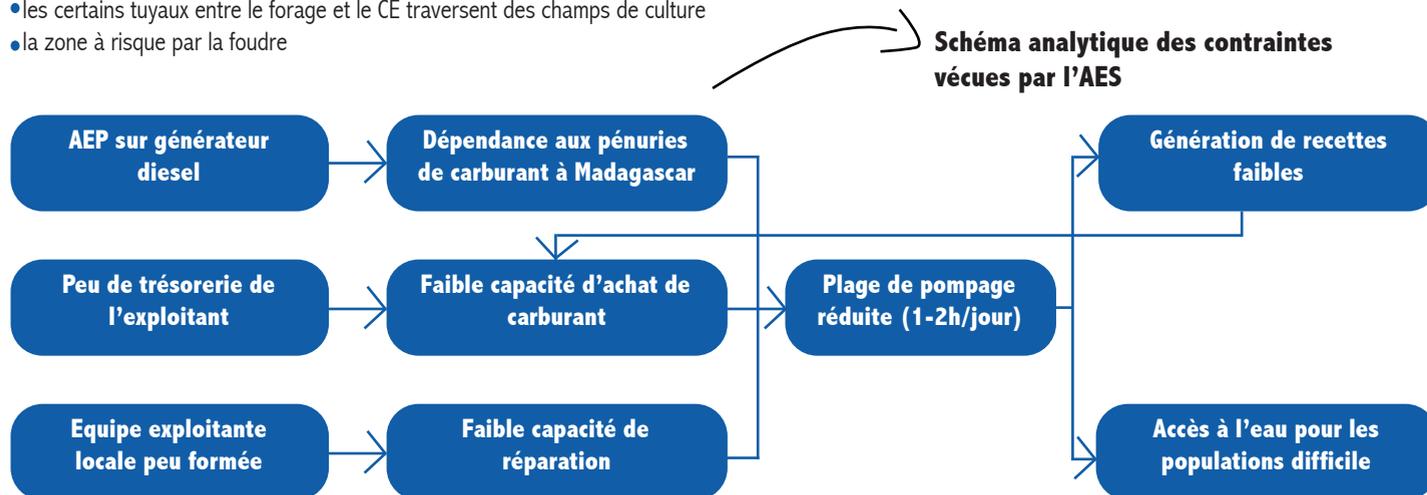
Les modalités de vente à l'échelon local

| Types de distribution | Modalités de vente à la population | Modalités de vente de l'Alimentation en Eau dans le Sud (AES) |
|-----------------------|--|--|
| Bornes fontaines | Les populations viennent acheter de l'eau auprès de fontainiers en charge de l'exploitation des bornes fontaines : ● Vente en bidon de 20L à 100Ar/bidon ● Vente en seau de 15L à 50Ar Soit un tarif de vente de 5 000Ar/m ³ | Contrat entre l'AES et les fontainiers avec un relevé du compteur de la BF tous les mois. Tarif de vente de 2 650 Ar/m ³ |
| Branchement privé | Contrat entre l'utilisateur et l'AES avec un relevé mensuel du compteur volumétrique. Tarif de 3 350 Ar/m ³ | |
| Personnel de l'AES | Contrat entre l'utilisateur et l'AES avec un relevé mensuel du compteur volumétrique. Tarif de 2 000Ar/m ³ | |

Situation initiale

Le projet n'a pas installé de nouvel AEP mais a visé la solarisation d'infrastructures existantes datant de 1993, reposant initialement sur générateur diesel. Le dimensionnement technique de cette solarisation a donc dû tenir compte des spécificités suivantes sur les 3 sites :

- le forage se situe à une centaine de mètres du local technique
- le pompage repose sur la sollicitation d'un groupe électrogène
- le tuyau de refoulement de pompe est combiné avec le réseau de distribution
- le château d'eau (« CE ») est très distant du local technique
- les certains tuyaux entre le forage et le CE traversent des champs de culture
- la zone à risque par la foudre



RETOURS D'EXPÉRIENCE TECHNIQUES

Recommandations de dimensionnement pour la solarisation d'AEP

1. Reprise d'une installation existante

Il faut prévoir d'organiser au plus tôt un diagnostic complet des infrastructures existantes afin d'avoir le moins de surprises possibles pendant la phase de travaux, comme l'état du câblage, des conduites souterraines ou des réparations non conformes réalisées par le passé.

2. Solarisation d'un système de pompage diesel

La mise en place d'un système de pompage au fil du soleil (c'est-à-dire sans batteries) avec l'hybridation du groupe électrogène existant représente une solution idéale qui permet non seulement d'envisager sans contrainte une extension de la puissance installée de l'installation à l'avenir, mais aussi d'assurer une source de secours en cas de panne du côté DC ou d'insuffisance de rayonnement solaire due à de mauvaises conditions météorologiques. Cela nécessite néanmoins un système de régulation de qualité capable de fonctionner à la fois en AC et en DC. L'absence de batteries permet d'obtenir un système robuste capable de rester opérationnel près de 10 ans si la maintenance est effectuée de manière rigoureuse.

3. Forage éloigné du local technique

Utiliser une pompe fonctionnant à une tension plus élevée permet d'éviter une section de câble plus importante. Une grande distance entre la pompe et le contrôleur exige également une protection contre les surtensions causées par d'éventuels coups de foudre, à la fois en amont et en aval du câblage (qui protège à la fois la pompe et le contrôleur). Pour le système photovoltaïque, il est préférable de prévoir de situer le champ PV au plus près des locaux de l'opérateur, voire à proximité du centre de la localité pour éviter tout risque de vol.

Champs photovoltaïques d'un centre AEP

4. Si le forage situé dans un champ de culture

Une clôture est nécessaire pour empêcher l'utilisation d'insecticides à proximité de la source d'eau, afin d'éviter leur infiltration.

5. Variation saisonnière du débit de la source

Cela nécessite un système de pompage souple et réglable pour éviter un tarissement régulier du forage.

6. Zone à risque contre la foudre

Il est essentiel d'avoir des équipements de protection appropriés (parafoudre) pour les parties AC et DC afin d'éviter des accidents éventuels. Par précaution, il est également recommandé d'arrêter l'installation en cas d'orage.

7. Tranchée de câblage et tuyauterie à travers des champs de culture

Une tranchée profonde est nécessaire (60cm minimum), avec des équipements de protection (grillage avertisseur, gaine TPC, etc.), afin d'éviter tout accident involontaire lors des travaux agricoles.

8. Château d'eau distant du local technique

Un automatisme est nécessaire pour arrêter la pompe lorsque le réservoir est plein, afin d'éviter les pertes d'eau et assurer la protection de la pompe. Des équipements de visualisation sont nécessaires au niveau du local technique, tels qu'un débitmètre et un système de surveillance du niveau d'eau.

9. Autres recommandations techniques

- Prévoir la fixation d'une colonne de refoulement en tuyau souple afin que la pompe soit en position verticale et qu'elle puisse absorber le contre-coup au démarrage.
- Aménager la tête de forage pour protéger la ressource de toute intrusion tout en permettant un démontage facile après ouverture des cadenas.
- Fournir avec les ouvrages le matériel nécessaire à sa maintenance (perceuse, meuleuse, analyseur de chlore, clé serre tube, clé de manœuvre de vannes, tournevis, clé à molette, etc.) afin de permettre à l'opérateur d'assurer une maintenance de qualité.
- Intégrer un capteur permettant une protection contre le tarissement du forage et de suivi de l'irradiation solaire permettant d'arrêter le système lorsque celle-ci n'est pas suffisante pour un démarrage de la pompe.
- Prévoir un dispositif de data logging afin de pouvoir exploiter les données de production.

Tête de forage protégée



RETOURS D'EXPÉRIENCE TECHNIQUES

Recommandations pour la réhabilitation des réseaux de distribution

1. Comptage de l'eau

S'assurer de la mise en place d'un compteur central en sortie de production et de compteurs secondaires de bonne qualité à chaque point de distribution d'eau (que la consommation soit facturée ou non) pour assurer un suivi du rendement de réseau et identifier aisément des fuites ou d'éventuels piquages.

2. Architecture du réseau

Lors d'une réhabilitation de réseau existant, vérifier sur quelles conduites sont piqués les branchements privés (adduction ou distribution) avant de réhabiliter le réservoir. En effet, si des branchements ont été installés sur la conduite d'adduction d'eau, le réservoir doit être en refoulement distribution afin que les bénéficiaires puissent avoir de l'eau par retour du château d'eau même quand la pompe est arrêtée.

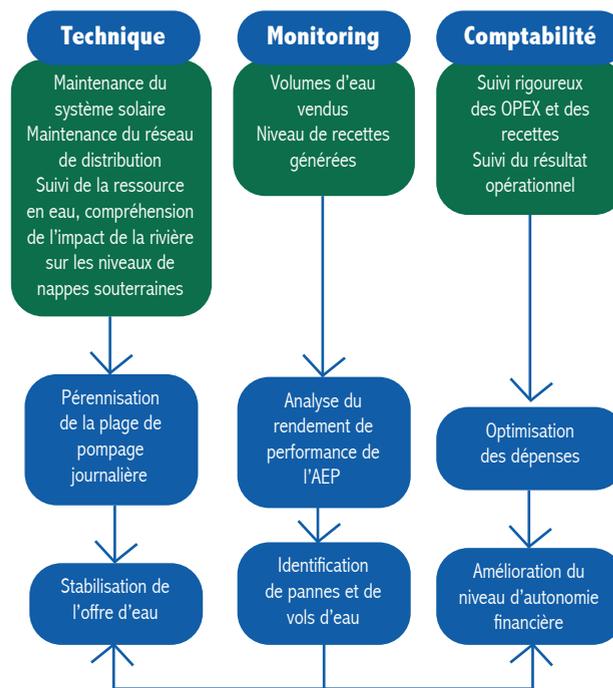
3. Test réseau existant

Si nous utilisons un tuyau de refoulement déjà en place, il est essentiel d'exploiter l'ancienne installation pour mesurer précisément la hauteur manométrique totale (HMT). Cette valeur permettra de dimensionner correctement la pompe solaire de remplacement.

La réutilisation d'un réseau existant nécessite également une vérification du bon état des équipements de raccordement et l'absence de fuites. Pour cela, un test de maintien de pression doit être réalisé. Par exemple, en augmentant la pression dans la tuyauterie fermée jusqu'à 3 bars : si la pression reste stable, cela signifie qu'il n'y a pas de fuite.

4. Installation de latrines

Sur le volet Assainissement, dans une région où le sujet de l'entretien des latrines pose problème culturellement, il convient d'adapter les ouvrages. Des latrines simples dont la superstructure est démontable permet de pouvoir déplacer l'ouvrage quand la fosse est pleine. Il faut cependant veiller à ce que l'entretien et la vidange soient possibles le cas échéant. Une superstructure démontable permet d'éviter une transformation des latrines en dépotoir ou zone de débarras lorsque les fosses sont pleines et donc les latrines inutilisables.



Axes de renforcement des compétences de l'opérateur et effets attendus

Appui à l'amélioration de la gouvernance et de la gestion du service d'eau et des latrines

1. Impact de la solarisation sur la gestion d'un AEP

Au-delà des impacts économiques de la solarisation d'un AEP sur le plan d'affaires de l'opérateur, ce changement technique nécessite une révision des modalités de gestion des ouvrages de stockage et de distribution de l'eau. En effet, la solution technique retenue fonctionnant au fil du soleil, la plage de pompage est, de fait, restreinte à la partie diurne de chaque jour (5-6h/jour maximum). L'opérateur doit donc alors veiller à ce que le volume pompé sur cette plage de temps permette de répondre au besoin en eau des populations sur toute la journée (24h).

Le bon dimensionnement puis l'entretien du château d'eau deviennent alors des facteurs centraux pour assurer un service de qualité en continu. Par ailleurs, la sensibilisation des populations à ces limites est primordial pour préserver une bonne relation dans le temps.

2. Exploitation durable des bornes fontaines

Chaque point de distribution par borne fontaine doit être sous la responsabilité d'un-e fontainier-e. pour la vente d'eau ainsi que pour l'entretien et la propreté du lieu. Chaque ouvrage doit être équipé d'un système de comptage et d'une vanne de coupure protégés par clé permettant de l'isoler. Cela évitera les vols d'eau ou les ouvertures intempestives de robinet avec pertes d'eau. Les robinets de puisage doivent être de bonne qualité car ils sont manœuvrés très fréquemment. Le renouvellement 1 à 2 fois par an du robinet de puisage est à prendre en compte dans le compte d'exploitation. d'assurer l'équilibre financier de l'exploitation.



Latrines démontables

Compteur d'eau encastré et protégé par un cadenas



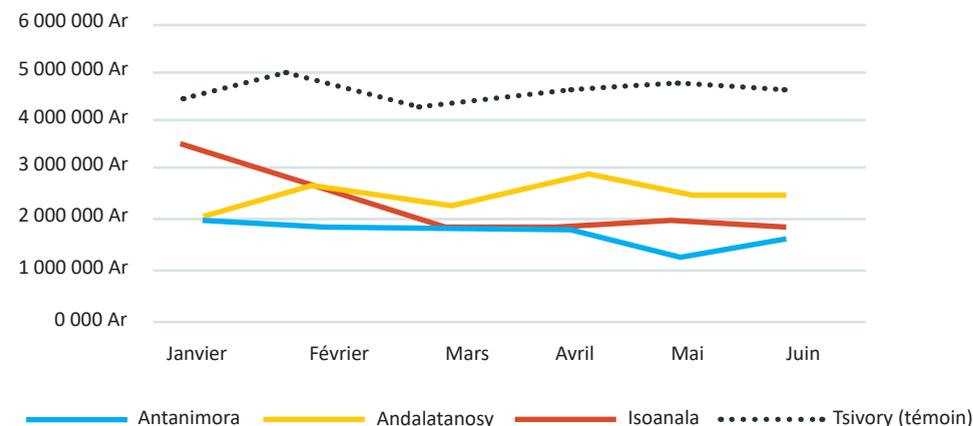
RETOURS D'EXPÉRIENCE TECHNIQUES

Effets de la solarisation sur le compte de résultat d'un AEP

1. Évolution du niveau de charges d'exploitation

Les 3 centres AEP visés par le projet RANOSOL ont été solarisés entre février (Isoanala) et mars (Antanimora, Andalatanosy) 2024. Les charges d'exploitation des centres AES comprennent :

- les salaires de l'équipe exploitante,
- l'achat de fournitures, de petit matériel de maintenance et d'accessoires hydrauliques, de carburant ainsi que les frais d'intervention terrain.



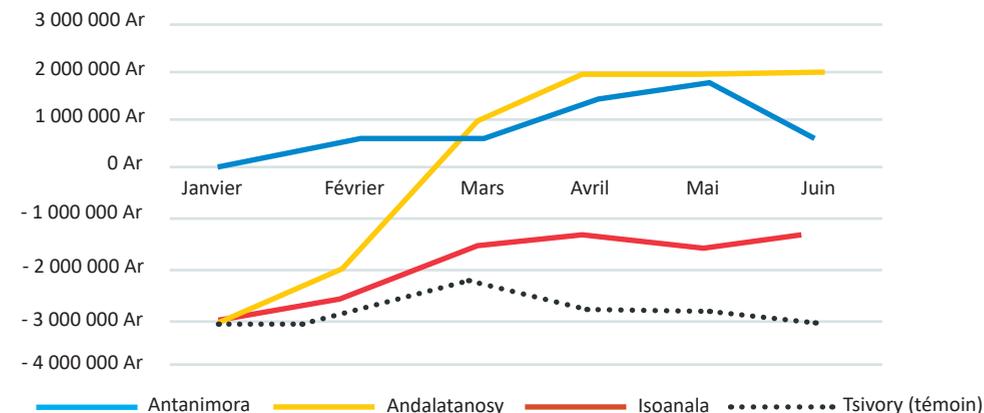
Avec le pompage sur générateur diesel, les pénuries de carburant au niveau national (cas fréquent à Madagascar) empêchent le pompage d'eau au niveau des AEP pendant plusieurs jours, voire plusieurs mois.

La solarisation a permis non seulement de réduire de **15 à 40% le niveau de charge d'exploitation de chaque AEP**, grâce à la suppression d'achat de carburant, mais permet aussi d'assurer une continuité du service auprès de la population.

Certaines rubriques de dépenses restent néanmoins indépendantes de la source d'énergie utilisée pour le pompage, notamment les charges RH, d'où le plafonnement de la réduction des charges d'exploitation après solarisation.

2. Effets globaux sur l'autonomie financière de l'AES

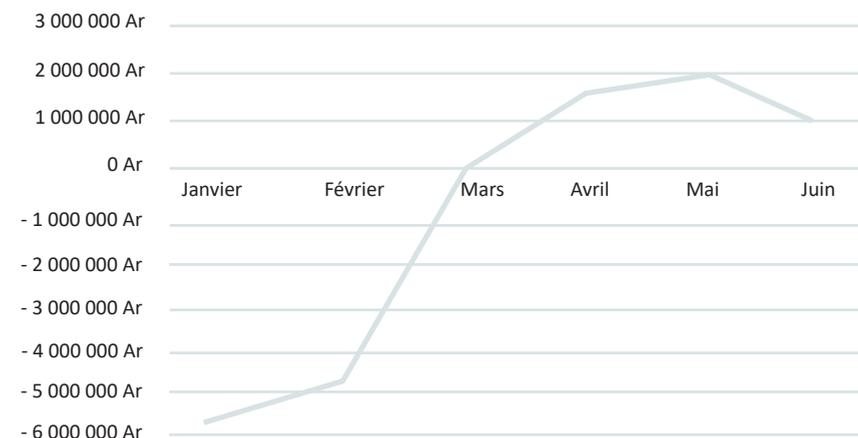
Actuellement, l'AES exploite 7 centres AEP dans le sud du pays. 4 ont été récemment solarisés (dont les 3 AEP RANOSOL) et 1 est raccordé au réseau national (JIRAMA).



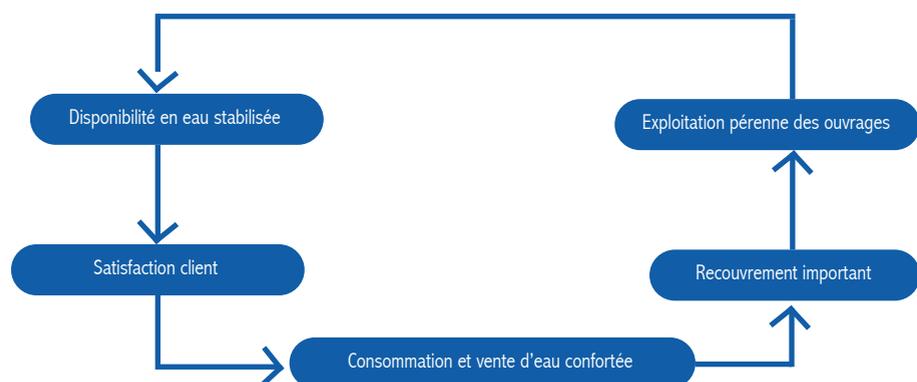
Donnant lieu à la fois une réduction importante des charges d'exploitation et une stabilité de la plage de fonctionnement du système de pompage, la solarisation d'un centre AEP permet de faire évoluer positivement le résultat opérationnel de son plan d'affaire avec **une augmentation possible de 100 à 600%**.

La solarisation des centres AEP effectuée dans le cadre de RANOSOL a notamment permis d'obtenir un résultat opérationnel positif pour 2 AEP sur 3. Néanmoins, à l'échelle des 3 centres AEP, le résultat opérationnel **cumulé a nettement bénéficié de cette solarisation** avec une augmentation de plus de 100% entre janvier et juin 2024.

Évolution du résultat opérationnel cumulé des 3 AEP de RANOSOL sans subvention de l'État



3. Cercles vertueux d'exploitation



Analyse d'une gestion par un acteur public

1. Mise en place de tarifs accessibles aux populations du Sud

Les populations rurales du Grand Sud de l'île présentent de faibles capacités de paiement compte-tenu du fait que l'économie locale repose en grande partie sur des activités agricoles de subsistance sujettes aux aléas climatiques. Conformément à l'Objectif de Développement Durable (ODD) n°6, afin d'assurer un accès à une eau potable au plus grand nombre, il apparaît donc primordial de proposer des prix de vente de l'eau abordables et cohérents vis-à-vis des capacités de paiement de ces populations.

Face à ce constat, il est difficile d'envisager la création de profit à travers l'exploitation de centres AEP ruraux. Néanmoins, l'équilibre financier de l'exploitation doit être atteint afin d'assurer la pérennité du service sur le temps long.

Que se passe-t-il en cas de panne au niveau de l'AEP ?

- En temps normal : tout le monde achète de l'eau auprès des fontainiers en charges des bornes AES (100Ar/bidon de 20L), signe de l'offre la mieux-disante
- En cas de panne : le prix du bidon peut atteindre 500Ar/bidon de 20L (collecte eau au fleuve) pour les ménages ne possédant pas ou n'étant pas à proximité de puits. Pour les ménages modestes incapables de payer, ils doivent se procurer de l'eau au fleuve mais très pénible et non-hygiénique.

“

Laissez le soleil travailler pour vous. Chaque jour, puiser de l'eau à 2 km ou plus est une épreuve épuisante. Cela signifie de longues heures passées à marcher jusqu'à la rivière, remplir de lourds seaux, puis les transporter laborieusement jusqu'à la maison.

Ce travail manuel accaparant est souvent accompli par les femmes et les enfants, privant ces derniers d'un temps précieux pour l'éducation ou le jeu. La solarisation d'une AEP (Adduction d'Eau Potable) change tout cela. Elle simplifie véritablement le quotidien des habitants en fournissant de l'eau directement et sans effort. Sans le souci des pénuries de carburant, l'eau monte à chaque fois que le soleil brille, allégeant ainsi la charge quotidienne et améliorant la qualité de vie de toute la communauté.

Tanjona Andriamora, ingénieur Fondem



2. Équilibre financier de l'AES

L'AES étant un établissement opérationnel public sous tutelle du ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène (MEAH), elle bénéficie actuellement d'une subvention de l'Etat pour la prise en charge d'une partie de ses coûts de structure en vue d'assurer sa mission dans les zones rurales du Sud du pays compte tenu de l'adaptation des prix de vente de l'eau aux capacités de paiement des populations.

Sur le 1^{er} semestre 2024, **le résultat opérationnel moyen des 3 centres AEP visés par le projet était de -1 650 000 Ar/mois/AEP pour un niveau moyen de dépenses (salaires, carburant, fournitures, frais de mission, dotations aux amortissements) supérieur 3 000 000 Ar/mois/AEP avant solarisation.** Sur cette même

période, le niveau d'aide de l'Etat malgache (subvention) pour l'exploitation des 3 AEP visés par RANOSOL s'élevait à près de 1 400 000 Ar/mois/AEP, soit 41% en moyenne des dépenses de l'AES pour l'exploitation de ces 3 centres AEP. **Sur cette base, la subvention de l'Etat permet d'équilibrer le modèle d'exploitation de l'AES.**

Après solarisation, **le résultat opérationnel cumulé sur les 3 AEP étant devenu positif**, le modèle économique d'exploitation de l'AES pour ces centres atteint un équilibre sans aide de l'Etat, mais le résultat opérationnel reste faible. Ce constat justifie d'autant plus de rigueur de la part de l'opérateur sur la régularité du recouvrement afin de maximiser les recettes générées.

Cependant, à l'échelle des 7 centres AEP (intégrant des AEP sur diesel), le résultat opérationnel global de l'AES reste à ce jour encore nettement négatif (-13 000 000 Ar/mois en moyenne).

Le résultat opérationnel des centres solarisés demeure incapable de venir pallier ces résultats négatifs sur le reste des centres. Cette subvention de l'Etat apparaît donc aujourd'hui toujours indispensable pour équilibrer le modèle d'exploitation de l'AES.

Sur la base de ces différents constats spécifiques au Sud de Madagascar, **il semble optimal d'attribuer la responsabilité de la distribution de l'eau à un acteur public capable d'établir une stratégie de gestion de la ressource et de distribution de l'eau au plus grand nombre sans logique de profit.**



CONCLUSION

Témoignage du DG de l'AES

Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude envers nos partenaires, dont l'appui a été essentiel à la réussite de notre mission. Je remercie tout particulièrement la FONDEM et Aquassistance, qui ont joué un rôle déterminant dans le cadre du projet Ranosol. Ce projet a marqué un tournant décisif non seulement pour l'AES, mais surtout pour les bénéficiaires. Lorsque j'ai pris la direction de l'AES, seulement 2,5 centres sur 7 étaient opérationnels. Aucun d'entre eux n'utilisait l'énergie solaire : ils fonctionnaient tous grâce à l'énergie thermique. Grâce au projet Ranosol, conduit en étroite collaboration avec la FONDEM et Aquassistance, nous avons réussi à garantir la continuité du service public, et aujourd'hui, la population ne subit plus de coupures d'eau.

Les impacts majeurs du projet Ranosol :

1-Augmentation de la production

Les centres de production d'eau ont enregistré une hausse de 20 % des volumes produits chaque jour. Cette augmentation répond à une demande croissante et a suscité une forte demande pour des branchements individuels dans chaque localité.

2-Autonomie financière

Les centres sont désormais financièrement autonomes, ce qui permet d'assurer les opérations d'entretien nécessaires au bon fonctionnement des systèmes.

3-Transition énergétique

À ce jour, 5 centres sur 7 ont été équipés de systèmes solaires :

- 3 centres grâce au projet Ranosol,
- 2 centres grâce aux efforts propres de l'AES.

4-Réduction des subventions de l'État

Grâce à ces avancées, l'AES n'a plus besoin de solliciter des subventions de l'État pour l'achat de carburant destiné au pompage. Cette transition énergétique a permis une économie substantielle de 500 millions d'Ariary pour l'État.

En conclusion

Le projet Ranosol a permis à l'AES de moderniser ses infrastructures, d'offrir un service public de qualité et d'améliorer les conditions de vie des populations desservies. Ces progrès constituent une base solide pour atteindre nos objectifs, tant en matière d'accès à l'eau potable que de développement durable dans la région du sud.

Monsieur RALAHIMANANA Lahiniriko Christian
Directeur Général de l'Alimentation en Eau dans le Sud (AES)
Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène (MEAH) de Madagascar

LES GUIDES DE LA FONDEM



**FAVORISER L'ACCÈS À L'EAU
POTABLE GRÂCE À L'ÉNERGIE
SOLAIRE EN MILIEU RURAL**

Retour sur le projet RANOSOL

Les partenaires :

Alimentation en Eau dans le Sud (AES)

Aquassistance

Ville de Paris

Agence de l'Eau Seine Normandie

